

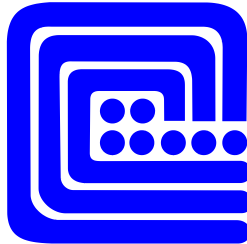
**Міністерство освіти і науки України  
Національна академія наук України  
Академія технологічних наук України  
Інженерна академія України  
Інститут проблем математичних машин і систем НАН України  
Глінвордський університет, Великобританія  
Технічний університет Лодзі, Польща  
Інститут прикладної математики імені М.В. Келдиша РАН, Росія  
Гомельський державний університет ім. Ф.Скорини, Білорусь  
Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка  
Чернігівський державний технологічний університет**

**ВОСЬМА МІЖНАРОДНА  
НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ**

*24-28 червня 2013р.*

**МАТЕМАТИЧНЕ ТА ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ  
МОДС 2013**

**Тези доповідей**



**Чернігів-Жукин 2013**

**УДК 004.94(063)**

**ББК 22.193(06)**

**М 34**

Друкується за рішенням вченої ради Інституту проблем математичних машин та систем НАН України.

Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС 2013:  
**М34** Восьма міжнародна науково-практична конференція. Тези доповідей (Чернігів-Жукин, 24-28 червня 2013р.). - Чернігів, Черніг. держ. технол. ун-т, 2013. - 472 с.

У збірник включені тези доповідей, які були представлені на восьмій міжнародній науково-практичній конференції “Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС 2013”. В доповідях розглянуті наукові та методичні питання з напрямку моделювання складних екологічних, технічних, фізичних, економічних, виробничих, організаційних та інформаційних систем з використанням математичних та імітаційних методів.

**Редакційна колегія:**

Казимир В.В., д-р. техн. наук, професор ЧДТУ – голова

Литвинов В. В. д-р. техн. наук, професор ЧДТУ

Задорожній А.О., ЧДТУ

Харченко М.В., ЧДТУ

УДК 004.94(063)

ББК 22.193(06)

© Колектив авторів, 2013

© Чернігівський державний

технологічний університет, 2013

## ЗМІСТ

СЕКЦІЯ 1 СУЧАСНІ АСПЕКТИ МАТЕМАТИЧНОГО ТА ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ В ЕКОЛОГІЇ	21
А.Л. Ляхов, С.П. Алешин НЕЙРОСЕТЕВОЙ МОНИТОРИНГ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ДАННЫХ ПРИ МНОГОСПЕКТРАЛЬНОМ ЗОНДИРОВАНИИ ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ.....	22
М. Б. Демчук ПРАВОМІРНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ КОНТИНУАЛЬНОГО ПІДХОДУ В МОДЕЛЯХ ПРОМИСЛОВОЇ ЦЕМЕНТАЦІЇ ҐРУНТІВ .....	25
Л.М. Клінцов, О.А. Шевченко МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ БСК 5 СТИЧНОЇ ВОДИ ТА ПОГОДНИХ УМОВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ КОМПЛЕКСУ ОЧИСНИХ СПОРУД.....	29
В.В. Обламський СТВОРЕННЯ СТРАТЕГІЇ ЕФЕКТИВНОЇ БОРОТЬБИ З ЛІСОВИМИ ПОЖЕЖАМИ ШЛЯХОМ ЇХНЬОГО МОДЕЛЮВАННЯ.....	31
А.Ю. Переварюха ГИБРИДНЫЙ ПОДХОД К СЦЕНАРНОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ РЕЖИМОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ БИОРЕСУРСОВ .....	33
С.Н. Дидковкая, Е.А. Евдин, А.В. Халченков, И.В. Ковалец ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЕВРОПЕЙСКОЙ СИСТЕМЫ ЯДЕРНОГО АВАРИЙНОГО РЕАГИРОВАНИЯ JRODOS ДАННЫМИ ЧИСЛЕННОГО ПРОГНОЗА ПОГОДЫ.....	37
С.О. Заїка, О.Л. Ляхов, А.Т. Лобурець, Ю.В. Величко АГЕНТНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЦИРКУЛЯЦІЇ РЕСПІРАТОРНИХ ВІРУСІВ У МІСЬКИХ ЕКОСИСТЕМАХ.....	38

М.В.Савельєв ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА СОЗДАНИЯ ИНТЕГРИРОВАННОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ОБЪЕКТА «УКРЫТИЕ» .....	42
А. О. Демиденко ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКОЛОГІЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ: ІНТЕГРОВАНЕ УПРАВЛІННЯ ЧИ КОНТРОЛЬ ЗА ДОТРИМАННЯМ СТАНДАРТИВ.....	47
Р.И. Демченко, М.Сорокин МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЛН В ЗОНЕ ПРИРОДНЫХ И ИСКУССТВЕННЫХ БЕРЕГОЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ МОДЕЛИ SWASH.....	49
Р.И. Демченко, П.С. Коломиец ВОЛНОВЫЕ НАГРУЗКИ ЦУНАМИ В ПРИБРЕЖНОЙ И БЕРЕГОВОЙ ЗОНАХ СООРУЖЕНИЙ.....	52
П.В.Дикий, М.Й.Железняк, П.С. Коломієць, С.Л. Ківва, М.В. Сорокін МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ РЕГІОНАЛЬНИХ ЗМІН КЛІМАТУ НА ЕРОЗІЮ БЕРЕГІВ ЗАХІДНОГО КРИМУ .....	56
О.М. Землянський, В.Є. Снитюк ТЕХНОЛОГІЯ ПОСТПРОГНОЗУВАННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ НЕБЕЗПЕЧНОЇ ХІМІЧНОЇ РЕЧОВИНИ В ПІСЛЯАВАРІЙНИЙ ПЕРІОД .....	60
Р.В. Беженар, В.С. Мадерич, К.-Т. Jung МОДЕЛЮВАННЯ ДОВГОСТРОКОВОЇ ДИНАМІКИ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ РАДІОНУКЛІДІВ У МОРСЬКОМУ СЕРЕДОВИЩІ ПІСЛЯ АВАРІЇ НА АЕС ФУКУСИМА ТА ОЦІНКА ОТРИМАНИХ ДОЗ НАСЕЛЕННЯМ В РЕЗУЛЬТАТІ СПОЖИВАННЯ ЗАБРУДНЕНИХ МОРЕПРОДУКТІВ .....	62
А.В. Бойко, М.Й.Железняк, С.Л. Ківва, И.В. Ковалец, О.И. Удовенко МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ЕКСТРЕМАЛЬНЫЕ ПАВОДКИ В БАСЕЙНЕ РЕКИ УЖ.....	65

І.О.Бровченко, В.С. Мадерич, К.-Т. Jung ВПЛИВ СИЛИ КОРІОЛІСА НА РОЗТІКАННЯ НАФТИ ПРИ НЕПЕРЕРВНОМУ ТА МИТТЄВОМУ РОЗЛИВІ.....	69
Е.В. Терлецкая, И.О. Бровченко, В.С. Мадерич ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВНУТРЕННИХ ВОЛН ВТОРОЙ МОДЫ ПРИ ФРОНТАЛЬНОМ СТОЛКНОВЕНИИ.....	72
К.В. Терлецька, В.С. Мадерич, І.О. Бровченко, Т. Галіпова, Ю. Пеліновський ТРАНСФОРМАЦІЯ ВІДОКРЕМЛЕНОЇ ВНУТРІШНЬОЇ ХВИЛІ НА СХОДИНЦІ В РЕЛЬЄФІ ДНА: ВТРАТА ЕНЕРГІЇ.....	75
А.Л. Ляхов, Е.А. Бородина ИНДИВИДУАЛЬНОЕ СРЕДСТВО ОПОВЕЩЕНИЯ ОБ ОПАСНОСТИ В ШАХТЕ .....	77
Е.А. Евдин, Н.Н. Дзюба, М.И. Железняк, П.С. Коломиец РАЗВИТИЕ И ВНЕДРЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПАВОДКОВ НА РЕКАХ СТЫРЬ И ДНЕПР .....	83
С.В. Шадохін, А.І. Заславський, О.В. Шадохіна, О.І. Удовенко, А.В. Локоть СИСТЕМА ІНФОРМАЦІЙНОЇ ПІДТРИМКИ КЕРУВАННЯ СТАНОМ ТЕРИТОРІЇ УРАНОВИХ ХВОСТОСХОВИЩ.....	85
В.М. Юзевич, Б. П. Коман АЛГОРИТМІЧНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРІАЛУ ТВЕРДИХ ТІЛ.....	88
С.В. Ярмолик, Д.И. Чиркун, А.Э. Левданский, Э.И. Левданский МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗДЕЛЕНИЯ ПОРОШКОВ НА ФРАКЦИИ В ГРАВИТАЦИОННОМ КЛАССИФИКАТОРЕ .....	92

СЕКЦІЯ 2 СУЧАСНІ АСПЕКТИ МАТЕМАТИЧНОГО ТА  
ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ У ВИРОБНИЦТВІ 97

И.В. Белицкая, Ю.А. Чернявский МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИМИ И СОЦИАЛЬНЫМИ ПРОЦЕССАМИ РЕГИОНА.....	98
А.В. Бубликов ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПРИВОДЕ РЕЗАНИЯ ОЧИСТНЫХ КОМБАЙНОВ.....	100
Л.Г. Раскин, О.В. Серая, Т.И. Каткова НЕЛИНЕЙНАЯ НЕСЕПАРАБЕЛЬНАЯ ЗАДАЧА РАЦИОНАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МНОГОМЕРНОГО РЕСУРСА ПРИ МНОГОМЕННОМ КЛАТУРНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ.....	104
О.О. Кряжич, В.Д. Захматов, Н.П. Каревіна ПІДХІД ДО ПЕРЕВІРКИ ВІДПОВІДНОСТІ МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ ІМПУЛЬСНИМИ ЗАСОБАМИ БАГАТОПЛАНОВОГО ЗАХИСТУ ПОТРЕБАМ ПІДПРИЄМСТВА ТА СЕРЕДОВИЩА.....	108
В.В. Можаровский, Д.С. Кузьменков АЛГОРИТМ И МЕТОДИКА РАСЧЕТА НАПРЯЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ СЛОИСТЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ТЕЛ.....	111
Д.В. Рагозін ДВОРІВНЕВІ СЕНСОРНІ МЕРЕЖІ З МОБІЛЬНИМИ ДАТЧИКАМИ.....	114
А.А. Серая МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ГАЗОБЕТОНА С ПОМОЩЬЮ ИЕРАРХИЧЕСКИХ Е-СЕТЕЙ.....	118
К.Ю. Соловчук УПРАВЛЕНИЕ МНОГОСВЯЗНЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВСТРОЕННЫХ ОБОБЩЕННЫХ ОБРАТНЫХ МОДЕЛЕЙ.....	121

С.С. Турлакова ЭЛЕМЕНТЫ ОБЪЕКТНОЙ МОДЕЛИ РЕФЛЕКСИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ СТАДНЫМ ПОВЕДЕНИЕМ В ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ.....	125
В.П. Маслов, Н.В. Стасюк МОДЕЛЬ АНТИКРИЗОВОЇ ДІАГНОСТИКИ ПІДПРИЄМСТВА З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЧІТКОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ.....	129
Г.Б. Філімоніхін, Л.С. Олійніченко КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ДИНАМІЧНОГО ЗРІВНОВАЖЕННЯ АВТОБАЛАНСИРАМИ КРИЛЬЧАТОК ОСБОВИХ ВЕНТИЛЯТОРІВ.....	133
Г.Б. Філімоніхін, В.В. Гончаров МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ЗРІВНОВАЖЕННЯ АВТОБАЛАНСИРОМ ФІЛЬТРА-СИТА ЦЕНТРИФУЖНОЇ СОКОВИЖИМАЛКИ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ SOLIDWORKS І COSMOS MOTION.....	137
В.В. Губська, О.С. Лимарченко ВИМУШЕНІ НЕЛІНІЙНІ КОЛИВАННЯ РЕЗЕРВУАРУ У ФОРМІ УСІЧЕНОГО КОНУСА, ЧАСТКОВО ЗАПОВНЕНОГО РІДИНОЮ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД РАДІУСА НИЖНЬОЇ ОСНОВИ .....	141
М.М. Демчина, В.Д. Мельник, Л.М. Гобир ЗАСТОСУВАННЯ ФУНКЦІЙ ДОЦІЛЬНОСТІ ПРИ ПРИЙНЯТТІ РІШЕНЬ ЩОДО ОПТИМІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ .....	145
Е.И. Дятлов ТЕХНОЛОГИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ ЗАДАЧАХ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ .....	149

О.Г. Жданова, К.О. Лук'яненко, Т.О. Морозовський, М.О. Сперкач ПОБУДОВА УЗАГАЛЬНЕНОГО ГРАФА ПЕРЕДУВАННЯ РОБІТ БАГАТОЕТАПНОЇ ЗАДАЧІ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНУВАННЯ МІНІМІЗАЦІЇ СУМАРНОГО ВИПЕРЕДЖЕННЯ ДИРЕКТИВНИХ ТЕРМІНІВ .....	150
А.І. Косолап, А.С. Перетятко НАПІВВИЗНАЧЕНА ОПТИМІЗАЦІЯ У ЗАДАЧІ РОЗТАШУВАННЯ ДАТЧИКІВ У МЕРЕЖІ.....	154
И.И. Остапюк МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБСЛУЖИВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ЛИНЕЙНОЙ ЧАСТИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ .....	155
О.И. Бабина ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЛАНИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ.....	160
І.В. Бальченко, В.В. Литвинов, В.П. Клименко, В.В. Бегун ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОРГАНІЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИМИ КАМΠΑНИЯМИ АГРОФІРМ.....	162
Karam Jasim Mohammed, S.S. Stoyanchenko SIMULATION SYSTEMS DEVELOPMENT FOR AQUAD-ROTOR MICRO-UAV USING VISION SENSORS .....	164
О.В. Панфьоров ВИКОРИСТАННЯ УЛЬТРАЗВУКОВИХ СЕНСОРІВ НС-SR04 ДЛЯ РОБОТИЗОВАНИХ АВТОМОБІЛЕЙ.....	168
Е.В. Савченко ТОПОЛОГИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ ПЛАСТИН ИЗ ЭЛЕКТРОВЯЗКОУПРУГИХ МАТЕРИАЛОВ.....	172
І.І. Філімоніхіна КОМПЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ ОБЕРТОВОГО НЕСУЧОГО ТІЛА З ДВОХМЯТНИКОВИМ АВТОБАЛАНСИРОМ .....	176



М.Ф Гончаренко, А.В. Бондар, О.Л. Ляхов, С.В. Вірьовкін, С.О. Захаров, Н.А. Фурсова АВТОМАТИЗОВАНА ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА «РЕЙТИНГ» МОНІТОРИНГУ ДІЯЛЬНОСТІ ЗАГАЛЬНООСВІТНІХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ УКРАЇНИ.....	180
Н.А. Фурсова ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УПРАВЛІННЯ ЕКОНОМІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ РЕГІОНУ .....	186
С.А. Могилевець, Т.Р. Ганєєв, І.О. Прибитько МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ СЕКЦІЙ ТЕЛЕСКОПІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ СТІЛ КРАНІВ .....	188
О.А. Слабоспицкая МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫМИ РЕШЕНИЯМИ.....	190
С.Н. Шевцов, Д.С. Прошин МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ НАВИГАЦИИ УПРАВЛЯЕМОГО ПОДВИЖНОГО ДИНАМИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА .....	194
О.М. Казачкова, В.Л. Косолапов, С.І. Суперсон, В.О. Ковтун ДОСЛІДЖЕННЯ АГРЕГОВАНИХ ДИНАМІЧНИХ МОДЕЛЕЙ СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТІВ ДЛЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ .....	198
Т.А. Дмитренко, Т.М. Деркач, С.І. Волков, В.Т., Матевосян СТВОРЕННЯ ЕЛЕКТРОННОГО НМКД З ДИСЦИПЛІНИ «ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ» ДЛЯ СТУДЕНТІВ ЕКОНОМІЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ.....	202

Е.П. Ильина МОДЕЛИ И КАЧЕСТВО ОРГАНИЗАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ .....	204
В.Г. Бережной, О.Г. Жданова, О.О. Селезньова ВИРШЕННЯ ЗАДАЧИ МАРШРУТИЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ МАРШРУТІВ ДЛЯ ДЕКІЛЬКОХ МАШИН З УРАХУВАННЯМ ЧАСОВИХ ВІКОН.....	208
Ю.В. Коляда, В.О. Тукало АДАПТИВНА МОДЕЛЬ НЕЛІНІЙНОГО ОПИСУ ПРОЦЕСІВ СОЦІОДИНАМІКИ .....	210
В.В. Можаровский, Е.М. Березовская АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ГРАНИЧНЫХ ЗАДАЧ ДЛЯ НЕОДНОРОДНОГО ПОКРЫТИЯ .....	214
С.В. Голуб, В.Ю. Немченко ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КООРДИНАЦІЇ СТРУКТУРИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ СОЦІОГІГІЄНИЧНОГО МОНІТОРИНГУ .....	216
С.В. Голуб, В.В. Немченко ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПРОЦЕСУ МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ УПРАВЛІННІ МОБІЛЬНИМ РОБОТОМ.....	218
М.О. Сперкач, С.Т. Даниш ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ ВЕДЕННЯ ДОГОВОРІВ МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ .....	221
В.Н. Томашевский, Т.О. Морозовский, К.О. Лукьяненко МОДЕЛИРОВАНИЕ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА СРЕДСТВАМИ GPSS .....	223
С.В. Солодухин АГЕНТНАЯ МОДЕЛЬ СТАДНОГО ПОВЕДЕНИЯ НА ФИНАНСОВЫХ РЫНКАХ .....	227
А.А. Муха МОДЕЛИРОВАНИЕ АЛГОРИТМА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И НАДЕЖНОСТИ АПС-ЭГ СРЕДСТВАМИ ПАКЕТА MATLAB SIMULINK .....	231

Е.И. Сукач, Т.Я. Каморникова, Ю.В. Жердецкий АНАЛИЗ НАДЁЖНОСТИ СЕТЕВЫХ СТРУКТУР БОЛЬШОЙ РАЗМЕРНОСТИ .....	233
К.С. Курочка, Е.В. Комракова ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ПОЛЯ В ТОНКОЙ ПЛАСТИНКЕ ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ НА НЕЕ .....	235
П.О. Косик МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОЗСІВАННЯ ТВЕРДИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ НА ПОВЕРХНЮ ПОЛЯ В ПОВІТРЯНОМУ СЕРЕДОВИЩІ В УМОВАХ ВІТРУ .....	237
В.В. Адамчук, В. Г. Мироненко, П.О. Косик ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ МЕХАНІЗОВАНОГО РОСЛИННИЦТВА .....	240
А.В. Ярмілко ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ДЛЯ ОЦІНКИ ЯКОСТІ МІКРОБРОБКИ СКЛЯНИХ ПЛАСТИН.....	243
В.В. Бегун, В.В. Литвинов ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕКУЩЕГО УРОВНЯ КУЛЬТУРЫ БЕЗОПАСНОСТИ АЭС НА ОСНОВЕ НАБЛЮДАЕМЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОПАСНОСТИ.....	246
СЕКЦІЯ 3 СУЧАСНІ АСПЕКТИ МАТЕМАТИЧНОГО ТА ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ В ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ	251
В.С. Авраменко МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗАТОР.....	252
В.Г. Акуловский ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМОВ ІНФОРМАЦІЙНО- УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ СРЕДСТВАМИ АЛГЕБРАИЧЕСКОГО АППАРАТА.....	254

О.С. Батішев ПОРІВНЯННЯ АЛГОРИТМІВ ПОШУКУ ШЛЯХУ ІЗ ВРАХУВАННЯМ ДІЙ ІНШИХ АГЕНТІВ У МУЛЬТИАГЕНТНОМУ СЕРЕДОВИЩІ .....	258
П.Г. Бивойно, Т.П. Бивойно ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НА GROOVY .....	260
В.В. Литвинов, И.В. Богдан, В.В. Бегун АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ВЕРИФИКАЦИИ МОДЕЛЕЙ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ .....	262
К.І. Боярова ВИКОРИСТАННЯ БАЙЄСІВСЬКИХ МЕТОДІВ В КОНТЕКСТІ АКТУАРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ .....	265
Ramit Azad, Ermolaev Yu. G., Vychko V.A. EVALUATION OF INTEGRALS USING THE ERROR FUNCTION AND ERROR FUNCTION OF IMAGINARY ARGUMENT .....	267
А.І. Вавіленкова ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ РОЗШИРЕНИХ МЕРЕЖ ПЕРЕХОДІВ ДЛЯ ЗДІЙСНЕННЯ СЕМАНТИЧНОГО АНАЛІЗУ СКЛАДНИХ РЕЧЕНЬ ПРИРОДНОЇ МОВИ .....	274
С.В. Голуб, А.С. Авраменко ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КООРДИНАЦІЇ СТРУКТУРИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ КОМП'ЮТЕРНОГО МОНІТОРИНГУ З БАГАТОРІВНЕВИМ ПЕРЕТВОРЕННЯМ ДАНИХ.....	277
В.В. Литвинов, А.А. Задорожний, В.В. Бегун АГЕНТНЫЕ МОДЕЛИ ОПЕРАЦИЙ .....	279
В.В. Казимир, М.В. Харченко, В.В. Супрун, Л.М. Татарчук МЕТОД XML-ШАБЛОНОВ ДЛЯ ОПИСАНИЯ ПРОЦЕССОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЕДИНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ОКНА .....	283

О.М. Гайтан МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕОРІЇ ВЗАЄМОДІЮЧИХ ПОСЛІДОВНИХ ПРОЦЕСІВ. ЧАСОВИЙ АСПЕКТ .....	287
Е.В. Никитенко МЕТОД ДИАГНОСТИКИ СЛОЖНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ .....	289
О.С. Пічугіна, О.І. Кравець ПРОГРАМНЕ РОЗВ'ЯЗАННЯ ДЕЯКИХ ЗАДАЧ ОПТИМІЗАЦІЇ НА КОМБІНАТОРНИХ МНОЖИНАХ .....	292
І.С. Скітер, О.В. Трунова ВИКОРИСТАННЯ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ СКЛАДНИХ СИСТЕМ .....	296
І.С. Скітер, Е.В. Трунова, І.С. Посадская КЛАССИФИКАЦИЯ СОСТОЯНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМ С ПОМОЩЬЮ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ И РОС-АНАЛИЗА .....	299
С.В. Зайцев АЛГОРИТМ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ ПРИ РОЗРАХУНКУ ЛОГАРИФМІЧНОГО ВІДНОШЕННЯ ФУНКЦІЙ ПРАВДОПОДІБНОСТІ ПРО ПЕРЕДАНУ ІНФОРМАЦІЙНУ ПОСЛІДОВНІСТЬ В РОЗПОДІЛЕНИХ ПРОГРАМОВАНИХ БЕЗПРОВІДНИХ СИСТЕМАХ .....	303
В.І. Зацерковний РОЗРОБЛЕННЯ МОДЕЛІ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ КОМПЛЕКСУ ПІС І СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕРИТОРІЯМИ .....	305
Н.В. Коваль МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ СЕРВЕРА КОНФЕРЕНЦІЙ .....	309
В.А. Коротков АЛГОРИТМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ.....	312

П.С. Кособуцький ФУНКЦІЇ ЩІЛЬНОСТІ ЙМОВІРНОСТЕЙ І КУМУЛЯТА РОЗПОДІЛУ ПЛАНКА.....	315
О.А. Кузнецова КОМПЛЕКС МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ ТОЧЕК СОБОЛЯ .....	317
С.М. Лапач ПОШИРЕННЯ МЕТОДІВ ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТІВ НА ПАСИВНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ .....	320
В.И. Легенький О РЕШЕНИИ НЕКОТОРЫХ НЕДООПРЕДЕЛЕННЫХ УРАВНЕНИЙ МЕТОДОМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ ФОРМ .....	324
Ю.М. Лисецкий НЕКОТОРЫЕ ПОДХОДЫ К ПОСТРОЕНИЮ МОДЕЛЕЙ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ .....	326
П.А. Негадайлов, О.І. Ревякина ЗАСТОСУВАННЯ ГЕНЕТИЧНОГО АЛГОРИТМУ ДО ПОШУКУ МІНІМАЛЬНОЇ ДОМІНУЮЧОЇ МНОЖИНИ .....	331
С.Г. Радченко ПЛАНЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МОДЕЛЕЙ ВЫСОКОЙ ТОЧНОСТИ.....	333
О.Н. Одарущенко, А.А. Руденко, З.Н. Руденко, М.А. Мельник МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ С УЧЕТОМ ФАКТОРА ВТОРИЧНЫХ ДЕФЕКТОВ .....	336
В.І. Салапатов ОПИС СТРУКТУРНО-ЛОГІЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОГРАМИ.....	339
В.В. Литвинов, О.В. Скакаліна ОПТИМІЗАЦІЯ ВИКОНАННЯ ЗАПИТІВ В РЕЛЯЦІЙНИХ БАЗАХ ДАНИХ.....	341

Ю.М. Смирнов ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПОЛЮВАННЯ ЗГРАЇ ВОВКІВ ШЛЯХОМ ЇЇ МОДЕЛЮВАННЯ ЯК СИСТЕМИ КОЛЕКТИВНОГО ІНТЕЛЕКТУ .....	343
І.В. Стеценко, О.В. Василевська ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІЗУАЛЬНОЇ РОЗРОБКИ ПЕТРИ-ОБ'ЄКТНИХ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМ.....	345
С.С. Стоянченко ЗАСТОСУВАННЯ СТРУКТУРНИХ ПАТЕРНІВ ОБ'ЄКТНО- ОРІЄНТОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ДЛЯ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ ДИСКРЕТНОГО ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ МОВОЮ C+ + .....	349
А.Ю. Халимон ЗАСТОСУВАННЯ ФІЛЬТРІВ ДЛЯ ПОБУДОВИ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ОДНОВИМІРНОЇ ПОЛНОМІАЛЬНОЇ ФУНКЦІЇ ЗА ЗАШУМЛЕНИМ НАБОРОМ ВХІДНИХ ДАНИХ. ....	353
О.О. Храмов ВИКОРИСТАННЯ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ РОЗВ'ЯЗАННІ ЗАДАЧІ ОДНОЕТАПНОГО СТОХАСТИЧНОГО ПРОГРАМУВАННЯ .....	356
С.В. Цибровський ПОРІВНЯННЯ МЕТОДІВ ВЕРИФІКАЦІЇ MODEL CHECKING ТА НЕДЕТЕРМІНОВАНИХ КІНЦЕВИХ АВТОМАТІВ .....	359
Е.И. Ярцева ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ АНАЛИЗА И ФОРМИРОВАНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ МОДЕЛЕЙ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ .....	361
А.В. Гайдатов ГЕНЕТИЧЕСКИЕ АЛГОРИТМЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ЦЕЛЕПОЛАГАНИЯ .....	365

О.А. Гергарт, В.В. Золотухин МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ГОЛОСОВОГО ТРАФИКА, ПЕРЕДАВАЕМОГО ПО IP СЕТЯМ, С ПОМОЩЬЮ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ТИПА САМООРГ АНИЗУЮЩИХСЯ КАРТ КОХОНЕНА .....	367
И.И. Горбань КЛАССИФИКАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ.....	370
В.В. Казимир, П.Г. Бивойно, О.А. Преляя, Т.А. Гуза МЕТОДЫ И МОДЕЛИ ПЛАНИРОВАНИЯ ЗАДАЧ ТИПА ПОТОК РАБОТ В GRID-СРЕДЕ .....	374
А.И. Косолап МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ГЛОБАЛЬНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ .....	378
В.В. Литвинов, К.А. Мацуева, В.В. Бегун АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ БЕЗОПЕКИ I МОДЕЛЬ КОНТРОЛЮ ДОСТУПУ ДЛЯ ХМАРНИХ ОБЧИСЛЕНЬ .....	381
О.Н. Одарущенко, В.С. Харченко МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОЦЕНИВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОГРАММНО- ТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ В КОНТЕКСТЕ СТАНДАРТА IЕС 61508.....	383
В.Г. Семашкин ОЦЕНИВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ НЕЛИНЕЙНОЙ СТАЦИОНАРНОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РАЗНОГО ПОРЯДКА ПРИ НАЛИЧИИ ПОМЕХ НА ВЫХОДЕ .....	387
М.Ю. Степанюк., И.П. Сеницын МЕТОД РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ ДТИП СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ С РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЕМ ВЫЧИСЛЕНИЙ .....	394
А.А. Тимченко СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В ЗАДАЧАХ СИСТЕМНОГО ПРОЕКТУВАННЯ .....	398



С.Б. Артамонов ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА «БІРЖА СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ» ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПІДГОТОВКИ СТУДЕНТІВ.....	402
О.О. Беляков АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ ОБРОБКИ НАВЧАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ, ПРЕДСТАВЛЕНИХ ПРИРОДНЬОЮ МОВОЮ.....	406
О.С. Васильєв МЕТОДИ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ І ВИЗНАЧЕННЯ ВІДСТАНИ ДО НИХ.....	410
М.И. Демиденко, М.А. Мельник, М.В. Шейко ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДИСПАНСЕРНОГО УЧЕТА БОЛЬНЫХ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ.....	412
Д.Г. Діденко РЕАЛІЗАЦІЯ ДАТЧИКА ВИХРУ МЕРСЕННА У СИСТЕМІ МОДЕЛЮВАННЯ OPENGPSS.....	418
А.О. Длужевський МОЖЛИВОСТІ ПРОГРАМНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ РОБОТИ АПАРАТНО-ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ ПЛАТФОРМИ ARDUINO.....	420
Л.М. Колечкіна, А.М. Нагірна БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВИБОРУ ХОСТИНГ ПРОВАЙДЕРА.....	424
А.Г. Корнієнко, А.А. Зур АНАЛІЗ МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАВДАНЬ ДИСКРЕТНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ.....	426
И. Д. Котляров РЕСУРСНЫЙ ПОДХОД К РАСЧЕТУ СТОИМОСТИ БРЕНДА.....	428

О.П. Мойсеенко, В.В. Литвинов, В.В. Бегун РУБРИКАЦИЯ ЕСТЕСТВЕННО ЯЗЫКОВЫХ ТЕКСТОВЫХ ДОКУМЕНТОВ .....	430
А.О. Пашко ЧИСЕЛЬНІ МЕТОДИ МОДЕЛЮВАННЯ ГАУССОВИХ ОДНОРІДНИХ ВИПАДКОВИХ ПОЛІВ.....	431
Д.В. Ратобыльская, В.А. Тимошков АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ СЕТЕЙ СООБЩЕНИЯ МЕТОДОМ ВЕРОЯТНОСТНО-АЛГЕБРАИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ .....	434
А.П. Сёмик 3D МОДЕЛИ В ЖИЗНЕННОМ ЦИКЛЕ ПРОДУКТА (ИЗДЕЛИЯ).....	436
И.Л. Сандлер РЕКУРРЕНТНОЕ ОЦЕНИВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МНОГОМЕРНЫХ ПО ВХОДУ И ВЫХОДУ РАЗНОГО ПОРЯДКА ЛИНЕЙНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ С АВТОКОРЕЛИРОВАННЫМИ ПОМЕХАМИ.....	438
А.С. Сидоренко, В.В. Золотухин ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОТКАЗА В СЕТЯХ SDN СО СЛОЖНОЙ ТОПОЛОГИЕЙ .....	441
А.А. Ткачук О ПРОБЛЕМАХ МОДЕЛИРОВАНИЯ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ.....	444
В.М. Томашевский ЩОДО МОДЕЛЮВАННЯ СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖ.....	448
В. В. Литвинов, І. В. Хоменко, В.В. Бегун КОНТРОЛЬ ПРАВИЛЬНОСТІ ВИКОНАННЯ ГРАФІЧНИХ ЗАВДАНЬ .....	450
Р.О. Почтаренко, В.П. Шевченко ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕРПРЕТУЮЧОЇ МОВИ РНР ПРИ СТВОРЕННІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ПЕРЕПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ.....	454

С.А. Орищенко, Д.А. Мосійчук РОЗРОБКА ЦИФРОВИХ ЗАСОБІВ ПЛІС В ІНТЕГРОВАНОМУ СЕРЕДОВИЩІ ПРОЕКТУВАННЯ МАХ+PLUS II .....	457
Н.В. Рвачова, К.В. Кривошапка ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ УПРАВЛІННЯ МІЖСЕГМЕНТНИМ ІНТЕРВАЛОМ В ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІЙ МЕРЕЖІ НА ОСНОВІ СИСТЕМИ НЕЧІТКОГО ВИВОДУ .....	461
Д.Н. Гвоздик, В.А. Волков ПОДСИСТЕМА ВИЗУАЛІЗАЦІЇ РЕЗУЛЬТАТОВ ВИЧИСЛЕНИЙ В СКА АНАЛІТИК-2010 .....	463
А.В. Єрмоленко, Є.В. Риндич СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ РУХУ ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ МІСТА .....	467
К.Н. Григорьев МЕТОДИ НАДЕЖНОЇ ДОСТАВКИ АУДИО-ВИДЕО СИГНАЛОВ ВИСОКОГО КАЧЕСТВА .....	469
В. І. Кошебуцький, В. С. Мадерич МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ І ТЕРМОДИНАМІКИ ЛЬОДОВОГО ПОКРОВУ НА ШЕЛЬФІ АНТАРКТИЧНОГО ПІВОСТРОВА В РАЙОНІ СТАНЦІЇ “АКАДЕМІК ВЕРНАДСЬКИЙ” .....	470



**СЕКЦІЯ 1**  
**СУЧАСНІ АСПЕКТИ МАТЕМАТИЧНОГО ТА**  
**ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ**  
**В ЕКОЛОГІЇ**

## НЕЙРОСЕТЕВОЙ МОНИТОРИНГ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ДАННЫХ ПРИ МНОГОСПЕКТРАЛЬНОМ ЗОНДИРОВАНИИ ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ

А.Л. Ляхов, С.П. Алешин

*Полтавский национальный технический университет  
имени Юрия Кондратюка, Украина*

Рассматривается и обосновывается целесообразность применения нейронных сетей (НС) для извлечения знаний о состоянии подстилающей поверхности земли из данных прямых и отраженных многоспектральных электромагнитных излучений. Массив исходных данных формируется спутниковой системой при зондировании поверхности земли и является потенциальным источником знаний. Проблема состоит в сложности анализа геоинформационных данных при многоспектральном спутниковом зондировании традиционными методами (декодирование радиолокационных портретов местности, синхронизация по месту и времени, оптимальная фильтрация, корреляционный прием и др.). Использование обучающих процедур в нейросетевом базисе на массивах геоинформационных данных многоспектральных измерений электромагнитного поля позволяет извлекать знания без традиционного декодирования всех видов модуляции (амплитудной, частотной, фазовой и др.) сигналов от спутниковых систем. Применение нейромодулятора позволяет интегрировать следующие компоненты анализа [1,2]: визуализации, графического инструментария, средств формирования запросов, оперативного обучения и верификации результатов, интерпретации отклика на ансамбле моделей. Предлагаемый подход базируется на гипотезе о возможности количественного оценивания рисков, ожидаемого, допустимого и предотвращенного ущерба от принятых решений на основе нейросетевых моделей, адекватно отображающих состояние подстилающей поверхности. Анализ физических характеристик взаимосвязи параметров спектра излучений с параметрами исследуемой подстилающей поверхности позволяет предположить, что при многоспектральном сканировании земной поверхности электромагнитными колебаниями, в амплитудной, частотной, фазовой и других видах модуляции содержится информация необходимая и достаточная для продуктивного мониторинга земной поверхности и принятия, на их основе, состоятельных решений [3].

Априорно задается словарь  $W$  имен объектов распознавания,  $W = \{\omega_g\}$ ,  $g \in \bar{I} = \{1, 2, \dots, Im\}$  и классы  $\Omega_p, \Omega_g = \{1, 2, \dots, J_i\}$ , распознаваемых объектов, содержащие элементы обучающего множества. Группировка многоспектральных данных и их идентификация пред-

ставляется как функционал процесса распознавания, который формализуется выражением:

$$\mathfrak{J} = F \left[ d(\Omega_p); D(\Omega_p, \Omega_g); L(\omega, \{\omega_g\}) \right], \quad (1)$$

где  $d(\Omega_p)$  - расстояние между признаками внутри класса в условной метрике;  $D(\Omega_p, \Omega_g)$  - расстояние между признаками в разных классах в условной метрике;  $L(\omega, \{\omega_g\})$  - решающее правило отнесения измерения  $\omega_g$  из всей совокупности измерений  $\omega$  - к соответствующему классу  $\Omega_k$ :  $\omega_g \in \Omega_k$ , если  $L(\omega, \{\omega_g\}) = \sup_i L(\omega, \{\omega_i\})$ .

$d^2(\omega_{pk}, \omega_{gl}) = \sum_{j=1}^N (x_{pk}^{(j)} - x_{gl}^{(j)})^2$  - квадратичная метрика близости соответствующих признаков в классах  $p, g$ , при анализе  $k, l$  - объектов  $j$  - типа.

Реализация функционала (1) оптимизации процесса распознавания в контексте разработки нейросетевой системы мониторинга геоинформационных данных (НСМГИД) может быть осуществлена реализацией следующих этапов:

- анализ радиолокационных портретов участков местности, экспертное выделение примитивов, их сегментация, конвертирование, пре-процессинг, кодирование, формирование обучающего множества на массиве прецедентов;
- экспертное назначение имен классов образов распознаваемых участков (подтопления, солончак, зона заражения и др.);
- факторный анализ репрезентативности рабочего словаря признаков и создание подмножеств для каждого класса участков местности из всего обучающего множества;
- дифференцированный анализ многоспектральных изображений (радиолокационных портретов) с целью установления характерных особенностей каждого диапазона в каждом классе радиолокационных портретов распознаваемых участков;
- формирование эталонных моделей предметных представителей каждого класса и соответствующих им многоспектральных измерений как базы данных, которые в процессе принудительного обучения будут идентифицироваться как примеры обучающего множества;
- выбор метода моделирования и элементарных составляющих моделей анализируемых изображений;
- выбор решающих правил для построения границ, разделяющих признаковые пространства всего алфавита классов при реализации

- автоматического распознавания поступающих данных, не участвовавших в обучении;
- выбор моделей, методов, начальных установок, критериев, параметров и инициализация режимов работы ансамбля нейросетевых моделей;
- анализ, интерпретация результатов моделирования и выбор продуктивных (по установленным критериям) моделей из всего ансамбля обученных сетей.

Используется эталонный подход [2,4], при котором предполагается наличие для каждого из множеств  $\Omega_p, \Omega_g$  распознаваемых объектов некоторого типичного (репрезентативного) представителя – эталона.

Эталоны, отождествляемые с именами  $\omega_p, \omega_g \in W, p, g \in \bar{I}$ , классов распознаваемых объектов, хранятся в базе данных и формируются предметными специалистами. При предъявлении системе произвольного входного вектора, отображающего один из многоспектральных текущих образов представленных в едином базисе признаков, осуществляется его критериальное сравнение с каждым из эталонов, согласно выбранного решающего правила.

### **Выводы**

1. Нейросетевой мониторинг геоинформационных данных при многоспектральном зондировании подстилающей поверхности при современной инструментарии технического анализа входных данных, позволяет синтезировать продуктивные модели распознавания классов исследуемых почв.

2. Поэтапное исполнение алгоритма оптимизации целевого функционала, анализ процедур организации обучения моделей, экспорта и актуализации входных данных, верификации результатов моделирования, позволяют обеспечить их реализацию в реальном масштабе времени.

### **Литература**

1. Морозов А.А. Состояние и перспективы нейросетевого моделирования СППР в сложных социотехнических системах / В.П. Клименко, А.Л. Ляхов, С.П. Алёшин // Математичні машини і системи. – 2010. - № 1. - С. 127 – 149.
2. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс / Хайкин С. – [2-е изд.]; пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.
3. Чандра, А.М. Дистанционное зондирование и географические информационные системы / С.К. Гош – М: Техносфера, 2008. – 312 с.
4. Ляхов А.Л., Алёшин С.П., Бородин Е.А. Нейросетевая модификация текущего пространства признаков к целевому множеству классов. Збірник наукових праць Міжнародної наукової конференції «Нейросітьові технології і їх застосування» / під ред. проф. С. В. Ковалевського. – Краматорськ : ДДМА, 2012. – с. 93–99.



## **ПРАВОМІРНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ КОНТИНУАЛЬНОГО ПІДХОДУ В МОДЕЛЯХ ПРОМИСЛОВОЇ ЦЕМЕНТАЦІЇ ГРУНТІВ**

М. Б. Демчук

*Національний університет водного господарства та природокористування,  
Україна*

У піщано-гравелистий ґрунт перед зведенням на ньому висотної споруди нагнітають цементний розчин. Таке закріплення ґрунту називають цементацією. Її практичне застосування потребує значних матеріальних і трудових затрат, а її режим визначається еволюцією просторового розподілу концентрації цементу у ґрунті [1]. Тому математичне моделювання цієї еволюції є важливим.

Існує багато робіт, наприклад [1-4], в яких із метою перевірки різних припущень, які спрощують математичний опис процесу поширення розчину у ґрунті під час цементації, моделюється таке стандартне лабораторне дослідження. В основу вертикальної зверху відкритої труби нагнітають за постійної витрати цементний розчин. Труба заповнена насиченим водою піском постійної густини. На відміну від цих робіт у працях [5]–[7] із цією метою розглядається задача, постановки яких є більш наближеними до промислового використання даної технології. Континуальні моделі промислової цементації [1-7] відносяться до класу задач про поширення забруднень [8] і формулюються за припущень, які спрощують систему, що містить пористе середовище та інфільтрат. Так у моделях [2-4, 6, 7] скелет ґрунту вважається абсолютно твердим, а в моделях [1] і [5] його вважають пружним. У роботі [7] нехтують гідродинамічною дисперсією та дифузією. У працях [2], [6] вважається, що частинки цементу є настільки великими, що вони можуть застрягати у вузьких проходах між порами ґрунту, а в роботах [1], [5] та [7] вважається, що вони є набагато меншими за ці проходи. У працях [3, 4] вважають, що частинки цементу не випадають в осад і не застряють у вузьких проходах між порами ґрунту. У свою чергу у працях [8, 9] показано, що промислову цементацію можна моделювати задачею класу задач із вільними рухомими межами, нехтуючи особливостями поширення розчину в пористому середовищі. У роботах [8-10] представлено континуальні моделі цементації, які відносяться до цього класу. Їх і моделі [1-7] можна використовувати тільки тоді, коли характерний розмір закріпленої області є набагато більшим, ніж розмір елементарного об'єму, по якому здійснюється осереднення в континуальному підході. Цей розмір залежить від ступенів невизначеностей параметрів, які характеризують пористе середовище [11]. У моделях [1-7] у шуканих функціях присутні області високих градієнтів, поло-

ження яких змінюється в часі і є наперед невідомим, тому в кожному випадку для оцінки похибки слід виконувати аналіз числових розв'язків. Основним недоліком моделей [1, 2, 5-7] є те, що розрахунки згідно них потребують значних комп'ютерних ресурсів. Це можна пояснити тим, що вони є неузгодженими початково-крайовими задачами для систем диференційних рівнянь у часткових похідних [3]. У роботі [3] представлена модель вищезгаданого стандартного лабораторного дослідження, в якій відсутній цей недолік, а в роботі [4] описано спосіб реалізації принципу рівномірності похибки [12] за розрахунків згідно моделі [3]. У роботах [1-7] результати аналізів числових розв'язків не наводились. Оскільки максимально допустимі невизначеності у значеннях вищезгаданих параметрів визначаються похибкою розрахунку, то в роботах [1-7] коректність застосування континуального підходу до моделювання поширення цементного розчину у ґрунті не перевірялась. Вона також не перевірялась і в роботах [8-10].

Метою даної роботи є перевірка коректності застосування континуального підходу в числовому моделюванні [8, 10] і за необхідності його коригування, що є важливим для підвищення продуктивності будівельних робіт. Тому у час глобальної рецесії дане дослідження є актуальним.

У моделях [8, 10] ми розглядаємо чотири постановки задач. У випадках постановок № 1 і № 3 ми вважаємо, що під фундаментом інжектора зроблено довгу траншею ширини  $2 \cdot r_0$  і глибини  $h_0$ , в яку за постійного п'єзометричного напору  $H_0$  нагнітається (рис. 1) в'язучий інфільтрат, який є нестисливою ньютонівською рідиною [1].

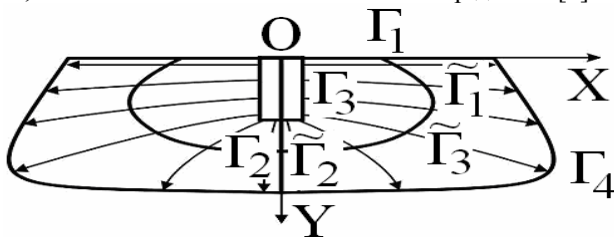


Рис. 1. Области  $G(t)$  і  $\tilde{G}(t)$

У свою чергу у випадках постановок № 2 та № 4 замість траншеї маємо свердловину радіуса  $r_0$  та глибини  $h_0$ . У всіх цих задачах необхідно знайти еволюцію в часі та просторі фронту нагнітання (крива  $\Gamma_4$  на рис. 1). У постановках № 1 і № 2 скелет ґрунту вважається абсолютно твердим, а у третій і четвертій постановках він є пружним. Моделі [8, 10] поділимо на два типи. До першого типу віднесемо моделі, в

яких у кожний момент часу  $t$  числове моделювання здійснюється в області  $G(t)$ , яка на рисунку 1 обмежена кривими  $\Gamma_i$ , де  $i = \overline{1,4}$ , а до моделей другого типу віднесемо моделі, в яких числове моделювання здійснюється в області  $G(t)$  за значень  $t$  таких, що  $t \leq t_0$ , а за значень  $t$  таких, що  $t > t_0$ , воно здійснюється в області  $\tilde{G}(t)$ , яка на рисунку 1 обмежена кривими  $\tilde{\Gamma}_i$ , де  $i = \overline{1,3}$ , та кривою  $\Gamma_4$ . У моделях другого типу момент часу  $t_0$  і положення  $\tilde{\Gamma}_3$  підбираються чисельно. У даній роботі показано, що за розрахунків положень фронтів нагнітань після однієї години нагнітання [8, 10] вищезгадана умова правомірності застосування континуального підходу не виконувалась, та представлено результати числових розрахунків положень фронтів нагнітання після 58 хвилин нагнітання, для яких в якості початкових форм області  $G$  вибирались форми цієї області після 2 хвилин нагнітання за відповідних розрахунків [8, 10]. У даній роботі кінцеві форми області  $G$  є такими самими, як і в роботах [8, 10], а невизначеності в кінцевих положеннях фронтів нагнітання, обумовлені невизначеностями в початкових положеннях цих фронтів, оцінювались як міри різниці [8, 10] між положеннями фронтів нагнітання після 1 години нагнітання та відповідними положеннями після 62 хвилин нагнітання за всіх відповідних розрахунків [8, 10] крім розрахунку, який відповідає моделі першого типу, постановці № 3 та випадку найбільш твердого пружного ґрунту. У випадку цього розрахунку положення фронту нагнітання після 62 хвилин нагнітання не вдається отримати за допустимий машинний час. Тому у випадку, який відповідає постановці № 3, моделі першого типу та найбільшим твердому пружному ґрунту, невизначеність у кінцевому положенні фронту нагнітання, обумовлена невизначеністю у початковому положенні цього фронту, оцінювалась як міра різниці між положенням фронту нагнітання після 1 години нагнітання та відповідним положенням після 59 хвилин нагнітання за відповідного розрахунку [8]. У даній роботі показано, що характерний розмір області  $G$  після однієї хвилини нагнітання за цього розрахунку є набагато більшим за розмір відповідного елементарного об'єму, по якому здійснюється осереднення в континуальному підході. Також у даній роботі показано, що значення моментів часу  $t_0$ , починаючи з яких числове моделювання в моделях другого типу здійснюється в областях  $\tilde{G}$ , є на 2 хвилини меншими від відповідних значень, які отримані в роботі [8], а положення  $\tilde{\Gamma}_3$  є такими самими, як в роботі [8]. Крім того показано, що за вищезгаданого вибору початкових форм областей  $G$  їх розміри та розміри областей  $\tilde{G}(t_0)$  є набагато більшими за розміри відповідних

елементарних об'ємів. У даному дослідженні вперше для моделей цементації ґрунту обґрунтовано застосування континуального підходу. Розрахунки, результати яких представлені в даній роботі, виконувались за інтерполювання фронту нагнітання на кожному часовому шарі одним і тим самим двічі неперервно-диференційованим локальним сплайном. Вплив невизначеності у способі цієї інтерполяції на їх похибки буде досліджуватись.

## Література

1. Bouchelaghem F. Mathematical and numerical filtration-advection-dispersion model of miscible grout propagation in saturated porous media / F. Bouchelaghem, L. Vulliet // *International journal for numerical and analytical methods in Geomechanics*, 2001. — Vol. 25, No. 12. — P. 1195—1127.
2. Chupin O. The effects of filtration on the injection of cement-based grouts in sand columns / O. Chupin, N. Saiyouri, P.-Y. Hicher // *Transport in porous media*, 2008. — Vol. 72, No. 2. — P. 227—240.
3. Демчук М. Б. Узгоджена модель нагнітання цементного розчину в насичене пористе середовище / М. Б. Демчук // *Наукові записки НАУКМА. Серія: комп'ютерні науки*, 2011 р. — Т. 125. — С. 46—51.
4. Demchuk M. A realization of the uncertainty uniformity principle in a grouting model / M. Demchuk, N. Saiyouri // *Математичне та комп'ютерне моделювання: зб. наук. пр. Сер. фіз.-мат. науки.* — 2012 р. — Вип. 7. — С. 77—92.
5. Bouchelaghem F. Two large-scale injection experiments and assessment of the advection-dispersion-filtration model / F. Bouchelaghem // *Géotechnique*, 2002. — Vol. 52, No. 9. — P. 667—682.
6. Chupin O. Modeling of a semi-real injection test in sand / O. Chupin, N. Saiyouri, P.-Y. Hicher // *Computers and Geotechnics*, 2009. — Vol. 36, Issue 6. — P. 1039—1048.
7. Maghous S. A model for in situ grouting with account for particle filtration / S. Maghous, Z. Saada, L. Dormieux, J. Canou, J. C. Dupla // *Computers and Geotechnics*, 2007. — Vol. 34, Issue 3. — P. 164—174.
8. Демчук М. Б. Математичне моделювання процесу нагнітання в'язучого розчину в пористе середовище / М. Б. Демчук // *Математичне та комп'ютерне моделювання: зб. наук. пр. Сер. фіз.-мат. науки.* — 2010 р. — Вип. 4. — С. 61-75.
9. Демчук М. Б. Про моделі промислового циркулярного нагнітання цементного розчину в сухий ґрунт / М. Б. Демчук // *Искусственный интеллект*, 2011 р. — № 2. — С. 122—130.
10. Vlasyuk A. P. Numerical solution of a problem of giving waterside structure foundation strength / A. P. Vlasyuk, M. B. Demchuk // *Scientific Bulletin of Chelm. Section of mathematics and computer science.* — 2007. — No. 1. — P. 211—222.
11. Bear J., Bachmat Y. *Introduction to modeling of transport phenomena in porous media*, — Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1990. — 553 p.
12. Федоренко Р. П. Введение в вычислительную физику / Р. П. Федоренко. — М.: Издательство Московского физико-технического института, 1994. — 526 с.

## МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ БСК 5 СТИЧНОЇ ВОДИ ТА ПОГОДНІХ УМОВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ КОМПЛЕКСУ ОЧИСНИХ СПОРУД

Л.М. Клінцов, О.А. Шевченко

*Чернігівський державний інститут економіки та управління, Україна*

Захист від забруднення водних ресурсів має для України дуже важливе значення, Україна потерпає від того, що практично 100% діючих спеціалізованих каналізаційно-очисних споруд (КОС) не забезпечують необхідний рівень очищення за окремими компонентами [1]. Недостатньо враховується і існування зовнішніх для КОС причин, які впливають на якість процесу очищення СВ. Так, порушення існуючих правил (наприклад, залпові скиди токсичних речовин) здатні зруйнувати усю систему очищення, а зміна складу СВ внаслідок зміни соціально-економічних умов у регіоні потребує своєчасного фінансування для реконструкції КОС чи впровадження нових технологій і обладнання. Склад забрудників та динаміку зміни їх концентрації і статистичний розподіл приведено в [2]. Однак нами не виявлено в літературних джерелах даних відносно одночасного впливу концентрацій органічних забрудників зі зміною погодних умов на ефективність працюючих КОС за тривалий період часу.

Мета доповіді – моделювання впливу показників вхідного потоку стічних вод, максимальної добової температури повітря, випадання опадів та танення снігу на якість процесу очищення стоків.

Об'єкти та методи дослідження – аналізували ефективність роботи КОС за результатами вимірювань показника води біохімічного споживання кисню (БСК<sub>5</sub>) на вході і виході з очисних споруд на протязі 18 місяців в умовах КП «Чернігівводоканал», для аналізу впливу погодних умов використовувався архів погоди у Чернігові розташований на сайті [3]. Оцінювався вплив температура повітря, кількість періодів дощових опадів на протязі доби, та танення снігу, яке оцінювали по довжині періоду плюсової температури на добу при наявності снігу на той час. Ефективність роботи КОС оцінювалась за допомогою коефіцієнта ефективності очищення  $K_e$ , що дорівнює відношенню БСК<sub>5а</sub> вхідне до БСК<sub>5в</sub> вихідне.

$$K_e = \frac{БСК_{5а}}{БСК_{5в}} \quad (1)$$

$K_e$  фактичне визначаємо зі статистичних даних за період спостережень.

Кер розрахункове визначаємо за допомогою програми ЛІНІЙН пакету Microsoft Excel 7.0. який працює за методом найменших квадратів.

$$Kер = A_0 + A_1 * БСК_{5а} + A_2 * t^{\circ}C + A_3 * Tд + A_4 * Tс \quad (2),$$

$T_c$  – температура повітря,  
 $T_d$  - кількість періодів за які зафіксовано проливні дощі,  
 $T_c$  – кількість періодів плюсової температури на протязі доби.  
 $A_0 \dots A_4$  коефіцієнти рівняння  
 Якість апроксимації оцінювалась за допомогою коефіцієнта детермінації  $d$ .

Найкращі коефіцієнти детермінації отримані при по періодам року.  
 Результати приведені у таблиці №1

Таблиця 1

Пора року	$A_0$	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$d$
Зима	-4,12086	0,086295	-0,46693	7,947084	-0,2131	0,899098
Весна	7,963296	0,067499	0,119731	0,532998668	0	0,97736206
Літо	37,05196	0,052554	-0,85182	-2,74194	0	0,804057
Осінь	16,13232	-0,00397	-0,01011956	2,345029	0	0,822203

На рисунку 1 приведено графіки динаміки порівняння  $K_e$  та  $K_{er}$  на протязі 18 місяців.

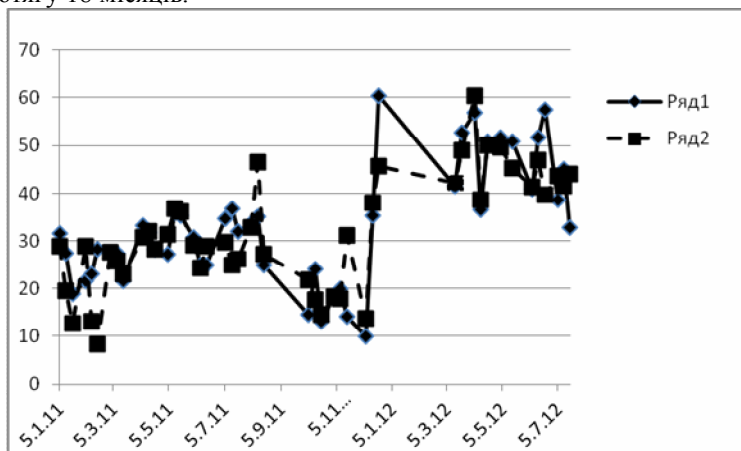


Рис. 1

Ряд 1 фактичний коефіцієнт ефективності  $K_e$ ,

Ряд 2 розрахунковий коефіцієнт ефективності  $K_{er}$ .

По осі абсцис відкладено час визначення коефіцієнтів ефективності.

### Висновки

1. Введено показник ефективності очищення стоків  $K_e$ , за допомогою якого показано, що зменшення концентрації поглинання кисню в наслідок роботи КОС коливається в межах 10 – 60 разів.

2. Показано що коефіцієнт очищення залежить від початкової концентрації  $BCK_{5a}$ .

3. Отримано коефіцієнти регресії по періодам року для моделювання ефективності роботи КОС

4. Показано що на ефективність роботи КОС впливають такі параметри як температура повітря, величина опадів, наявність танення снігу

5. Для підвищення точності прогнозу ефективності треба враховувати пори року.

### **Література**

1. Щетинин А.И., Мешенгиссер Ю.М., Есин М.А., Малбиев Б.Ю., Реготун А.А. Опыт реконструкции очисных сооружений с применением технологии нитроденитрификации//Водопостачання та водовідведення.-К., Тов. «Гнозіс».-2011.-№3.-С.41-49.

2. Шатохіна Ю.В., Клінцов Л.М., Шкінь О.М., Мазюк Н.С. Якість процесу очищення стічних вод як функція складу вхідного потоку//Технологічний аудит і резерви виробництва.-2013 №1/1(9),-36с.

3. <http://tp5.ua/>

УДК 004.946

## **СТВОРЕННЯ СТРАТЕГІЇ ЕФЕКТИВНОЇ БОРОТЬБИ З ЛІСОВИМИ ПОЖЕЖАМИ ШЛЯХОМ ЇХНЬОГО МОДЕЛЮВАННЯ**

В.В. Обламський

*Національний Технічний Університет України «Київський Політехнічний Інститут», Україна*

Останнім часом проблема лісових пожеж стає все актуальнішою. Лісові пожежі приводять до значних матеріальних та екологічних збитків, спричиняють невідворотні зміни в місцевій флорі та фауні. Також вони негативно впливають на здоров'я людини сприяючи розвитку різних хвороб через вдихання шкідливого диму.

Пожежі в лісах є складними, так як потребують дуже багато ресурсів для їхнього знешкодження (як людських, так і технічних), а також через значні розміри потенційно легкозаймистих територій. Часто для знешкодження пожежі застосовуються сили з довколишніх міст та сіл, внаслідок чого зменшується рівень їхнього пожежного захисту.

Зважаючи на стрімкий розвиток безпілотних літальних апаратів, які тепер широко використовуються у військовій промисловості, постає питання про можливість застосування даних апаратів у боротьбі з лісовими пожежами. Використання автономних літальних апаратів, які не потребують втручання людини в свою роботу здатне суттєво збільшити ефективність виявлення займань на ранніх стадіях та уникнення розповсюдження пожежі.

Переді мною постала задача розробки стратегії поведінки даних безпілотних апаратів (надалі - агенти). Розроблювана стратегія повинна розв'язувати наступні задачі:

- виявлення місць займань на всій підконтрольній території;
- гасіння виявлених займань;

Було виділено такі ключові фактори, які необхідно враховувати при прийнятті рішень:

- ефективність гасіння пожежі агентом;
- відстань між агентом та займанням;
- стан (розмір) пожежі.

З урахуванням поставлених задач та визначених ключових факторів було розроблено наступну стратегію поведінки. Нехай в нас є пул агентів, які патрулюють територію і пул агентів, які знаходяться в процесі усунення займань. На початку, коли не виявлено жодного заpalення всі наявні агенти поміщаються в пул для патрулювання. Вони рівномірно розподіляються по всій ділянці підконтрольної території, кожен обираючи собі однаковий по розміру сектор для патрулювання (який не перетинається із секторами інших агентів). У випадку виявлення займань агент, що перший його помічає повідомляє про це іншим агентам. Після цього відбувається визначення тих агентів з пулу патрулювання, які будуть призначені на усунення займання. На вибір агентів, що будуть боротися з виявленою пожежею впливають такі фактори, як відстань до пожежі та ефективність гасіння. Після обрання агентів вони переміщуються в пул усунення займань та, власне, направляються до призначених пожеж. Після ліквідації займання агенти переміщуються назад в пул для патрулювання.

Варто зазначити, що при кожній зміні стану пулу патрулювання заново відбувається розподіл агентів по секторам для патрулювання. Це дає можливість більш ефективно проводити патрулювання території враховуючи відбуття (або повернення) призначених на усунення пожежі агентів зі своїх секторів.

Для перевірки розробленої стратегії пропонується провести її моделювання. Для цього була написана система моделювання поведінки роботів у багатоагентному середовищі [1]. Дана система складається з симулятора, який відображає процес моделювання, клієнтів, які являють собою реалізацію логіки агента (кожному агенту відповідає один виконавчий файл клієнта, який реалізовує його логіку поведінки) та обслуговуючого клієнта, що керує всіма об'єктами середовища.

Для даної задачі кожен клієнт буде відображати поведінку одного безпілотного літального апарату, а обслуговуючий клієнт буде відповідати за симуляцію появи випадкових підпалів та подальшого розповсюдження пожежі. Для оцінки ефективності розробленої стратегії необхідно ввести кількісний показник знешкодження загорань для ко-



жного агента. Таким чином, ефективність стратегії можна буде оцінювати просто додавши дані показники усіх агентів на кінець моделювання.

Подальша робота буде спрямована на реалізацію даної стратегії та визначення її ефективності та можливості застосування на практиці.

### **Література**

1. Батішев О.С., Обламський В.В., Смирнов Ю.М. Система моделювання поведінки роботів у багатоагентному середовищі // Системний аналіз та інформаційні технології: матеріали 15-ї Міжнародної науково-технічної конференції SAIT 2013, Київ, 27-31 травня 2013 р. / ННК "ІПСА" НТУУ "КПІ". – К.: ННК "ІПСА" НТУУ "КПІ", 2013. – ст. 247-248.

УДК 517.957

## **ГИБРИДНЫЙ ПОДХОД К СЦЕНАРНОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ РЕЖИМОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ БИОРЕСУРСОВ**

А.Ю. Переварюха

*Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН,  
Россия*

В докладе рассматривается подход к организации набора вычислительных модельных сценариев для анализа эффективности эксплуатации водных биоресурсов и определению преосторожной стратегии природопользования. Сценарии формируются на основе разрабатываемых моделей теории формирования пополнения.

Популярным в промысловой ихтиологии является представление о достижении максимально возможного долговременного уровня эксплуатации (MSY - maximum sustainable yield). Подход, основанный на экстремальных принципах теории оптимальных процессов, предполагает наличие у популяции состояния, позволяющего получать MSY. В простейшей логистической модели состояние находится как точка максимальной продуктивности. Классическая цель оптимального управления подразумевает выбор такого воздействия на управляемый объект (нерестового запаса эксплуатируемой рыбной популяции  $S$ ), которое привело бы к максимуму некоторой целевой функционал выгоды от объекта. Практика регулирования эксплуатацией часто сталкивается с ситуацией, когда определенные квоты вылова на основе существующих методик оценки численности запасов промысел просто оказывается не в состоянии выловить, что в течение ряда лет отмечалось в Волго-Каспийском бассейне. В 2011 г. разрешенная квота по Волгоградскому водохранилищу была освоена только на 13,6%. Недостоверность методов оценки запасов подрывает применимость теории оптимальной эксплуатации. Концепция MSY не позволяет определить, в какой степени наиболее продуктивное для промысла состояние

является стабильным из-за взаимодействия внутривидовых процессов и лимитирующих факторов среды. Известно достаточно случаев, когда вроде бы научно обоснованная селективность промысла резко снижала генетическое разнообразие и устойчивость популяции по отношению к стрессовым факторам. Анализ экспертных прогнозов 25-летней давности по перспективам промысла волжских популяций показывает, что реакции биологических систем отличаются антиинтуитивным характером и действие механизмов обратной связи неочевидно и запаздывает во времени.

Концепция о роли зависимости между запасом и пополнением, количеством особей доживших до определенного момента жизненного цикла высказана У. Рикером в 1954 г. в работе [1]. Однако, биологическая теория при математической формализации столкнулась с рядом проблем возникновения нелинейных эффектов, изложенных в предыдущем докладе. Преодоление описанных проблем требовало не просто комплекса новых моделей для разных случаев, но разработки принципиально нового метода их построения. Математический аппарат, который должен применяться при расчете допустимого уровня эксплуатации популяций и эффективности воспроизводства, от которого зависит способность восполнения запасов, необходимо разрабатывать с учетом современного уровня представлений нелинейной динамики. Основные математические зависимости, применяемые ранее при подобных расчетах были предложены до открытия универсальности поведения нелинейных систем. Развиваемые в последние годы методы нелинейной динамики оперируют понятием горизонт предсказуемости, не соответствующим представлениям о долгосрочном планировании в процессах управления. Популярность дискретных нелинейно-хаотических моделей увеличивается, однако мы отметим, что их применение связано с возникновением ряда изменений в поведении траектории системы, биологическая интерпретация которых проблематична.

Как показано автором ранее [2], модели формирования пополнения популяций, рассмотренные с применением методов теории бифуркаций дискретных динамических систем обладают противоречивым поведением с точки зрения сущностной интерпретации всех возможных вариантов изменения их поведения, так как относятся к классу динамических систем, удовлетворяющих критериям теоремы Д. Сингера. Классифицирующим признаком служат характеристики, не имеющие интерпретации в рамках той предметной области, в которой были предложены используемые при расчете допустимых уловов модели. Недостовверное определение максимально возможного уровня изъятия, который сможет восполнить популяция, приводит к резкому сокращению запасов и далее полной деградации популяции, как произошло с осетровыми рыбами Каспийского моря.

Поставлена задача разработки принципиально новой структуры моделей процесса воспроизводства водных биоресурсов для прогнозирования динамики популяции как результата баланса между репродуктивным потенциалом и величиной промысловой эксплуатации. Решено применить формализм гибридных автоматов (рис. 1), который позволит на основе дифференциальных уравнений при достижении особых состояний в пространстве переменных состояния (событий) изменять значения параметров в правых частях ОДУ и их форму.

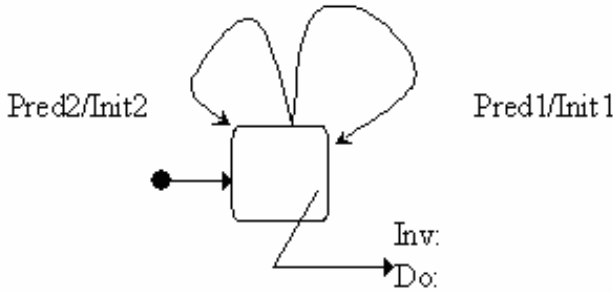


Рис. 1. Простой гибридный автомат с двумя переходами

Структуру гибридного модельного времени предлагается математически формализовать в виде следующей последовательности:

$$\tau = \{ \{ \text{Gap\_pre}_1, [0, T_1], \text{Gap\_post}_1 \}, \dots, \{ \text{Gap\_pre}_n, [T_{n-1}, T_n], \text{Gap\_post}_n \} \}. \quad (1)$$

где: *Gap\_pre* – «временная щель» для вычисления согласованных начальных условий *Init* и проверки предиката на левом конце промежутка очередного длительного поведения; *Gap\_post* – «временная щель» где определяются новые начальные условия на правом конце текущего промежутка  $\tau_i$  для решения следующей по порядку или выбранной по условиям предиката задачи Коши.  $T_i$  – время срабатывания перехода: в которой становится истинным предикат *Pred* события, приводящего к смене поведения.

Вычисляемые параметры и начальные условия объединены в виде множества кортежей:

$$\langle D_0, \tau, N_0(0), N(\tau) \rangle, \langle D_1, f(w_{kl}), N_0(\tau), N(\tau_1) \rangle, \langle D_2, f(w_{kr}), N_0(\tau_1), N(\tau_2) \rangle. \quad (2)$$

Применение структуры (3) совместно с (4) позволит модельно описывать влияние изменений в онтогенезе происходящих при смене этапов развития особей поколения  $D_0, D_1, D_2$  и критически влияющим на выживаемость поколения  $N(t)$ , создавая на кривой воспроизводства (графике зависимости запас-пополнение) локальные минимумы. Время срабатывания перехода в гибридном автомате рассчитывается после проверки на истинность условий, заданных массивом значений  $w_i$  оце-

ненных по литературным данным. Модель должна определяться конечным множеством режимов изменения состояния, с каждым из которых связана правая часть ОДУ и множеством переходов между состояниями. Каждому переходу должно быть поставлено в соответствие условие завершения активности и функция инициализации новых начальных условий.

Непрерывно-дискретную модель смешанного воспроизводства, учитывающей выпуск некоторого количества молоди  $N_{art}$ , происходящего в момент времени  $t_{art}$ , определим в виде следующей системы с условиями перехода:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dN_{i+1}}{dt} = -(aw(t)N_{i+1}(t) + \theta(N_i(\tau))\beta)N_{i+1}(t), \quad N_{i+1}|_{t=t_{art}} = N_{i+1}(t) + N_{art}, \quad N_{i+1}|_{t=0} = \lambda N_i|_{t=\tau} \\ \frac{dw}{dt} = \frac{g}{N_{i+1}^2(t) + \zeta}, \quad w_{i+1}|_{t=t_{art}} = w_{i+1}(t) + \Delta w, \quad w_{i+1}|_{t=0} = w_0. \end{array} \right. \quad (3)$$

Для исследования эффективности данного управляющего воздействия необходимо анализировать только величину относительного отклонения:

$$\rho = \frac{\psi(S, \langle N_{art}, t_{art} \rangle) - \psi(S)}{\psi(S)} \times 100.$$

В результате исследования модели показано, что выпуск молоди может как стабилизировать популяцию на более высоком уровне численности, так и снизить численность при чрезмерном выпуске молоди. Популяция нечувствительна к огромным масштабам выпуска:

$$\forall t_{art} < t_{art}^*, \forall S > 0 \exists \eta < 0 \text{ такое, что } \lim_{N_{art} \rightarrow \infty} \frac{\psi(S, \langle N_{art}, t_{art} \rangle) - \psi(S)}{\psi(S)} = \eta.$$

Основной сценарий изменения технологии искусственного воспроизводства заключается в реализации перехода от определённой пары  $\langle N_{art}, t_{art} = \text{const} \rangle$  стандарта к упорядоченной последовательности

$\mathbf{B} = \left\{ \langle N_{art}^0, t_{art}^0 \rangle, \dots, \langle N_{art}^i, t_{art}^i \rangle \right\}$  моментов выпуска партий. Как показывают исследования функционала,  $\max \rho[\mathbf{B}]$  увеличивается при формировании равномерно уменьшающихся партий.

### Литература

1. Ricker W. Stock and recruitment // Journal of the fisheries research board of Canada, 1954. Vol.11, №5, P. 559–623.
2. Perevaryukha A. Yu. Uncertainty of Asymptotic Dynamics in Bioresource Management Simulation // Automatic Control and Computer Sciences, 2011, Vol. 45, No. 4, pp. 223–232.

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЕВРОПЕЙСКОЙ СИСТЕМЫ ЯДЕРНОГО АВАРИЙНОГО РЕАГИРОВАНИЯ JRODOS ДАННЫМИ ЧИСЛЕННОГО ПРОГНОЗА ПОГОДЫ**

С.Н. Дидковская, Е.А. Евдин, А.В. Халченко, И.В. Ковалец  
*Институт проблем математических машин и систем, Украина*

В системах поддержки принятия решений на аварийные ситуации, возникающие на атомных станциях, решающее значение приобретает оценка текущего (анализ) и будущего (прогноз) состояния атмосферы. Примерами таких систем являются Европейская система ядерного аварийного реагирования JRODOS [1], системы ядерного реагирования КАДО [2], ARGOS ([www.pdc.dk/argos/](http://www.pdc.dk/argos/)) и многие другие. Лишь для сравнительно узкого класса задач локального атмосферного переноса (на расстояния <10 км) могут использоваться постоянные в пространстве и времени значения метеорологических параметров, взятые из измерений. Решение более сложных задач расчета атмосферной дисперсии загрязнителя требует прогностической информации о пространственно-временном распределении метеорологических элементов. Расчет такой прогностической информации производится с помощью моделей численного прогноза погоды (ЧПП), функционирующих, как правило, в национальных гидрометслужбах.

В последние годы, в связи с ростом вычислительных мощностей, увеличением требований к степени детализации метеорологических полей ЧПП (до 1 км и меньше), а также появлением в свободном доступе данных глобальных моделей ЧПП [3], кроме использования данных ЧПП национальных гидрометслужб, в современных СППР появилась тенденция использования «собственных» моделей ЧПП, то есть таких, которые функционируют в рамках того же кризисного центра, что и СППР.

В рамках проекта NERIS-TP 7-й Рамочной программы Европейской комиссии (<http://www.eu-neris.net/>), посвященного усовершенствованию существующей в Европе технологической платформы для поддержки ядерного аварийного реагирования, была поставлена задача разработки программных средств, позволяющих обеспечивать модели атмосферного переноса системы JRODOS данными ЧПП, рассчитанными на основе свободно распространяемых данных глобального прогноза погоды [3] и мезомасштабной метеорологической модели WRF [4], для их последующего использования системой JRODOS при необходимости расчета краткосрочного прогноза распространения радиоактивности в любой точке Земного шара.

Модуль атмосферного переноса (МАП) системы JRODOS состоит из моделей локального переноса (до 320 км) и модели дальнего переноса (до нескольких тысяч км) MATCH. В настоящем докладе описы-

ваються програмні засоби, розроблені для забезпечення моделей локального і дальнього атмосферного переносу даними ЧПП, а також опыт их применения при расчете последствий аварии на АЭС Фукусима [5].

Розроблені програмні засоби автоматизації забезпечення систем ядерного аварійного реагування даними ЧПП повинні служити доповненням к функціонуючим в національних гідрометслужбах системам, дозволяючим підвищити гнучкість і швидкість реагування на атомні аварії.

### **Література**

1. RODOS re-engineering: aims and implementation details / Y. Ievdin, D. Trybushny, M. Zheleznyak [et al.] // Radioprotection. – 2010. – Vol. 45, N 5. – P. 181–190.
2. Талерко Н.Н. Фізическі особливості і обмеження моделей атмосферного переносу радіонуклідів для різних просторово-часових масштабів / Н.Н. Талерко // Проблеми безпеки атомних електростанцій і Чорнобиля. – 2009. – № 11. – С. 57–62.
3. Rutledge G. NOMADS – a climate and weather model archive at the National Oceanic and Atmospheric Administration / G. Rutledge, J. Alpert, W. Ebusizaki // Bulletin of the American Meteorological Society. – 2006. – Vol. 87. – P. 327–341.
4. A description of the advanced research WRF version 3. [Електронний ресурс] / W.C. Skamarock, J.B. Klemp, J. Dudhia [et al.] // NCAR Technical Note NCAR/TN-475+STR. – USA, Boulder: National Center for Atmospheric Research, 2008. – 125 p. – Режим доступу: <http://wrf-model.org/>
5. Евдин Е.А. Многоплатформенная версия системы поддержки принятия решений РОДОС и ее адаптация для оценки последствий воздушных выбросов на АЭС Фукусима / Е.А. Евдин, М.И. Железняк, И.В. Ковалец [и др.] // Збірник наукових праць СНУЯЕтаП. – 2012. – № 4. – С. 92-101.

УДК 001.57:614.4

## **АГЕНТНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЦИРКУЛЯЦІЇ РЕСПІРАТОРНИХ ВІРУСІВ У МІСЬКИХ ЕКОСИСТЕМАХ**

С.О. Заїка, О.Л. Ляхов, А.Т. Лобурець, Ю.В. Величко

*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка,  
Україна*

Наукові експерименти в області епідеміології здійснити важко або практично неможливо, оскільки виникають серйозні етичні питання, пов'язані з лікуванням контрольної групи та нанесенням шкоди здоров'ю її учасників. У цьому випадку безцінним експериментальним інструментом як для виявлення механізмів динаміки інфекційних захворювань, так і для оцінки ефективності протиепідемічних заходів є детальні математичні моделі.

В основу практично всіх епідеміологічних моделей, розроблених до сьогодні [1–3], покладені класичні моделі поширення захворювань. Вони базуються на використанні систем алгебро-диференціальних рівнянь, рішенням яких є рівень інфекційної захворюваності в кожен момент модельного часу. Однак, ці моделі є повністю детерміновані і можуть бути застосовані тільки для оцінки поведінки великих популяцій. Проте природа епідемічних процесів, як відомо, носить імовірнісний характер і нехтування випадковими факторами може призвести до грубих або навіть помилкових результатів. В традиційних моделях також передбачається, що всі індивіди безперервно і рівномірно перемішуються. У дійсності, більшість реальних популяцій мають вкрай складну структуру, обумовлену соціальним розшаруванням, різноманітністю географічних умов, складними часовими і просторовими схемами переміщення. У цих умовах класичні моделі будуть давати більш-менш реалістичні результати тільки при моделюванні на великих територіях. Крім зазначених вище особливостей класичного підходу, відзначимо складність зміни аналітичних моделей з метою врахування додаткових факторів.

В дискретно-подієвих «популяційних» моделях може бути відображена найпростіша структура суспільства. Поширення захворювання відбувається тільки в рамках однієї «контактної» групи [4, 5]. Час у популяційних моделях протікає з фіксованим кроком дискретизації. На кожному кроці аналізується, які локації відвідував кожен індивід і за складною формулою, яка враховує різні чинники, розраховується імовірність його зараження за минулий проміжок часу. Коефіцієнти, що використовуються у формулах, вимагають спеціального калібрування, проведення якого є досить складною справою. Справитися з цими складнощами дозволяє агентний підхід до імітаційного моделювання. В його основу покладено урахування великої кількості паралельно існуючих елементів – учасників досліджуваного процесу, кожен з яких при моделюванні описується сукупністю детермінованих і випадкових параметрів, що визначають особливості «життєвого циклу» елемента [6–9]. Агент – це деяка сутність, яка володіє активністю, автономною поведінкою, може приймати рішення відповідно до деякого набору правил, може взаємодіяти з оточенням та іншими агентами. Агентні моделі використовуються для дослідження децентралізованих систем, динаміка функціонування яких визначається не глобальними правилами і законами, а навпаки, ці глобальні правила і закони є інтегральним результатом індивідуальної активності великої кількості агентів. Основна відмінність агентних моделей поширення захворювань від популяційних полягає в тому, що вони децентралізовані. В агентних моделях момент часу, в який відбувається достатній контакт, визначається самим агентом. Потoki подій від всіх агентів шикуються в один зага-

льний в хронологічному порядку і тим самим формують інтегральну динаміку модельованої системи. В даний час не існує моделей поширення захворювань, які повністю використовують переваги агентного підходу. Являє інтерес створення таких агентних моделей поширення захворювань, які дозволяють промодельовувати поширення різних видів інфекційних захворювань шляхом параметричного налаштування моделі.

Місто суттєво впливає на поширення та еволюцію інфекційних захворювань, тому важливо досліджувати їх динаміку саме в урбоекосистемах. Міське середовище згладило процеси природного відбору, пом'якшило вплив зовнішніх чинників, змінило імунну систему людини. При розумному ставленні до формування міського середовища створюються паритетні умови співіснування штучного і природного середовища. Найменше порушення цього паритету внаслідок соціально-економічних, екологічних та інших перетворень незмінно викликає зміну демографічних показників (народжуваності, смертності) і зростання інфекційних захворювань (грип, чума, туберкульоз тощо). Значна щільність населення та несприятливі чинники довкілля сприяють швидкому поширенню інфекцій [10, 11]. Найрізноманітніші специфічні і неспецифічні впливи на організм, включаючи соціальні, викликають мобілізацію клітинних і гуморальних чинників імунітету. Проте різке зростання імунітету веде до його гіперчутливості до нових захворювань, він не справляється з усіма стресорами, які діють на нього [12, 13]. Передбачити темпи прогресуючої еволюції інфекції в напрямку виникнення епідемії можна, постійно проводячи ефективний моніторинг ситуації. Результати моніторингу можуть служити вихідними умовами для застосування з метою здійснення прогнозу найбільш пристосованих для даної урбоекосистеми математичних моделей.

Метою роботи є створення універсальної агентної моделі для контролю за поширенням інфекції на основі визначення кількісних характеристик динаміки гострої респіраторно-вірусної інфекції (грипу) в урбоекосистемі, в'яснення характеру поширення інфекції і виникнення епідемії залежно від умов функціонування системи.

Існуючі рекомендації щодо запобігання поширенню вірусної інфекції – ізолювати хвору людину, триматися від неї на відстані 1,5-2 метри, користуватися одноразовими масками, прикривати рот і ніс під час кашлю та чхання – передбачають, що імовірність захворіти безпосередньо залежить від відстані між людиною-носієм інфекції і людиною, сприйнятливою до хвороби. Необхідно брати до уваги близькість контакту між людьми у локаціях при моделюванні інфекційного процесу, чим було знехтувано, наприклад, у роботі [9]. Ми ж врахували цей факт, істотно розширивши можливості розробленої моделі. Нами вперше для дослідження циркуляції респіраторних захворювань та грипу



застосовується метод створення віртуальних агентних урбоекосистем в реальних просторово-часових координатах. Динаміка руху елементів системи змінюється протягом модельної доби. Це означає, що у певні моменти модельного часу періодично виникають геометричні обмеження, що формують поведінку агентів. Достатність контакту реалізується через динаміку Ланжевена, яка є основою моделі. Потоки подій від всіх агентів формують інтегральну динаміку інфекції за SIR-схемою з передачею захворювання за нормальним розподілом.

Через обмеженість доступних нам обчислюваних ресурсів ми розглядали спільноти з невеликою кількістю жителів. Наш підхід виділяється тим, що в цій моделі використовуються реальні параметри, що характеризують урбосистему як на макроскопічному, так і агентному рівнях. Тому немає потреби використовувати корегуючі коефіцієнти, але необхідно правильно оцінити агресивність інфекції у поєднанні з погодними умовами, з урахуванням культури населення та тих умов його існування, які впливають на стан імунної системи. Розроблена нами модель може стати найбільш ефективною у тісній співпраці з лікарями-епідеміологами з урахуванням інформації про вже минулі епідемії.

### **Література**

1. Ross R. An application of the theory of probabilities to the study of a priori pathometry. Part I // *Proceedings of the Royal Society of London*. – 1916. – № A 92. – С. 204-230.
2. Kermack W.O. and McKendrick W.G. A contribution to the mathematical theory of epidemics // *Proceedings of the Royal Society of London*. – 1927. – № A 115. – P. 700–721.
3. Бородулин А.И., Десятков Б.М., Шабанов А.Н., Ярыгин А.А. Статистическая модель эпидемического процесса // *Сибирский журнал индустриальной математики*. – 2007. – Т. 10, № 2. – С. 23-30.
4. Patel R., Longini I.M., Halloran M.E. Finding optimal vaccination strategies for pandemic influenza using genetic algorithms // *Journal of Theoretical Biology*. – 2005. – V. 234, № 3. – P. 201-212.
5. Chao D.L., Halloran M.E., Obenchain V.J., Longini I.M. FluTE, a publicly available stochastic influenza epidemic simulation model // *PLoS Computational Biology*. – 2010. – V. 6, № 1. – P. 1-8.
6. Rao D.M. Modeling and analysis of global epidemiology of avian influenza / D.M. Rao, A. Chernyakhovsky, V. Rao // *Environmental Modelling & Software*. – 2009. – Vol. 24. – P.124–134.
7. Арзамасцев А. А., Соломина О. А. Моделирование роста биологической популяции на плоскости // *Математическое моделирование*. – 2009. – № 4. – С. 59 – 64.
8. Авилов К.К. Математическое моделирование процессов распространения туберкулеза и выявления больных // *Автоматика и телемеханика*. – 2007. – №9. – с. 145-160.

9. Кондратьев М.А. Разработка модели распространения инфекционных заболеваний на основе агентного подхода : автореф. дис. на соискание учёной степени канд. техн. наук : спец. 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» / М.А. Кондратьев. – Санкт-Петербург, 2012. – 19 с.
10. Николаенко Д.В. Америка знания: Парадигма теоретической эпидемиологии // Энвайронментальная эпидемиология. – 2010. – Т. 4, № 3. – С. 358–738.
11. Mcintyre N. E., Knowles-Yanez K., Hope D. Urban ecology as an interdisciplinary field: differences in the use of “urban” between the social and natural sciences // Urban ecosystems. – 2000. – Vol. 4. – P. 5–24.
12. Тимаков В.Д. Микробиология. – М.: «Медицина», 1973. – 431 с.
13. Микробиология и иммунология / под ред. А. А. Воробьёва. – М.: Медицина, 1999. – 464 с.

УДК 519.876.5

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ  
РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА СОЗДАНИЯ ИНТЕГРИРОВАННОЙ  
АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ОБЪЕКТА  
«УКРЫТИЕ»**

М.В.Савельев

*Группа Управления Проектом ПОМ, Чернобыльская АЭС, Украина*

Объект «Укрытие» (ОУ) представляет собой разрушенный запроектной аварией 4-й блок ЧАЭС, который утратил свои функциональные свойства энергоблока и на котором выполнены первоочередные мероприятия для уменьшения последствий аварии, и продолжают работы по обеспечению контроля его состояния, ядерной и радиационной безопасности [1]. Нормами радиационной безопасности НРБУ–97/Д-2000 [2] объект «Укрытие» в его нынешнем состоянии классифицируется как «место поверхностного хранения неорганизованных радиоактивных отходов (временное хранилище неорганизованных РАО, находящееся в стадии стабилизации и реконструкции)».

На ОУ находятся ядерные материалы в количестве около 200 тонн. Вследствие отсутствия технических средств активного влияния на их критичность отсутствует возможность предотвращения возникновения СЦР. В объекте “Укрытие” и локальной зоне находятся долгоживущие радиоактивные материалы с суммарной активностью около  $7 \cdot 10^{17}$  Бк. Вследствие отсутствия надежных физических барьеров на пути распространения радиоактивности в окружающую среду они являются открытыми источниками ионизирующего излучения. Строительные конструкции ОУ (локализирующее сооружение), которые выполняли функцию основного физического барьера на пути распространения радиоактивности в окружающую среду, не соответствуют требованиям нормативных документов по безопасности в части механической стой-

кости, структурной целостности и конструкционной надежности и не имеют определенного срока эксплуатации.

Для объекта «Укрытие» основной целью обеспечения безопасности является защита персонала, населения и окружающей среды от воздействия ионизирующих излучений, в том числе и путем создания и поддержания эффективных средств контроля и предупреждения о радиационных и других опасностях, как в режиме текущей эксплуатации, так и в аварийных ситуациях.

Техническим решением №3/01 ОУ [3] была определена необходимость и сформулированы цели создания Интегрированной Автоматизированной Системы Контроля ОУ (ИАСК), а именно: повышение радиационной, ядерной и общепромышленной безопасности ОУ и безопасности окружающей среды; повышение аварийной готовности; интеграция систем контроля ОУ в единую автоматизированную систему. В последующих работах [4], [5] были сформулированы детальные требования и конкретизированы функции ИАСК и ее подсистем.

Актуальность создания ИАСК определялась теми фактами, что на тот момент:

- действующие системы контроля ОУ не обеспечивали полноту и достаточность контроля, обладали рядом конструктивных недостатков, полностью выработали назначенный ресурс, физически и морально устарели.
- дозиметрический контроль на ОУ осуществлялся на основе организационно - технических мероприятий, персоналом ЦРБ с помощью носимого оборудования. Непрерывный радиационный контроль ОУ отсутствовал.
- системы контроля состояния строительных конструкций и сейсмического мониторинга на объекте «Укрытие» так же отсутствовали.

Реализация проекта ИАСК осуществлялась в рамках международной кооперации по Плану Осуществления Мероприятий по преобразованию ОУ в экологически безопасное состояние (ПОМ), финансируемый Европейским Банком Реконструкции и Развития (ЕБРР) и управляемый международной Группой Управления Проектом (ГУП ПОМ). Непосредственное осуществление проекта создания ИАСК выполнял консорциум итальянских компаний под управлением Ansaldo Nucleare.

Проект ИАСК реализовывался по классической каскадной (водопадной) модели жизненного цикла. При этом Подрядчик руководствовался внутренними корпоративными стандартами в области проектирования и обеспечения качества. Применение подобного подхода создало значительные риски для Заказчика, поскольку контроль за качеством создаваемой системы со стороны Заказчика фактически мог быть осуществлен по факту создания системы Подрядчиком [6]. В та-

ком случае ошибки проектирования и дефекты системы пришлось бы устранять непосредственно на ОУ, что привело бы к росту коллективной дозы облучения персонала.

Такое состояние было расценено Заказчиком и ГУП ПОМ как неприемлемое и, с точки зрения управления проектом, было принято решение о создании технической экспертной группы, осуществляющей валидацию технических решений Подрядчика путем моделирования на площадке Заказчика как отдельных элементов ИАСК так и системы ИАСК в целом.

С целью моделирования были выбраны ключевые функции ИАСК связанные с получением и обработкой данных, аварийной и предупредительной сигнализацией о превышении контролируемых пределов значений параметров ОУ и человеко-машинного интерфейса (ЧМИ). Объектами моделирования стали основные типовые компоненты ИАСК: датчики, программно-технические комплексы, локальные сети. В ходе моделирования, инженерами ГУП ПОМ ЧАЭС, создавались как физические модели типовых компонентов ИАСК, так и имитационные модели, моделирующие потоки данных как от ОУ, так и внутри системы ИАСК.

Архитектурно ИАСК представляет собой 4 независимых первичных систем контроля (ПСК): систему контроля ядерной безопасности (СКЯБ), систему радиационного контроля (ССРК), контроль строительных ОУ (СКССК) и систему сейсмического контроля (ССК). Системы СКЯБ и ССРК классифицированы как системы важные для безопасности. Каждая ПСК состоит из датчиков, размещенных на ОУ и подключенных к устройствам связи с объектом (УСО). УСО так же расположены на ОУ, но в местах с возможно низким радиационным фоном, Верхним уровнем ПСК является устройство сбора данных (УСД), размещенного на щите управления ИАСК. Связь между УСО и УСД осуществляется промышленной кольцевой опто-волоконной сетью Moxa TurboRing Ethernet.

Система сейсмического контроля представляет собой сеть из 4х станций сейсмонаблюдения расположенных на территории 30-км зоны отчуждения вокруг ЧАЭС и одной станции непосредственно на площадке ЧАЭС. Связь УСО станций сейсмонаблюдения с УСД осуществляется по технологии Motorola Canopy Radio Ethernet. Технически все подсистемы ИАСК выполнены на унифицированных технических компонентах промышленного исполнения.

Верхний уровень ИАСК реализован отдельной подсистемой ИСК, осуществляющей функции интеграции ПСК, предоставления и архивирования данных. ИСК обеспечивает интерфейс ИАСК с информационно-вычислительной сетью предприятия (ИВС ЧАЭС) и Интегрированной Базой Данных объекта «Укрытие» (ИБДУ). В состав ИСК вхо-

дит сетевое оборудование, сервера архивирования и распределения данных, рабочие станции (РС). Оборудование ИАСК, за исключением внешних РС, расположено на щите управления ИАСК.

Физические модели компонентов ИАСК собирались из доступных на рынке компьютерных комплектующих, имеющих сходные с оборудованием ИАСК технические характеристики. Так же использовались отдельные компоненты, временно предоставленные Подрядчиком. На модели УСО, УСД, серверов и рабочих станций устанавливалось системное и прикладное ПО, применяемое Подрядчиком.

Разработка имитаторов датчиков была облегчена тем, что основные датчики имели числовой последовательный интерфейс RS485, и протоколы обмена данными были достаточно документированы. Имитатор датчика представлял собой компьютерную программу, способную генерировать сигналы по заданной оператором параметрической модели. В общем виде таких моделей было две: набор стандартных периодических функций (константа, пила, синусоида) с возможностью наложения шумового сигнала и воспроизведение заранее сформированного числового ряда (исторический архив реальных параметров ОУ, либо произвольно формируемое множество значений). Помимо этого, имитаторы были способны генерировать граничные и недостоверные значения, а так же сообщения об отказах и неполадках датчиков.

Отдельные модели связывались между собой физическими интерфейсами в комплексную модель, на которой отрабатывалось прохождение сигнала по цепочке от датчика до рабочих станций и серверов верхнего уровня. Работа на комплексной модели позволяла проверить выполнение Подрядчиком заданных функций и требований к системе, а так же выявить скрытые дефекты ПО.

При моделировании активно использовались технологии компьютерной виртуализации компании VMware. Их применение позволило эффективно масштабировать систему до практически проектного уровня в части количества источников данных. Это позволило симулировать реальный трафик, возникающий в системе во всех режимах эксплуатации ИАСК (нормальный, аварийный, обслуживание). Не смотря на то, что целями такого моделирования была проверка способности ИАСК справиться с объемом обрабатываемых данных, в имитаторы датчиков были внесены изменения, в части возможности работы с виртуальными СОМ портами, что позволило расширить сценарии использования модели. В последствии данное дополнение позволило использовать полученную модель при обучении эксплуатирующего персонала ЧАЭС.

По итогам, можно отметить, что в результате выполненного моделирования:

- на этапе проектирования системы, была выявлена неспособность к выполнению функций архивирования данных в аварийных и специальных режимах работы ИАСК, с помощью изначально выбранной Подрядчиком СУБД. По совокупности прочих выявленных проблем и вышеназванного несоответствия была осуществлена частичная замена оборудования на более надежное и выполнено полное перепроектирование архитектуры ПО ИАСК.
- на этапе изготовления были выявлены ряд схемотехнических и программных дефектов УСО, вызывавших, в том числе отказ функции аварийной сигнализации. А так же обнаружены программные ошибки обработки сигналов от датчиков, включая функции диагностирования датчиков на наличие отказов.
- в контексте контракта, был компенсирован главный недостаток каскадной модели, еще до этапа поставки оборудования на площадку, персонал Заказчика ознакомился с ИАСК, получил навыки работы с системой, выявил ряд дефектов ПО УСД, в первую очередь связанных с ЧМИ.
- разработанные программно-технические модели датчиков нашли применение в качестве имитаторов на этапе пуска-наладки и последующей эксплуатации ИАСК.
- в последующем, построенная модель ИАСК была использована при реализации проекта интеграции системы ИАСК и ИБДУ, что позволило существенно снизить риски реализации данного проекта.

В настоящее время система ИАСК получила положительное заключение госкомитета ядерного регулирования Украины и находится в опытно-промышленной эксплуатации на Чернобыльской АЭС.

## **Литература**

1. НП 306.1.2/1.007-98 «Заявление о политике регулирования ядерной и радиационной безопасности объекта «Укрытие» ОП ЧАЭС»
2. НРБУ-97/Д-2000 Норми радіаційної безпеки України, доповнення: Радіаційний захист від джерел потенційного опромінення.
3. ТР-№3/01-ОУ Техническое решение №3/01-ОУ «О разработке интегрированной автоматизированной системы контроля объекта «Укрытие»
4. NUTECO-03-DBP-001. IAMS. Design Bases.
5. NUTECO-03-CDP-001. IAMS. Conceptual Design.
6. Роберт Т. Фатрелл, Дональд Ф. Шафер, Линда И. Шафер, Управление программными проектами: достижение оптимального качества при минимуме затрат. : Пер. с англ. - М: Издательский дом "Вильямс", 2003. - 1136 стр., с ил. // Robert T. Futrell, Donald F. Shafer, Linda Isabell Shafer. Quality Software Project Management.

**ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКОЛОГІЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ:  
ІНТЕГРОВАНЕ УПРАВЛІННЯ ЧИ КОНТРОЛЬ ЗА  
ДОТРИМАННЯМ СТАНДАРТІВ**

А. О. Демиденко

*Інститут проблем математичних машин та систем НАНУ, Україна*

Десять років тому ОЕСР, проводячи оцінку, зокрема в Україні, ефективності екологічного управління після Київської конференції міністрів, вказала на головну проблему управління [1]:

«Міністерства охорони окружающей среды, как правило, считают себя «контролирующими» органами, обеспечивающими соблюдение природоохранных требований, а не «управляющими» природными ресурсами во благо общества»

Власне в Україні всі 20 років точилася ця «цивілізаційна», в сенсі «Зіткнення цивілізацій» Семюела Гентінгтона, боротьба навколо того, чим Міністерство охорони навколишнього середовища має займатися – контролем (дотримання стандартів) чи управлінням природними ресурсами. Проте хоча ця боротьба не залишила каменя на камені від споруди міністерства, фактично все це виливалося лише в зміни назви. Функції лишалися ті самі – контроль дотримання стандартів, а не управління природними ресурсами на благо суспільства.

Дискусія щодо того, в чому суть екологічного управління точиться від часів прийняття Закону України про охорону навколишнього природного середовища і створення відповідного міністерства. В ті часи панувала думка, що «основа екологічного управління є контроль відхилень від гранично допустимих нормативів забруднень навколишнього природного середовища... Екологічне управління використовує базові стандарти, додержання яких забезпечує високий рівень ефективності». Це цитата з підручника [2] для студентів екологічних спеціальностей вишів. Тобто теза полягає в тому, що основа управління - це контроль відхилень від окремих стандартів.

Для порівняння ми виходимо з наступного визначення інтегровано-го управління водними ресурсами (ІУВР): ІУВР – це координація дій по досягненню пакету спільних цілей розвитку та обслуговування (підтримки) водних ресурсів. Мається на увазі цілей, спільних для всіх – від менеджерів до користувачів, від місцевих до глобальних екосистем. Порівняйте з досі чинною у нас мантрою радянського водного менеджменту – раціональним використанням водних ресурсів, що є просто «задоволення потреб всіх секторів при дотриманні законодавства».

На наш погляд головним критерієм при виборі того, що краще, має бути ефективність. Що краще дозволяє поліпшити якість довкілля –

управління чи контроль? На це й треба орієнтуватися. Проте при такому підході контроль програє управлінню по ефективності майже по всіх напрямках, так само, як командно-адміністративна система програє вільному ринкові. А може в цьому і криється причина неефективності екологічного менеджменту? В статті ця теза проілюстрована на декількох прикладах вітчизняного та міжнародного менеджменту [3, 4, 5] - управління якістю водних ресурсів, наслідки урагану Катріна в США, Рамкова Водна Директива та Протипаводкова Директива Європейського Союзу, вразливість до змін клімату, Директива Європейського Союзу про Стратегічну екологічну оцінку.

Головною причиною більшої ефективності інтегрованого підходу є те, що він дає можливість перейти від планування та оцінки на основі критеріїв, бінарних функцій (відповідає-не відповідає окремому стандарту) до планування з використанням неперервних функцій (чи далеко і, головне, як далеко до цілі), до планування, що базується на оцінці ризиків, головним з яких є тепер ризик недосягнення поставлених цілей. Дієвим інструментом при цьому стає моделювання, наприклад, розрахунок очікуваних та досягнутих впливів внаслідок виконання того чи іншого заходу, що допомагає політикам домогтися сприйняття суспільством їхніх пропозицій. Особи, які приймають рішення, можуть тепер також скористатися іншою можливістю – розробкою/моделюванням сценаріїв для оптимального відбору заходів для поліпшення, наприклад, якості води в басейні річки або зменшення ризиків повені чи посухи. Інтеграція і тестування альтернативних стратегій управління, а також оцінки їх загальної доцільності і сприйняття, є важливими кроками в переході до заснованого на оцінці ризику управління. Сценарний аналіз у водному менеджменті потребує прогнозної моделі, яка повинна відображати процес і, таким чином, як правило, пов'язана з гідрологічними моделями, що прогнозують динаміку поверхневих вод в залежності від заходів з управління водними системами.

Зрозуміло, що «радянський» підхід не потребує всіх цих заснованих на ризиках підходів, просто тому, що етап визначення цілей (і їх показників) в українському плануванні відсутній, бо плануються відразу заходи, і, в кращому випадку, очікувані результати. Зрозуміло що це значно «полегшує» роботу по відборі заходів. Не треба доводити, що саме ця комбінація заходів є найефективнішим шляхом вирішення проблеми і тому часто менеджери вибирають заходи вирішення проблем самого менеджменту, а не проблем суспільства. З відомими всім нам наслідками, зокрема й підвищеною вразливістю внаслідок неефективності такого менеджменту. Я не хочу сказати, що в Європі чи США це тепер неможливо, але з переходом до інтегрованого управління ці країни заклали деякі запобіжники. І головним з них є саме вимога про-



понувати лише ті заходи, що спрямовані на вирішення визначених консенсусом спільних проблем. І вимога доводити це суспільству. А потім відповідати за досягнення цілей, а не за те, що не «дочекались результатів».

Таким чином, можна констатувати, що у справі «цивілізаційного» вибору між «східним» контролем і «західним» інтегрованим управлінням у сфері екологічного менеджменту ще лишається багато роботи, як для українських інституцій, так і для численних проектів допомоги у переході до європейських методів управління.

Дана робота виконана в рамках гранту CRDF UKG2-2971-KV-09 «Формування і оцінка заходів з адаптації водних ресурсів до невизначеностей у змінах клімату в Карпатському регіоні».

### **Література**

1. Управление природоохранной деятельностью в странах ВЕКЦА. ОЭСР, 2005. - 100 с.
2. Екологічне управління: Підручник / В.Я. Шевчук, Ю.М. Саталкін, Г.Я. Білявський та ін.. – К.: Либідь, 2004. 432 с.
- 3 The Evolution of Water Resource Planning and Decision Making/ Edited by Clifford S. Russell and Duane D. Baumann, in Association with the Institute for Water Resources // Edward Elgar Publishing, 2009. – 299 pp..
4. Convergence with EU environmental legislation in Eastern Europe, Caucasus and Central Asia: a Guide / European Commission - Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2003. — 124pp.
5. Adapting to Climate Change in Europe and Central Asia. World Bank, 2009. – 116 pp.

УДК 532.59

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЛН В ЗОНЕ ПРИРОДНЫХ И ИСКУССТВЕННЫХ БЕРЕГОЗАЩИТНЫХ СООРУЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ МОДЕЛИ SWASH**

Р.И. Демченко, М.Сорокин

*Институт проблем математических машин и систем НАНУ, Украина*

Модель SWASH является кодом открытого доступа, которая может быть использована для прогнозирования трансформации поверхностных волн и резко изменяющегося потока мелкой воды при наводнении в результате разрушения дамбы и наката цунами в зонах приобоя и заплеска. Модель SWASH (v.1.10A) есть нелинейная, осредненная по глубине, негидростатическая модель, описание и тестирование которой на лабораторных данных представлено в статье [1]. Кроме того, наряду с моделями типа Буссинеска, модель SWASH может описывать генерирование и распространение инфрагравитационных (ИГ)-волн.

В настоящей работе проведено сравнение лабораторных данных эксперимента [2] (Рис.1) и численными значениями энергетической плотности спектра частот, полученными с помощью уравнения типа Буссинеска и механизма обрушения навесного типа [2], с численными результатами модели SWASH [1].

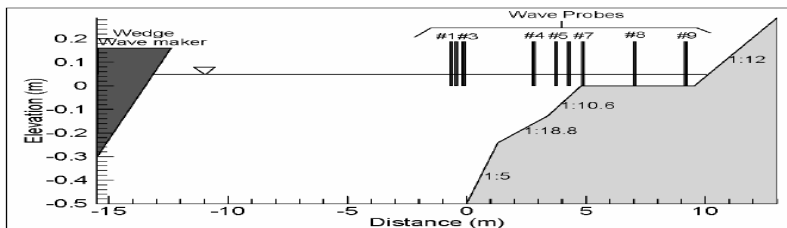


Рис.1. Схема лабораторного эксперимента двумерного рифа (масштаб 1:80) для моделирования ветровых волн в лотке Университета шт. Мичиган США [2]

Для сравнения результатов уравнения типа Буссинеска и модели SWASH был выбран Тест-29 [2] с параметрами  $H_s = 0.071\text{м}$ ,  $T_p = 1.5$  сек, и  $hr = 0.016\text{м}$ , где  $H_s$  – значимая высота,  $T_p$  – пиковый период,  $hr$  – глубина отмели рифа. Сравнение численных результатов моделирования и измеренных значений приведено на Рис. 2 для отметок #3, #6, #8 и #9 соответственно (Рис.1).

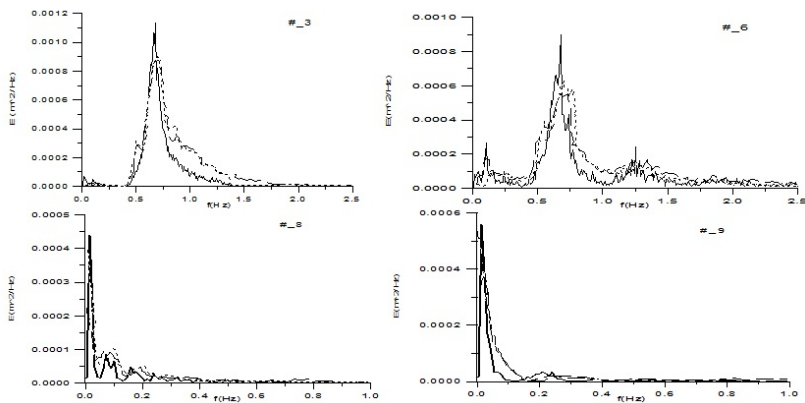


Рис. 2. Сравнение численных и экспериментальных данных. Сплошная и пунктирная кривые – SWASH модель и модель типа Буссинеска соответственно, штрих-пунктирная кривая – измеренные данные [2], Тест 29

Система берег-риф считается природной берегозащитной акваторией с периодами естественной осцилляции [2]

$$T_n = \frac{4l_r}{(2n-1)\sqrt{gh_r}}, \text{ где } l_r - \text{ ширина рифа.}$$

Отметки 8 и 9, расположенные посередине и в конце плоской поверхности рифа, имеют пиковую частоту, приблизительно равную  $0.021\text{Hz}$ , что соответствует первой моде ( $n = 1$ ) колебаний рифа с волновой длиной, равной  $4l_r$  ( $T_1 \approx 47.6 \text{ сек}$ ). Захваченные волны с таким периодом могут резонансно усиливаться в области береговой линии относительно волновой энергии для переменной глубины рифа.

В настоящей работе эксперимент [3], проведенный в лотке Волновой Исследовательской Лаборатории Университета шт. Орегон (США), был выбран для тестирования рассчитанных моделью SWASH гидродинамических нагрузок на вертикальную стенку, полученных в результате воздействия волны цунами, и проходящих фазы изменения от импульсной до квази - постоянной при трансформации волны в форму бора. При этом стенка перемещалась на разные расстояния вглубь берега (Рис.3).

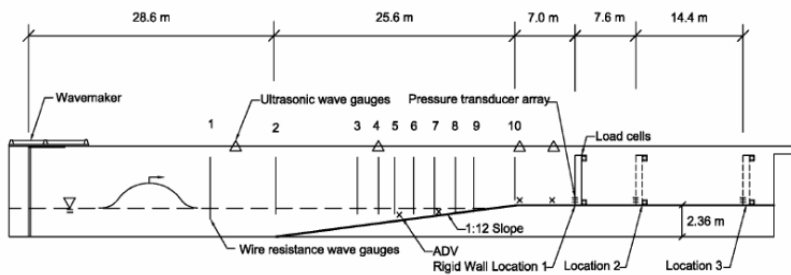


Рис. 3. Схема лабораторного эксперимента [3]

В эксперименте [3] вертикальная стенка рассматривается как жесткая, высоты  $2.14\text{м}$ . Ширина стенки совпадает с шириной лотка.

Вертикальная стенка снабжена вмонтированными датчиками давления, расположенными на высоте  $0.22\text{ м}$ ,  $0.51\text{ м}$  и  $0.92\text{ м}$  от подножия стенки. Сравнение численных результатов, полученных с помощью модели SWASH, и экспериментальных данных представлено на Рис.4 для генерируемой в лотке одиночной волны высоты  $H=1.2\text{ м}$ , соответствующей измеренной во втором волновом створе высоте  $H2= 1.07\text{ м}$ . На границе расчетной области, совпадающей с фронтальной частью вертикальной стенки, ставилось условие нулевого расхода воды, предполагая отсутствие переката воды через стенку.

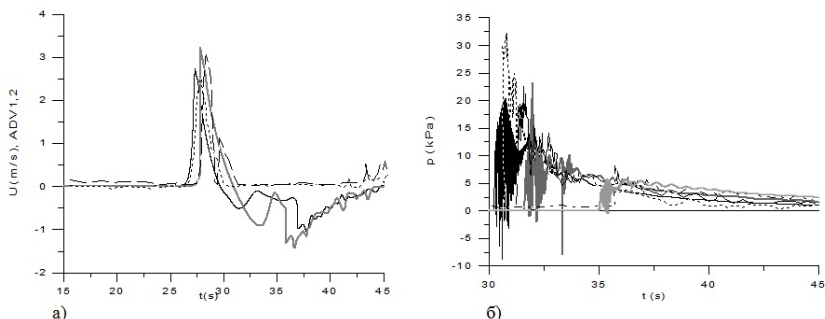


Рис. 4. Сравнение результатов, рассчитанных моделью SWASH (сплошные кривые), и экспериментальных данных [3] (пунктирные кривые)

На Рис.4 а) представлено сравнение скоростей волны с измерениями акустических датчиков ADV\_1,2. На Рис.4 б) - сравнение распределения давления по времени на дне у подножия стенки с измеренными данными датчика давления, расположенного на высоте 0.22м. Черная, темно-серая и светло-серая кривые соответствуют расстояниям стенки  $x = 7\text{м}$ ,  $14.6\text{м}$  и  $29\text{м}$  от выхода уклона на плоскую поверхность берега.

### Литература

1. Zijlema, M., Stelling, G.S. and Smit P. SWASH: An operational public domain code for simulating wave fields and rapidly varied flows in coastal waters. *Coastal Engineering*, 58: 992-1012, 2011.
2. Demirbilek Z. and Okey G. Nwogu December 2007. Boussinesq Modeling of Wave Propagation and Runup over Fringing Coral Reefs, Model Evaluation Report. Us Army corps of engineers.
3. Oshnack M. An Analysis of Wave Forces on Prototype Walls under Tsunami Loading Thesis, Oregon State University, 2010

УДК 532.59

## ВОЛНОВЫЕ НАГРУЗКИ ЦУНАМИ В ПРИБРЕЖНОЙ И БЕРЕГОВОЙ ЗОНАХ СООРУЖЕНИЙ

Р.И. Демченко, П.С. Коломиец

*Институт проблем математических машин и систем НАНУ, Украина*

В статье [1] представлены результаты исследования, связанные с оценкой волновой нагрузки на береговые строения. Результаты основаны на физическом моделировании в масштабе (1/25) воздействия цунами на береговые сооружения. Волна цунами создавалась в волновом лотке с помощью бросания в воду прямоугольного блока массой 100кг в самом глубоком конце лотка. Высота образованной волны со-

ставляла  $0.1\text{ м}$ . Батиметрия эксперимента с уклоном дна  $15\text{град}$  представлена на Рис.1 а).

В полумпирических формулах FEMA, 2003, Okada et al., 2004) [1], [2] волновая нагрузка цунами, учитывающая статическую и динамическую составляющие, рассматривается как эквивалентная гидростатической нагрузке, пропорциональной глубине затопления, умноженной на некоторый экспериментально определенный скалярный коэффициент. Однако, при применении этих оценочных формул следует учитывать трехмерную природу строения, а также возможное перекачивание воды через его верх.

В настоящей работе, пренебрегая конечной шириной контрольного строения (Рис. 1б)), и предполагая одновременное перетекание воды по всей его ширине, рассмотрим с помощью модели SWASH [3] трансформацию одиночной волны, распространяющейся в виде бора в зоне затопления сооружения.

Модель SWASH с кодом открытого доступа, представляющая нелинейные уравнения мелкой воды, включающие негидростатическое распределение давления, и являющаяся основой для описания быстро изменяющегося потока воды в зоне затопления берега, вызванного разрушением дамбы или цунами, а также трансформации волн как в прибойной зоне, так и в зоне заплеска, благодаря нелинейному взаимодействию волн и их обрушению [3]. Для численной реализации модели SWASH код использует явную, второго порядка точности аппроксимацию конечными разностями на разнесенных сетках, а также алгоритм смачивания-осушения которые позволяют отслеживать реальное начало волнового обрушения и обеспечивают обрушившимся волнам распространение в форме устойчивого бора [3].

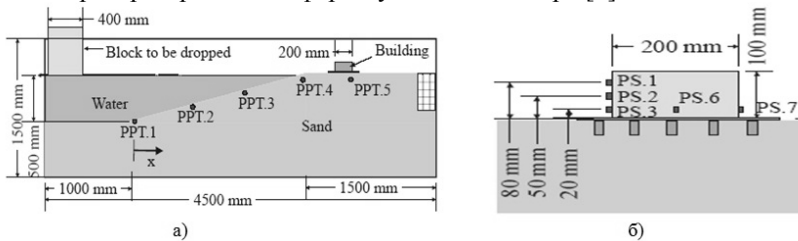


Рис. 1. а) Схема экспериментального лотка. PPT – датчики давления, помещенные вблизи поверхности грунта; б) Контрольное строение. PS.1 - PS.7 – сенсорные датчики давления, вмонтированные в поверхность этого строения

Для численного моделирования на входной границе было задано изменение по времени возвышения свободной поверхности в форме солитона с высотой  $0.1\text{ м}$ , а на выходной границе задавалось условие излучения.

Сравнение численных результатов для донного давления и измеренных данных датчиков PPT при условии отсутствия береговой конструкции показано на Рис. 2 а).

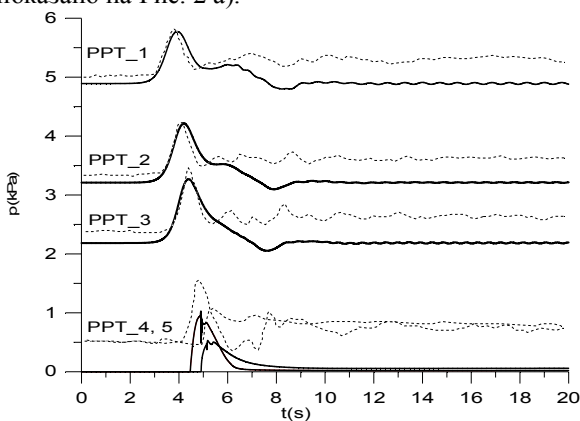


Рис. 2 а. Сравнение численных результатов для давления на дне и данных PPT

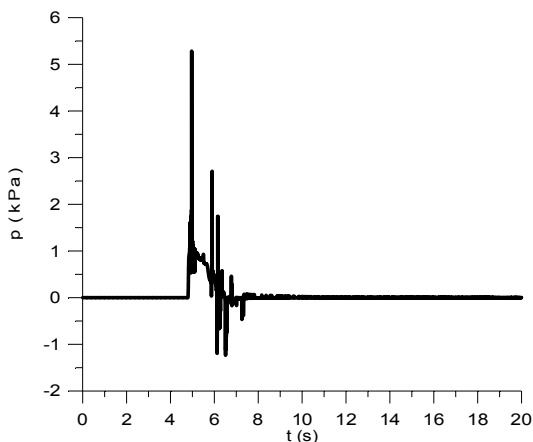


Рис. 2 б. Давление в точке подножия контрольного сооружения

Отметим, что относительные уровни для давления (Рис. 2 а) сдвинуты, т.к. датчики PPT находятся на некоторой (не определенной в [1]) глубине грунта (Рис.1а). При этом максимальные значения давления практически совпадают с учетом этого сдвига.

Численное значение максимальной величины импульсного давления в точке подножия контрольного сооружения (Рис.2 б)) равно приблизительно  $5.5 \text{ kPa}$ , что эквивалентно  $5.5$  гидростатического давления для глубины затопления ( $0.1 \text{ м}$ ) в масштабе эксперимента и согласуется

с областью максимального давления для данных PS датчиков контрольного сооружения [1].

На Рис.3 показана трансформация по времени уровня волновой поверхности одиночной волны (светло-серая кривая) и среднее изменение возмущения уровня воды, вызванное волновым движением (черная кривая) в прибрежной зоне и зоне затопления контрольного сооружения. При этом коэффициент Маннинга  $C_f = 0.019$ , центральная линия сооружения находится на расстоянии  $0.5\text{ м}$  от начала плоской поверхности берега.

Применимость эмпирических формул Okada et al, 2004, FEMA, 2003 [1], [2] может быть оценена в дальнейших работах, включающих моделирование глубины и скорости распространения волны цунами в зоне затопления с помощью их численного моделирования в двумерном случае, учитывая конечные размеры береговых сооружений.

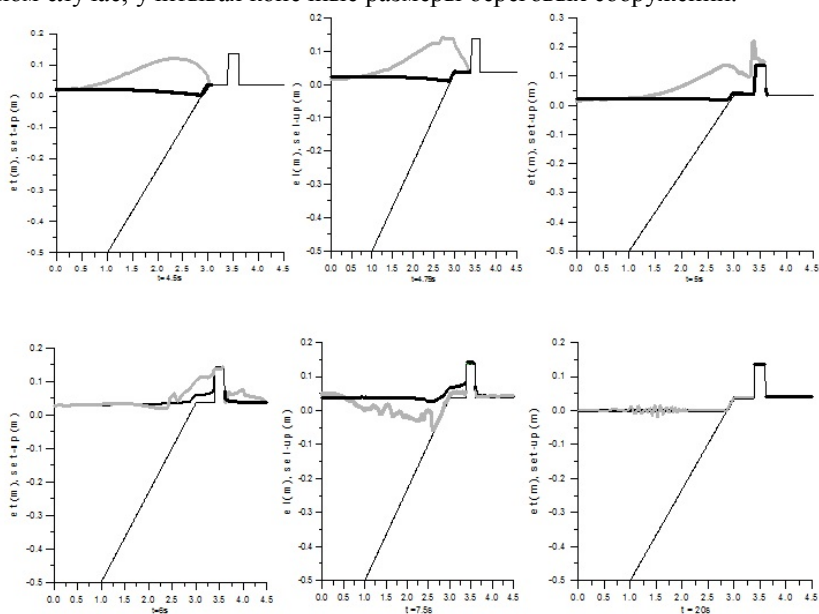


Рис. 3. Накат одиночной волны высоты  $H = 0.1\text{ м}$  для моментов времени  $t = 4.5, 4.75, 5, 6, 7.5$  и  $20$  сек

## Литература

1. Thusyanthan, N.I., Modoni, A., Hakin, R. and Madabhushi, S.P.G. Model study of tsunami wave loading on coastal structures. 2008. *University of Cambridge, Cambridge, United Kingdom*
2. Fujima K.. Necessity of advanced tsunami damage index. Proceedings of the Sixth International Workshop on Coastal Disaster Prevention. 2009, Thailand

3. Zijlema, M., Stelling, G.S. and Smit P. SWASH: An operational public domain code for simulating wave fields and rapidly varied flows in coastal waters. *Coastal Engineering*, 58: 992-1012, 2011.

УДК 004.94:532.59

## **МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ РЕГІОНАЛЬНИХ ЗМІН КЛІМАТУ НА ЕРОЗІЮ БЕРЕГІВ ЗАХІДНОГО КРИМУ**

П.В.Дикий, М.Й.Железняк, П.С. Коломієць, С.Л. Ківва, М.В. Сорокін  
*Інститут проблем математичних машин і систем, Україна*

Регіональні зміни клімату, які проходять під впливом глобальних кліматичних змін потребують розробку стратегій адаптації до наслідків таких змін в різних галузях екологічного менеджменту країни. Однією з галузей, яка може вимагати адаптаційних заходів, є управління морськими прибережними зонами, в яких динаміка процесів ерозії дна і берегів може змінитися під впливом змін клімату. Сучасні методології прогнозування таких змін засновуються на використанні прогностичних метеорологічних сценаріїв IPCC для XXI сторіччя як вхідних даних в комплексні моделі хвиль, течій, транспорту наносів в прибережній зоні моря та обумовлених цими процесами динаміки дна і берегів прибережної зони. Двовимірною моделлю ПММС НАН України переформування берегів під впливом хвиль та течій COASTOX-MORPHO [1] об'єднує моделі гідродинамічних ( хвилі, течії, що генеруються вітровими хвилями, припливами та вітром) та літодинамічних процесів. Модель, чисельно реалізована на прямокутних, та потім на неструктурованих сітках [2]. До переваг COASTOX-MORPHO перед відповідними західними обчислювальними програмами двовимірної гідролітодинаміки прибережної зони слід віднести стійкі алгоритми чисельного моделювання на неструктурованих сітках, що особливо важливо для розрахунків зон затоплення осушення. Також важливим в COASTOX є розпаралелювання обчислювальних алгоритмів, що дозволяє різко прискорити розрахунки, проводячи їх як на високопродуктивних багатопроекторних кластерних системах так і на багатопроекторних (багатоядерних) персональних комп'ютерах

При моделюванні берегової ерозії сучасними програмними пакетами виділяються наступні основні етапи:

- 1) Розрахунок кліматичних характеристик вітрового хвилювання в заданих точках на підході до досліджуваного об'єкта (порт, ділянка узбережжя) на основі спектральних моделей вітрового хвилювання по полях вітру над морем за багаторічний (30-50 років) період
- 2) Розрахунок хвильового режиму прибережної зони або огороженої морської акваторії на основі рівнянь пологих схилів - mild slope



equations (в еліптичному, параболічному або гіперболічному наближенні) або нелінійно дисперсійних рівнянь типу Буссінеска

3) Розрахунок прибережних течій, що генеруються при спільному впливі вітру, хвиль і морських припливів з урахуванням можливого зворотного впливу течій на трансформацію хвиль

4) Розрахунок транспорту наносів в прибережній зоні і переформування дна і берегів

Впровадження такої сучасної технології для прогнозування довгострокової ерозії берегів Чорного моря біля м Євпаторія (Рис 1-А) проводилось на основі моделі COASTOX-MORPHO в рамках програми наукових робіт Агентства екологічних інвестицій України разом с Морським гідрофізичним інститутом НАН України (МГІ). МГІ представив супутникові знімки та дані інструментальних вимірів ерозії берегів в цьому регіоні, що дозволило тестувати дані розрахунків.

В якості вхідних вітрових полів для розрахунку хвиль у Чорному морі використовувались поля вітру попереднього періоду ( хіндкастінг) 1979-2008 років з японської моделі –JRA, для періоду 2001-2100 – середньодобовий вітер для розрахований глобальною кліматичною моделлю GFDL для сценарію A2 IPCC.

Розрахунок хвильових полів проводився спектральною моделлю SWAN в чотири етапи. На першому етапі обраховувалась акваторія всього Чорного моря для 30-ти (1979-2008) та двох 50-ти (2001-2050, 2051-2100) річних періодів на грубій прямокутній сітці з розміром комірки в 3хв. і кількістю точок 288x117 з кроком по часу в 2 години. Результати зберігались в декількох точках навпроти західного узбережжя Криму. Метою даного розрахунку було провести статистичну обробку висот хвиль та вибрати ряд самих сильних штормів за різні періоди, по яким в подальшому будуть проводитись обчислення на більш детальних сітках. Вибір дат екстремальних штормів проводився за результатами для висот хвиль та їх напрямків в точці з координатами 45.0375° північної широти (ПШ) і 33.121° східної довготи (СД). розташованій в морі на віддалі приблизно 15 км від селища Заозерне. Також на першому етапі результати розрахунків порівнювались із натурними вимірами за 1998 та 1999 роки на платформі в точці 45.708° ПШ, 31.875° СД, які продемонстрували добре співпадіння результатів розрахунків з вимірами.

Для результатів в вказаній вище точці акваторії біля узбережжя Євпаторії (15км від Заозерного) був проведений статистичний аналіз режимних характеристик хвиль по кожному з восьми основних напрямків підходу фронту хвиль. Для періоду хіндкастінгу і двох прогностичних побудовані функції розподілу висот хвиль з апроксимацією по формулі Вейбула. Параметри функцій розподілу знаходились базуючись на значеннях річних максимумів (так званий AMS підхід). За фу-

нкціями розподілу були розраховані величини висот хвиль рідкої повторюваності – можливих раз в 50, 100, 1000 років. За кожний період були побудовані діаграми роз хвиль та вітрів. Порівняння роз вітрів і хвиль для різних періодів демонструє що у майбутньому кліматі дещо підсилюються південно -західні вітри, що за розрахунками може призвести до зниження доли хвиль західного напрямку і підвищення доли хвиль південно -західного напрямку, які призводять до й найбільш високих штормових хвиль у регіоні

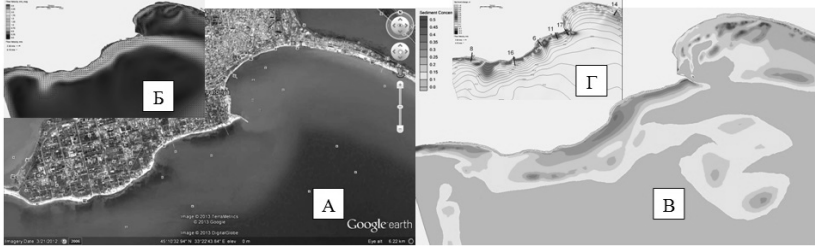
На другому етапі розрахунків моделлю SWAN обчислювались хвильові поля для вибраних штормових періодів для акваторії Чорного моря на більш густій сітці – 1,5хв з кількістю вузлів сітки 575x257. На наступному 3-му етапі відбувався перехід до густішої в 5 раз, але меншої за розмірами, сітки, що покривала частину західного узбережжя Криму. Далі, на четвертому етапі, на основі граничних умов збережених на 3-му етапі, відбувався перехід до неструктурованої детальної сітки узбережжя Євпаторії. Результати цих розрахунків(значення висот, напрямків, періодів хвиль і радіаційні хвильові напруження) передавались далі для обчислення швидкості течій і транспорту наносів.

Для моделювання полів течій, що генеруються хвилями у прибережній зоні, використовувалась найбільш деталізована розрахункова карта глибин і сітка 4-ї прибережної зони моделювання. В усіх відібраних екстремальних штормах хвилі надходили до узбережжя Євпаторії з південно -західного напрямку і при цьому формувалась типова циркуляція течій, що генеруються хвилями з від західної частини міста до портового молу, з послідуочим відхиленням цієї течіє від молу на схід , чи південний схід (Рис 1-Б). При цьому у східній частині міста від Сасик-Сивашського пересипу до порту спостерігається більш складна циркуляція, - в залежності від невеликих змін у кутах підходу хвиль формуються вихрі, що можуть забезпечувати прибережні вздожберегової течії в обох напрямках- західному і східному.

Використання результатів розрахунків хвильових течій в хвильових параметрів у прибережній зоні дозволило провести розрахунки концентрації наносів у прибережній зоні (Рис 1-В), - обчислити характеристики потоку наносів у кожному вузлі розрахункової сітки, що дозволило потім розраховувати переформування дна і берегів (Рис 1-Г).

Порівняння результатів моделювання з даними інструментальних вимірів і супутникових знімків 2008-2009 років [3] показало співпадіння у більшості випадків розташування розрахованих і вимірних зон берегової ерозії і розмиву. На основі модельованих полів хвильових течій і потоків наносів розрахована направленості та інтенсивності ерозійних процесів у береговій зоні м. Євпаторія в періоди 2001-2050 і 2050-2099. Головний висновок, що можна зробити на основі

аналізу отриманих результатів - у ХХІ сторіччі розподіл зон намиву і ерозії на узбережжі м Євпаторія принципово не зміниться. Деяке підсилення інтенсивності намивів в тих зонах, де вони йдуть зараз не має критичних значень і знаходиться в діапазоні невизначеності такого сценарного моделювання змін клімату.



*Рис. 1 Спутниковий знімок морського узбережжя біля м. Євпаторія (А), розраховане поле штурмових течій (Б), поле концентрації взвешених наносів (В), і зон розмивів-намивів в період хіндкастінгу 1979-2008 років (Г)*

Важливим наслідком дослідження для адаптації до змін клімату є можливість проведення аналогічних розрахунків для аналізу спільного впливу інженерного втручання в берегову зону Чорного моря і кліматичних факторів на основі технології моделювання, ефективність якої продемонстровано на прикладі узбережжя м. Євпаторія.

## Література

1. Демченко Р.И., Железняк М.И., Кивва С.Л., Коломиец П.С.// Численная модель волн, течений и перестроения берегов прибрежной зоны моря// Сб. трудов конф. «Моделирование – 2006», Институт проблем моделирования в энергетике НАН Украины, . Киев, стр. 197 – 201.
2. Коломиець П.С., Кивва С.Л., Железняк М.Й. “Двовимірна модель мілкої води на неструктурованих сітках” // Тези конференції Математичне та імітаційне моделювання систем МОДС ‘2008, ПММС, Київ, 2008. – С. 48-51.
3. Горячкин Ю.Н., В. В. Долотов. Изменения береговой линии аккумулятивных берегов Западного Крыма // Экологична безпека прибережної та шельфової зон та комплексне використання ресурсів шельфу: . — Севастополь, 2011. - Вип. 25, т. 1. - С. 8-18

## ТЕХНОЛОГІЯ ПОСТПРОГНОЗУВАННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ НЕБЕЗПЕЧНОЇ ХІМІЧНОЇ РЕЧОВИНИ ВПІСЛЯАВАРІЙНИЙ ПЕРІОД

<sup>1</sup>О.М. Землянський, <sup>2</sup>В.Є. Снитюк

<sup>1</sup>Академія пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля, Україна

<sup>2</sup>Черкаський державний технологічний університет, Україна

Останні десятиліття у світі відзначені рядом хімічних аварій з людськими жертвами, значними матеріальними збитками і екологічними втратами. Проблема хімічної безпеки особливо гостро присутня і в Україні, де хімічна промисловість поряд з металургійним виробництвом, енергетикою й сільським господарством займає провідне місце в структурі господарювання. Тисячі небезпечних хімічних об'єктів продовжують функціонувати із зношеними основними фондами, зазнаючи впливу інших, у т.ч. і випадкових факторів, що становлять небезпеку для людини і його середовища проживання.

Внаслідок різних причин відразу після аварії важко, а іноді й неможливо визначити значення, що характеризують її параметри. Тому велика ймовірність помилки визначення концентрації небезпечних хімічних речовин (НХР), виходячи з результатів обчислень із використанням моделі (навченої мережі ANFIS), де вихідні дані є не точними, а передбачуваними. Тоді, в деякій точці  $A(x, y, t)$  фахівці здійснюють вимір рівня концентрації небезпечної речовини. Якщо  $|C_{\text{вим}} - C_{\text{мод}}| < \varepsilon$ , де  $C_{\text{вим}}$  – виміряне значення,  $C_{\text{мод}}$  – ідентифіковане значення,  $\varepsilon$  – додатне задане число, то модель досить точно відображає реальний розподіл концентрації НХР. У випадку, якщо таке відхилення перевищує  $\varepsilon$  і вимір здійснений точно, можна зробити висновок про неточність припущених значень одного або більш вихідних параметрів аварії.

Для уточнення значень параметрів будемо використовувати такі евристики:

1. Значення концентрації НХР і зона зараження при зміні температури на невелике значення  $T \pm \Delta T$  суттєво не зміняться ( $\Delta T \in (0, 5)$ , °C).

2. Зменшення швидкості вітру призводить до збільшення концентрації НХР у точці вимірювання й збільшенню зони зараження.

Припустимо, що вимірюване значення  $C_{\text{вим}}$  значне відрізняється від значення  $C_{\text{мод}}$ , отриманого з використанням моделі. Оскільки однозначний висновок за одним значенням зробити неможливо внаслідок

док декількох причин, необхідно проводити додаткове дослідження. Приведемо його основні кроки. Припустимо, що існує можливість провести одночасно два вимірювання в різні моменти часу в одній точці. Результати вимірювань позначимо  $C_{вим}^1$  і  $C_{вим}^2$ , для зазначених точок відповідні ідентифіковані з використанням моделі значення –  $C_{мод}^1$  і  $C_{мод}^2$ .

Якщо  $|C_{вим}^1 - C_{вим}^2| = |C_{мод}^1 - C_{мод}^2|$ , то це буде свідчити про постійну величину вимірюваних і змодельованих приростів концентрації. Отже, неправильним є припущення про час аварії. Для визначення напрямку його корекції використаємо продукційні правила.

Навчена нечітка нейромережа є моделлю, за допомогою якої можна визначити концентрацію НХР у будь-якій точці області зараження, знаючи вихідні параметри аварії. Оскільки відповідні вихідні дані для її навчання отримані шляхом експертних висновків, то модель, найчастіше, містить помилки. У випадку аварії в зону зараження виїжджають фахівці й проводять виміри концентрації НХР як мінімум два рази в одній точці ( $C_{вим}^1$  і  $C_{вим}^2$ ) через деякий інтервал часу. Така вимога обумовлена пропонуваним методом і тим, що прилади - газоаналізатори характеризуються деякою інерційністю. Отримані результати носять характер контрольної вибірки. Якщо має місце розбіжність між значеннями, вимірюваними й отриманими за допомогою моделі ( $C_{мод}^1$  і  $C_{мод}^2$ ), то за допомогою продукційних правил установлюємо параметр, значення якого необхідно скоригувати. Для цього фіксуємо дані експерименту крім значення зазначеного параметра й, коригуючи його, домагаємося максимального збігу «модельного» і експериментального значення концентрації.

## Література

1. Згуровский М.З. Системный анализ. Проблемы, методология, приложения / М. З. Згуровский, Н.Д.Панкратова. – К.: Наук. думка, 2005. – 743 с.
2. Jang J.-S. R.ANFIS: Adaptive-Network-based Fuzzy Inference Systems / J.-S.R. Jang // IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics. – 1993. – Vol. 23. – P. 665-685.
3. Зайченко Ю.П. Основи проектування інтелектуальних систем / Ю. П. Зайченко. – К.: Видавничий Дім "Слово", 2004. – 352 с.
4. Holland J.H. Adaptation in natural and artificial systems. An introductory analysis with application to biology, control and artificial intelligence / J. H. Holland. – London: Bradford book edition, 1994. – 211 p.
5. Снитюк В.Є. Спрямована оптимізація і особливості еволюційної генерації потенційних розв'язків / В.Є. Снитюк // Матеріали V Міжн. школи-семінару «Теорія прийняття рішень», Ужгород (1-6 жовтня 2012). – С. 182-183.

**МОДЕЛЮВАННЯ ДОВГОСТРОКОВОЇ ДИНАМІКИ  
РОЗПОВСЮДЖЕННЯ РАДІОНУКЛІДІВ У МОРЬСЬКОМУ  
СЕРЕДОВИЩІ ПІСЛЯ АВАРІЇ НА АЕС ФУКУСИМА ТА  
ОЦІНКА ОТРИМАНИХ ДОЗ НАСЕЛЕННЯМ В РЕЗУЛЬТАТІ  
СПОЖИВАННЯ ЗАБРУДНЕНИХ МОРЕПРОДУКТІВ**

<sup>1</sup>Р.В. Беженар, <sup>1</sup>В.С. Мадерич, <sup>2</sup>К.-Т. Jung

<sup>1</sup>*Інститут проблем математичних машин і систем НАН України, Україна*

<sup>2</sup>*Korea Institute of Ocean Science and Technology, Korea*

У зв'язку з аварією на АЕС Фукусіма 11 березня 2011 року виникла необхідність провести оцінку радіаційного впливу від різних джерел радіоактивного забруднення для північно-західної частини Тихого океану і прилеглих морів (Жовтого, Японського і Східно-Китайського). Для оцінки отриманих доз опромінення населенням в результаті споживання забруднених морепродуктів в результаті нормального чи аварійного надходження радіонуклідів з атомних електростанцій в морське середовище необхідно розглядати процеси переносу радіонуклідів у воді, забруднення зважених і донних намулів, засвоєння радіонуклідів морськими організмами та їхнє розповсюдження по ланцюжку живлення. Для довгострокових оцінок найчастіше використовуються камерні моделі [1]-[3]. Практично у всіх камерних моделях для оцінки доз за рахунок споживання морепродуктів використовується концепція концентраційного фактору, який виражає рівноважне відношення концентрації радіонукліду в морському організмі до його концентрації в воді. Проте, у випадку аварійних витоків, які характеризуються швидкою зміною концентрації радіонуклідів у воді і значним просторовим градієнтом концентрації, даний підхід є неефективним, оскільки протягом певного часу система “вода-морські організми” не знаходиться в рівновазі. Тому для таких випадків повинні використовуватись динамічні моделі.

Камерна модель POSEIDON-R [2] була модифікована і адаптована до даного регіону. Особливістю моделі POSEIDON-R є наявність динамічної моделі ланцюжка живлення BURN [4], яка дозволяє описувати засвоєння радіонуклідів морськими організмами в нерівноважних умовах. Кожна з камер в моделі може містити будь-яку кількість шарів води, забезпечуючи, таким чином, тривимірність системи. Також камери містять зважені намули заданої концентрації, які осідають на дно. В моделі вважається, що радіонукліди, адсорбовані зваженими частинками, знаходяться в рівновазі з розчиненими радіонуклідами. Перенос розчинених радіонуклідів між камерами описується процесами адвекції і дифузії. Переміщення осаджених радіонуклідів в дні описується за допомогою трьох-шарової системи, в якій верхній шар взаємодіє з во-

дою, між верхнім і середнім шаром відбувається дифузія радіонуклідів, а все, що потрапило в нижній шар в результаті осідання, вже ніколи не повертається. Структура камер та схема переносу радіонуклідів в моделі POSEIDON-R зображена на рис. 1.

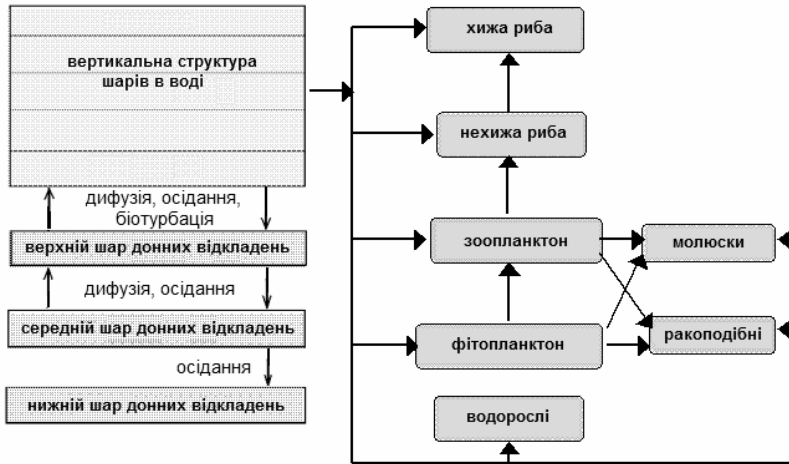


Рис. 1. Схема процесів моделі POSEIDON-R та динамічної моделі ланцюжка живлення BURN

В моделі BURN засвоєння радіонуклідів морськими організмами відбувається безпосередньо з води і в результаті поїдання забрудненої їжі у ланцюжку живлення. Схематично це зображено на рис. 1. Основне рівняння моделі пов'язує концентрацію активності в хижаку  $C_{(pred)}$  з концентрацією в жертві  $C_f$

$$dC_{(pred)} / dt = a K_1 C_f + b K_w C_w(t) - K_{0.5} C_{(pred)}, \quad (1)$$

де  $K_1$  – швидкість споживання їжі,  $a$  – коефіцієнт засвоєння радіонукліду з їжі,  $K_w$  – швидкість споживання води,  $b$  – коефіцієнт засвоєння радіонукліду з води,  $C_w$  – концентрація активності у воді,  $K_{0.5}$  – швидкість виведення радіонукліду з організму, що виражається через біологічний час напівжиття  $K_{0.5} = \ln 2 T_{0.5}^{-1}$ . Формулу (1) можна застосувати у випадку, якщо радіонуклід рівномірно розподіляється по всьому організму (наприклад, цезій). Проте деякі радіонукліди накопичуються в певних органах (стронцій – в кістках, плутоній – в шлунку і т.д.) Тому для основних органів риби в моделі вводяться вагові коефіцієнти, а швидкість виведення радіонукліду з організму виражається через біологічний час напівжиття відповідного органу.

Для моделювання розповсюдження радіонуклідів в морському середовищі після аварії на АЕС Фукусіма розглядалися два джерела

$^{134}\text{Cs}$  і  $^{137}\text{Cs}$ : витік безпосередньо в море в області АЕС (5 ПБк  $^{134}\text{Cs}$  і 4 ПБк  $^{137}\text{Cs}$ ) та випадіння з атмосфери на поверхню моря в камери, розміщені на схід від АЕС (6 ПБк  $^{134}\text{Cs}$  і 5 ПБк  $^{137}\text{Cs}$ ). Результати моделювання концентрації  $^{137}\text{Cs}$  у воді, донних відкладеннях, рибі (хижій і нехижій) та молюсках в 10-кілометровій зоні навколо витоку добре узгоджуються з відповідними вимірами (рис. 2). При цьому динамічна модель BURN дає значно кращі результати в порівнянні з рівноважним підходом. З її допомогою можна передбачити, що концентрація  $^{137}\text{Cs}$  в рибі і молюсках досягне свого попереднього значення в 2015-2017 роках.

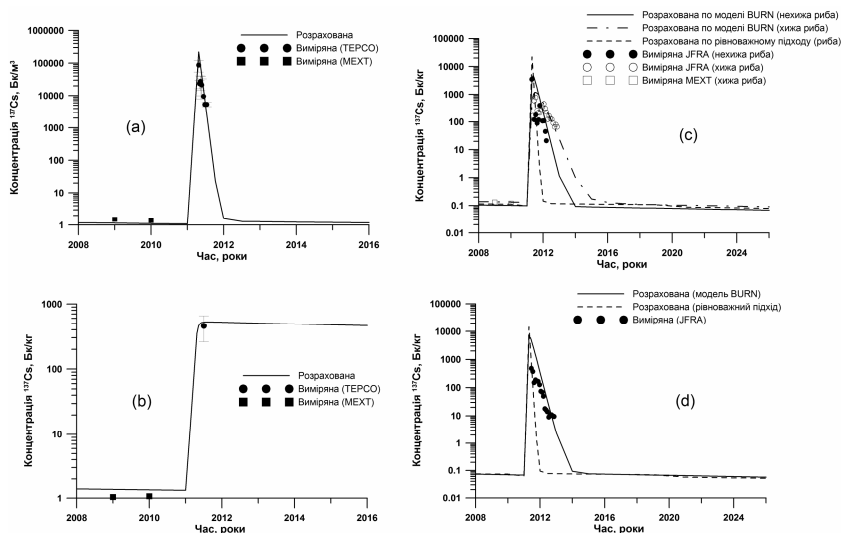


Рис. 2. Порівняння розрахованої та вимірної концентрації  $^{137}\text{Cs}$  у воді (а), донних відкладеннях (б), рибі (с) та молюсках (д)

Розрахунок доз, отриманих населенням в результаті споживання морепродуктів, здійснюється для кожного радіонукліду окремо інтегруванням по часу концентрації активності у всіх спожитих продуктах для всіх камер. Для Японії, Китаю і Південної Кореї були зібрані дані по величині, структурі і географії вилову, які були розподілені по камерам моделі. Розрахунок доз показав, що для Японії колективна доза, отримана в 2011 році склала 14.9 люд-Зв, що приблизно в 3 рази більше, ніж в 2010 році (4.6 люд-Зв) за рахунок фонових концентрацій радіонуклідів в світовому океані. Вплив аварії на колективну дозу буде помітним лише протягом 3 років після аварії, тоді як для інших країн північно-західної частини Тихого океану вплив майже відсутній.



Дане дослідження частково підтримане в рамках проекту EUROATOM (PREPARE), проекту IAEA (MODARIA) та CKJORC (China-Korea Joint Ocean Research Center).

### **Література**

1. Nielsen S.P. A box model for North-East Atlantic coastal waters compared with radioactive tracers // J. Marine Systems, 1995. – 6. – P. 545-560
2. Lepicard S., Heling R., Maderich V. POSEIDON-R/RODOS models for radiological assessment of marine environment after accidental releases: application to coastal areas of the Baltic, Black and North Seas. // J. Environ. Radioactivity, 2004. – 72. – P. 153-161.
3. Smith J.G., Simmonds J.R. (Editors) The methodology for assessing the radiological consequences of routine releases of radionuclides to the environment used in PC-CREAM 08 // HPA-RPD-058 Report. – Didcot: Health Protection Agency, 2009.
4. Heling R., Koziy L., Bulgakov V. On the dynamical uptake model developed for the uptake of radionuclides in marine organisms for the POSEIDON-R model system // Radioprotection, 2002. – 37, C1. – P. 833-838

УДК 517.957

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ПАВОДКИ В БАСЕЙНЕ РЕКИ УЖ**

А.В. Бойко, М.Й. Железняк, С.Л. Кивва, И.В. Ковалец, О.И. Удовенко  
*Институт проблем математических машин и систем НАН Украины, Украина*

Район Украинских Карпат является зоной повышенного риска экстремальных паводков. Для проектирования противопаводковых сооружений - защитных дамб у населенных пунктов, прирусловых водоемов для срезки паводковых пиков необходимо задаваться данными о расходах паводков малой обеспеченности -1%, соответствующих повторяемости превышения таких расходов не чаще, чем 1 раз в 100 лет. Ранее для различных участков рек расчеты 1% расходов выполнялись по данным наблюдений на гидрологических постах. Однако в наступившем периоде глобальных климатических изменений такие расчеты должны основываться на прогнозах изменений гидрологического режима рек. Современным подходом к решению задачи оценки влияния глобальных изменений климата на интенсивность паводков является детализация (даунскейлинг) результатов глобальных метеорологических моделей, рекомендованных Межправительственной группы экспертов по вопросам изменения климата (IPCC) [1], основанных на различных предположениях о росте концентрации парниковых газов и аэрозолей в 21 столетии. Сравнение средних сезонных характеристик температуры и осадков для региона Карпат, рассчитанных такими мо-

делями, показало, что наилучшее согласование для этого региона дает модель ECHAM5. Ее прогностические сценарии метеополей над Украиной в XXI веке использовались в качестве входной информации для даунскейлинга температуры и осадков на более густую сетку для водосбора Ужа, который был выбран в качестве тестового горного водосбора, с учетом как значимости проблемы паводков для г.Ужгорода так и с учетом размера водосбора около 2000 км<sup>2</sup>. При этом для даунскейлинга использовалась модель WRF-Украина на сетке 1\*1 км которая использовалась и для расчетов прошлого периода, используя в качестве входных данных результаты реанализа NCEP/ERA-40. Для будущего периода кроме того для даунскейлинга результатов ECHAM5 GCM будущего сценария A2 IPCC использовались результаты шведской климатической модели RCA3, полученный на 30 км сетке. Для статистического даунскейлинга на 4 метеостанции водосбора использовался метод [2], позволяющий вводить байесовские корректировки функций распределения осадков и расходов (Рис.1).

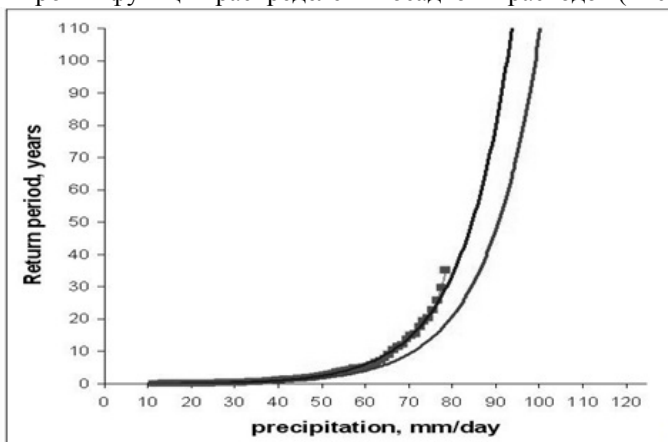
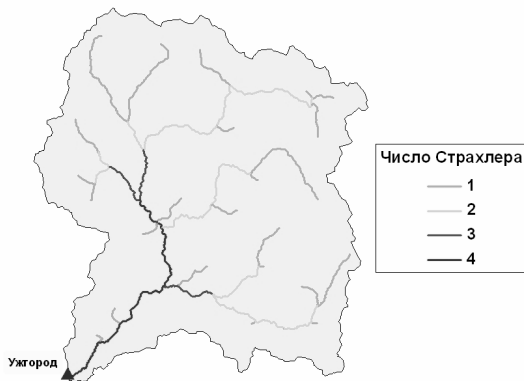


Рис. 1. Экстремальные суточные осадки различной повторяемости (лет) осредненные по водосбору в соответствии с результатами статистического даунскейлинга результатов ECHAM5/RCA3 для 1960-1990 (левая кривая) и 2012-2040 (правая кривая). Точки- обработка данных наблюдений



*Рис. 2. Речная сеть водосбора р.Уж, с указанием числа Страхлера, характеризующего порядок притока*

Наиболее популярной моделью в климатических крупномасштабных исследованиях является модель VIC (Variable Infiltration Capacity), разработанная в середине 90-х в Университете штата Вашингтон [3]. С учетом ее последующих модификаций [4], модель стала широко применяться в климатических исследованиях. Более детализированное описание движения воды по водосбору может быть получено на основе моделей TOPKAPI [4], оригинальный код которой, допускающий параллелизацию алгоритма разработан в ИПММС НАН Украины, и модели DHSVM (Distributed Hydrology Soil Vegetation Model) Университета штата Вашингтон и Pacific Northwest National Laboratories [5]. Применение модели DHSVM для горного водосбора р Уж показала необходимость ее существенной доработки. В разработанном программном коде DHSVM-ИПММС по сравнению с исходным кодом был существенно модифицирован алгоритм расчета перетоков между элементарными ячейками заменой по расчету 4 направлениям на расчет по 8 направлениям, а также была заменена явная ой схемы решения уравнений кинематической волны по каждому из направлений на неявную конечно- разностную схему. В результате удалось обеспечить полное стекание воды в речную сеть и добиться хорошего согласования гидрографов паводков, рассчитанных в рамках полной модели со всеми включенными блоками, с данными измерений.

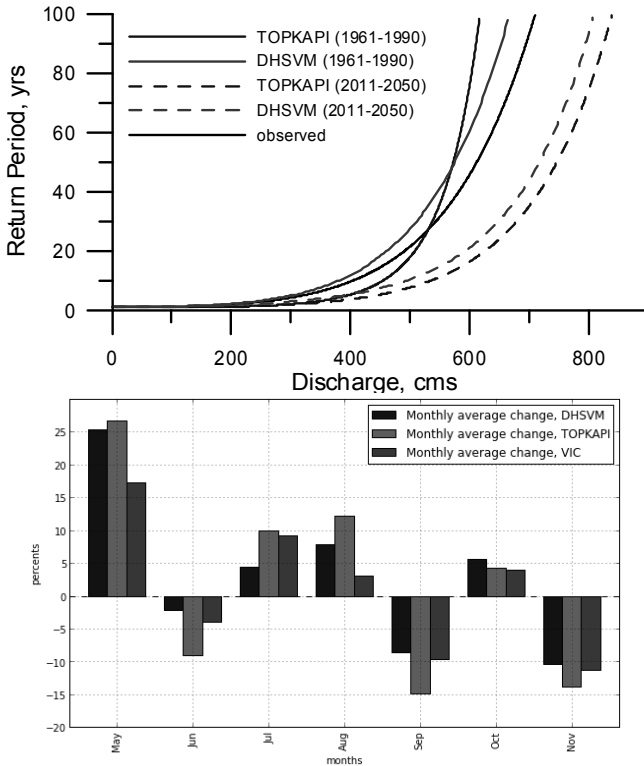


Рис. 3. Сравнение экстремальных расходов различной повторяемости (лет) р Уж у г Ужгорода рассчитанных для прошлого и будущего климата моделями DHSVM и TOPKAPI (слева) и изменения в процентах среднемесячного стока в этом створе в будущем (2011-2050) по сравнению с прошлым(1951-1990) рассчитанное моделями DHSVM, TOPKAPI и VIC

На основе проведенного исследования можно сделать такие выводы. Статистический даунскейлинг сценария A2 моделью ECHAM5/RCA3 прогнозирует в ближайшем будущем (2012-2040) увеличение осадков повторяемостью раз в 50 и 100 лет на 10-15%. DHSVM и TOPKAPI с использованием 30 летнего метеорологического сценария прошлого периода воспроизводит статистику измеренных экстремальных расходов в диапазоне доверительного интервала и неопределенности результатов. Моделирование речного стока реки Уж на период 2011-2050 при использовании сценария од уменьшенным метеорологическим A2/ECHAM5 показывает на 30% увеличение стока рек крайнего - 1% (100 лет), продуцируемая DHSVM и TOPKAPI. Модели TOPKAPI, DHSVM и VIC когерентно описывают будущие изменения в среднемесячной стока в период моделируемой климатиче-

ської проєкції - показують найбільш значимі на 25%, збільшившись в стока має и на 10% юліе-августе и зменшення в сентябре и ноябре. Эти перші модельні результати впливу регіональних змін клімату на параметри екстремальних паводків в Українських Карпатах показує також вигоди от реалізації ансамблю гідрологічної моделі для підвищення надійності прогнозування кліматических змін стока.

Робота виконана при підтримці проєкта СРДФ UKG2-2971-KV-09 во взаємодії з Інститутом водних ресурсів Армії США и Університетом штату Вашингтон.

### **Література**

1. IPCC(2007). Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Solomon, S., D et al (eds.). Cambridge University Press, , United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.
2. Piani C., Haerter J. O., Coppola E., 2010. Statistical bias correction for daily precipitation in regional climate models over Europe. Theoretical and Applied Climatology, Volume 99, Issue 1-2, pp 187-192
3. Liang, X., D. P. Lettenmaier, E. F. Wood, and S. J. Burges, 1994: A Simple hydrologically Based Model of Land Surface Water and Energy Fluxes for GSMs, J. Geophys. Res., 99(D7), 14,415-14,428
4. Todini E.. 1995. New trends in modelling soil processes from hillslope to GCM scales. In The Role of Water and the Hydrological Cycle in Global Change, Oliver H.R. and Oliver S.A. (eds). NATIO ASI Series, Series I: Global Environmental Change, 31: 317-347..
5. Wigmosta, M.S., L. Vail, and D. P. Lettenmaier, 1994: A distributed hydrology-vegetation model for complex terrain, Wat. Resour. Res., 30, 1665-1679.

УДК 532.465

## **ВПЛИВ СИЛИ КОРІОЛІСА НА РОЗТІКАННЯ НАФТИ ПРИ НЕПЕРЕРВНОМУ ТА МИТТЄВОМУ РОЗЛИВІ**

<sup>1</sup>І.О.Бровченко, <sup>1</sup>В.С. Мадерич, <sup>2</sup>К.-Т. Jung

<sup>1</sup>*Інститут Проблем Математичних Машии та Систем НАН України*

<sup>2</sup>*Korea Institute of Ocean Science and Technology, Korea*

Розтікання поверхневої плівки нафти завдяки силі тяжіння та поверхневого натягу є складним процесом що вивчений детально лише для деяких ідеалізованих випадків. Більшість досліджень були обмежені випадком автономного розтікання симетричної плями після миттєвого розливу на спокійній воді [1]. Автономні співвідношення, що доповнені емпіричними параметрами використовуються в багатьох моделях переносу нафтових забруднень. Однак, можливий вплив сили Коріоліса на розтікання досі не досліджувався і, навіть, не обговорювався, хоча часовий масштаб для розтікання може складати багато днів

і місяців як у випадках розливів “Ixtoc I” та “Deep Horizon”. Тому важливо кількісно дослідити вплив сили Коріоліса на розтікання нафтової плями при неперервному та миттєвому розливі.

Рівняння динаміки нафтової плями отримані в наближенні мілкої води і складаються з рівняння нерозривності та кількості руху проінтегрованих по товщині плівки, в яких не враховуються інерційні члени:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \nabla(\vec{u}_0 h) = 0; \quad \omega f \vec{z} \times \delta \vec{u} = -g' \nabla h - \frac{\vec{\tau}_w}{\rho_w h}, \quad (1)$$

де  $t$  - час,  $h$  товщина плівки;  $\vec{u}_0 = (u_o, v_o)$  осереднені по товщині компоненти швидкості в декартових координатах  $\vec{x} = (x, y)$ ,  $\vec{z}$  одиничний вектор напрямлений вертикально,  $\delta \vec{u} = \vec{u}_o - \vec{u}_w$ ;  $\nabla$  горизонтальний оператор диференціювання,  $f$  параметр Коріоліса;  $g' = g(\rho_w - \rho_o)/\rho_w$ ;  $g$  прискорення вільного падіння;  $\rho_o$  та  $\rho_w$  густина нафти та води;  $\omega = \rho_o/\rho_w$ ;  $\tau_w$  напруження тертя на границі між нафтою та водою. Тертя між плівкою та водою параметризується в рамках теорії пограничного шару Прандтля [3] та пограничного шару Екмана на Землі, що обертається [4]. Розроблений чисельний алгоритм оснований на методі згладжених часток для моделювання розтікання плям довільних форм [2].

Будемо шукати автомодельні розв'язки (1) у вигляді

$$h = t^\alpha H(\eta), \quad u_o = t^\beta U(\eta), \quad v_o = t^\theta V(\eta), \quad \eta = t^\gamma r, \quad (2)$$

для розтікання осесиметричної плями на спокійній воді ( $\vec{u}_w = 0$ ), де  $r$  радіальна координата,  $u_o(r, t)$  та  $v_o(r, t)$  радіальна та дотична швидкості. Задача доповнюється загальним рівнянням збереження маси [5] що пов'язує об'єм плями ( $W$ ) з потоком нафти з джерела в центрі плями ( $W = qt^m$ ).

Таблиця 1. Чисельні значення показників в автомоделних законах для випадку осесиметричного розтікання

Режим	$m$	$\alpha$	$\beta$	$\theta$	$\gamma$
Гравітаційно-в'язкий	0	-1/2	-3/4	-	1/4
Гравітаційно-в'язкий	1	-1/6	-5/12	-	7/12
Гравітаційно-в'язкий з обертанням	0	-1/3	-5/6	-5/6	1/6
Гравітаційно-в'язкий з обертанням	1	0	-1/2	-1/2	1/2

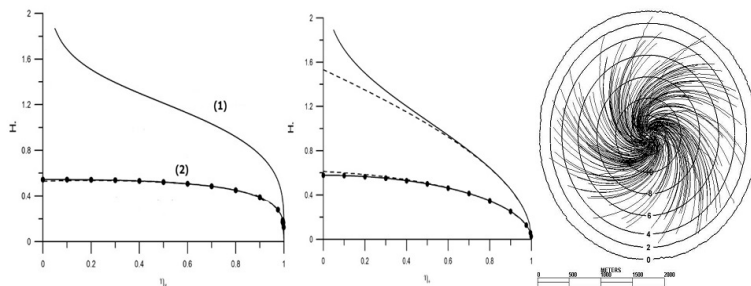


Рис. 1. Автомоделні профілі товщини нафтової плівки  $H$  в (а)- гравітаційно-в'язкому режимі (неперервний та миттєвий розливи); (б) - гравітаційно-в'язкому режимі з обертанням режимі (неперервний та миттєвий розливи). Повний розв'язок показаний суцільною кривою, асимптотичний розв'язок показаний пунктирною кривою. Аналітичний розв'язок показаний чорними точками; (с) – Траєкторії часток та товщина нафтової плівки для випадку неперервного розливу

Значення показників в автомоделних законах для режимів з обертанням та без наведено в таблиці 1 для миттєвого розливу ( $m=0$ ) та неперервного ( $m=1$ ). Як видно з таблиці, розтікання в режимі з обертанням повільніше, ніж в режимі без обертання. Цим можна пояснити спостережуване уповільнення розтікання [2] в деяких випадках. Новою, більш важливою особливістю розтікання в обертальному режимі є поява дотичної складової швидкості, що спричинена силою Коріоліса. Нафта рухається від центру симетрії по спіральній траєкторії. Швидкість розповсюдження росте з віддаленням від центру плями у випадку миттєвого розливу, в той час як для неперервного розливу швидкість збільшується при наближенні до центру. В обох випадках дотична швидкість не зникає на границі плями. Однак, біля границі товщина пограничного шару менша за товщину шару Екмана, і напрямок розтікання має бути нормальним до границі. Чисельне моделю-

вання (Рис. 1с) узагальнює ці результати для випадку неперервного розливу в полі течій. Для всіх розглянутих випадків через 2 дні моделювання площа нафтової плями з ефектом Коріоліса була приблизно в 2 рази менша ніж у випадку без обертання. Детальні результати досліджень представлені в [7]. Результати цієї роботи знайшли підтвердження в [8], де вказані автотомельні залежності були знайдені з використанням інтегральних методів теорії примежового шару.

## Література

1. Fay J A (1969) The spread of oil slick on a calm sea. Oil on the Sea NY, Plenum 53–63 Icer D.F., Adams J.A.: Mathematical Elements for Computer Simulation. McGraw Hill, NY 1977.
2. Brovchenko I, Maderich V (2002) Numerical Lagrangian method for the modeling of the surface oil slick. Applied Hydromechanics, 4(76) No 4: 23-31
3. Schlichting H (1979) Boundary layer theory. McGraw-Hill, N.Y.
4. Cushman-Roisin B (1994) Introduction to geophysical fluid dynamics. Prentice Hall Inc, Englewood Cliffs, NJ
5. Huppert HE (1982). The propagation of two-dimensional and axisymmetric viscous gravity currents over a rigid horizontal surface. J Fluid Mech 121: 43–58
6. Chebbi R (2001) Viscous-gravity spreading of oil on water. AIChE J 47: 288–294
7. Maderich V., Brovchenko I., K. T. Jung (2012) Oil spreading in instantaneous and continuous spills on rotating Earth. Environmental Fluid Mechanics 12, 361–378. doi: 10.1007/s10652-012-9239-2
8. Chebbi, R. (2013). Spreading of steadily-discharged oil on water in the viscous-gravity stage. Chemical Engineering Science (In press).

УДК 532

## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВНУТРЕННИХ ВОЛН ВТОРОЙ МОДЫ ПРИ ФРОНТАЛЬНОМ СТОЛКНОВЕНИИ

Е.В. Терлецкая, И.О. Бровченко, В.С. Мадерич

*Институт проблем математических машин и систем НАНУ, Украина*

Интенсивное изучение волновых процессов в природе показало широкое распространение внутренних уединенных волн. Такие структуры могут сохранять свою форму как при распространении на большие расстояния так и при взаимодействии с другими локализованными возмущениями. Открытие уединенных волн привело к большому количеству работ, посвященных изучению их свойств. Вопрос о принадлежности внутренних гравитационных уединенных волн к солитонам интенсивно обсуждался в последние десятилетия. Задача о фронтальном столкновении двух уединенных волн является одной из важных проблем теории солитонов. В данной работе изучается столкновение вторых мод внутренних волн. Внутренние волны второй моды, достаточно большой амплитуды могут транспортировать жидкость вместе с собой. В природе такое столкновение волн наблюдается во



фронтах морских бризов [4], потоках тяжелых газов [5]. Фронтальное взаимодействие такого типа внутренних волн изучалось как в лабораторных экспериментах [1,2] так и численно [3]. Однако, эти исследования носили качественный характер.

В данной работе в численных экспериментах волны генерировались коллапсом перемешанной жидкости в лотке с двуслойной стратификацией. Расчеты проводились в рамках уравнений Навье-Стокса для стратифицированной по солености воды в приближении Буссинеска. Моделирование осуществлялось в квази двумерной лотке длиной 3 м, см и глубиной  $H=46$  см. Стратификация в лотке задавалась в виде двух слоев жидкости плотности  $\rho_1$  и  $\rho_2$ , разделенных тонким пикноклином, и симметричных относительно середины лотка (рис. 1). Разрешение сетки по длине, высоте и ширине составляло  $3000 \times 300 \times 5$  узлов. Важной характеристикой взаимодействия является оценка потерь энергии при соударении волн. Преобразования энергии после соударения вычислялись согласно [5].

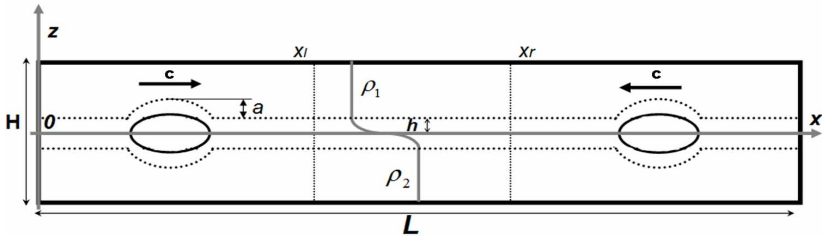


Рис. 1. Схема численного эксперимента

Численные эксперименты показали возможность нескольких типов взаимодействия, в зависимости от нормированной на толщину пикноклина  $h$  амплитуде второй моды  $a$ . Наиболее важными характеристиками, влияющими на характер взаимодействия являются локальные максимальные числа Фруда  $Fr$  (рис. 2 а), вычисляемые как отношение локальной скорости к скорости длинных линейных волн, и минимальные числа Ричардсона (рис. 2 б), отвечающие за развитие сдвиговой неустойчивости. В случае, когда  $Fr < 1$ , гравитационное течение генерирует волны, поведение и характеристики которых хорошо предсказываются слабо-нелинейной теорией Бенджамина-Оно. Соударение таких волн аналогично соударению волн первой моды и близко к эластичному так как потери энергии минимальны. При увеличении амплитуды волны ее длина уменьшается, а скорость распространения растет с амплитудой по линейному закону. В случае, если значение числа Фруда  $Fr > 1$ , в результате коллапса образуются волны, характерные наличием области со сверхкритическими скоростями  $U > U_c$ .

где жидкость захватывается ядром и переносится вместе с волной. При  $Fr \approx 1$  относительные потери энергии максимальны.

При значениях  $2 < a/h < 6$  на начальной стадии (волна проходит более десятка длин волн) после коллапса волны с захваченным ядром обладают важным свойством - малости завихренности в ядре, и ведут себя как твердые тела, они подобны по форме и отличаются только на масштабирующий множитель. Поэтому зависимости скорости волны и размера интрузии от амплитуды практически точно предсказываются аналитическими соотношениями теории [6]. Соударение таких интрузий происходит отличным образом от волн первой моды наличием 'мертвой' зоны в которой масса не захватывается отраженными волнами. При увеличении амплитуд интрузий  $a/h > 6$  при их соударении числа Ричардсона падают ниже 0.1, что приводит к возникновению неустойчивости КГ, как и в случае волн больших амплитуд первой моды. Внутри отразившихся интрузий происходит интенсивное перемешивание, что также приводит к росту потерь энергии (рис. 3).

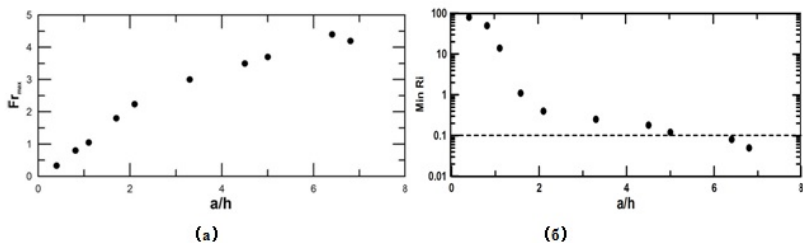


Рис. 2. График зависимости максимального числа Фруда и минимального числа Ричардсона от нормированной амплитуды волны

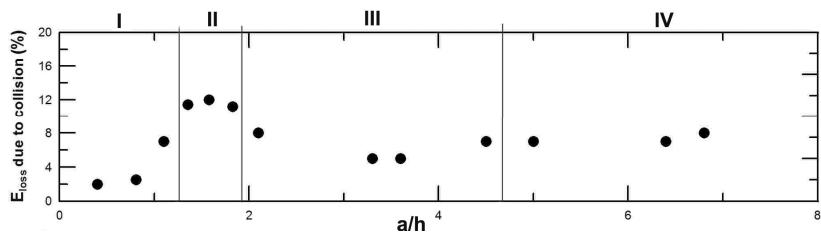


Рис. 3. График зависимости потерь энергии от нормированной амплитуды волны

Таким образом, важной особенностью зависимости потерь энергии (рис. 3) от амплитуды при взаимодействии волн второй моды, обнаруженная в данной исследовании, является ее немонотонное поведение, а именно максимум в окрестности значений  $a/h = 1.2$ , близкие по значениям потери энергии для  $2 < a/h < 6$  и дальнейший монотонный рост

при значеннях  $a/h > 6$ . Причиною такого поведення являється то, що природа самих волн змінюється для різних значень амплітуд.

Робота виконана в рамках проекту РФФД-ДФФД “Інтенсивні внутрішні хвилі в океані і їх вплив на підводні споруди та платформи проект” № Ф53.6/009

### Література

1. Stamp, A. P., Jacka, M. Deep-water internal solitary waves // J. Fluid Mech. 1995. - 305, p 347-371.
2. Maderich, V. S., Heijst, G. J. F. van, Brandt, A. Laboratory experiments on intrusive flows and internal waves on a pycnocline // J. Fluid Mech. 2001, vol. 432, pp. 285-311.
3. Terez, D. E., Knio, O. M. Numerical simulations of large-amplitude internal solitary waves // J. Fluid Mech. 1998, 362, 53- 82.
4. Christie D. R. The morning glory of the Gulf of Carpentaria: a paradigm for non-linear waves in the lower atmosphere // Austral. Met. Mag. 1992 41, 21-60.
5. Simpson, J. E. Gravity Currents in the Environment and the Laboratory, 2nd Edn. Cambridge University Press. 1997
6. Maderich V., Talipova T., Grimshaw R., Terletska K., Brovchenko I., Pelinovsky E., Choi B.H. Interaction of a large amplitude interfacial solitary wave of depression with a bottom step. // Physics of Fluids, 2010. 22, 076602, doi:10.1063/1.3455984
7. Kozlov, V. F., Makarov, V. G. On a class of stationary gravity currents with a density jump. // Izv. Akad. Nauk SSSR, Phys. Atmos. Ocean 1990 26, 395-402

УДК 532.465

## ТРАНСФОРМАЦІЯ ВІДОКРЕМЛЕНОЇ ВНУТРІШНЬОЇ ХВИЛІ НА СХОДИНЦІ В РЕЛЬЄФІ ДНА: ВТРАТА ЕНЕРГІЇ

<sup>1</sup>К.В. Терлецька, <sup>1</sup>В.С. Мадерич, <sup>1</sup>І. О. Бровченко, <sup>2</sup>Т. Таліпова,  
<sup>2</sup>Ю. Пеліновський

<sup>1</sup>Інститут проблем математичних машин і систем НАН України

<sup>2</sup>Інститут прикладної фізики РАН, Нижній Новгород, Росія

Досліджена взаємодія відокремленої внутрішньої хвилі з сходинкою на дні для того щоб оцінити втрати енергії відокремлених внутрішніх хвиль. Цей процес досліджується чисельно в обчислювальному басейні для двошарової стратифікації в рамках рівнянь Нав'є – Стокса [1-3].

П'ять різних режимів відокремлених внутрішніх хвиль взаємодії виділені в повному діапазоні співвідношень висоти нижнього шару після сходинки до амплітуди падаючої відокремленої внутрішньої хвилі:

(I) Слабка взаємодія, коли хвильова динаміка може бути повністю описана слабо-нелінійною теорією [4].

(II) Помірна взаємодія, коли механізм для руйнування хвиль на сходинці є в основному зсувна нестійкість.

(III) Сильна взаємодія при надкритичних швидкостях потоку призводить до формування струменя і вихорів для хвилі-пониження, а для хвилі-підвищення - до формування вихору («болуса»), який транспортує більш щільну рідину на сходинці.

(IV) Перехідний режим взаємодії між сплеском на сходинку і повним відбиттям від неї.

(V) Режим відбиття, коли майже вся енергія передається до енергії відбитої хвилі.

Механізм нестійкості Кельвіна-Гельмгольца має місце вже при помірних амплітудах як хвиль депресії так і хвиль підвищення при взаємодії з сходинкою на дні для всіх режимів, окрім режиму I. Для двохшарової стратифікації втрати енергії за рахунок взаємодії відокремлених внутрішніх хвиль з сходинкою на дні не перевищують 50% від енергії падаючої хвилі. Максимальні втрати енергії хвилі, досягаються, коли відношення висоти нижнього шару після сходинки до амплітуди падаючої хвилі дорівнює нулю для хвиль підвищення. Для хвиль-депресій це співвідношення при максимальній втраті енергії близько до одиниці. Автомодельність залежності втрат енергії від відношення висоти верхнього шару після сходинки до амплітуди падаючої хвилі має місце при значеннях цього відношення  $> -0,75$  для хвиль підвищення та при значеннях співвідношення  $> 0,5$  для хвиль-депресій. Показано, що відокремлені внутрішні хвилі депресії в перехідному режимі відбиваються з утворенням вторинних відокремлених хвиль протилежної полярності. Нарешті, результати чисельного моделювання відокремлених внутрішніх хвиль взаємодіючих зі сходинкою на дні добре узгоджуються з результатами лабораторних експериментів для трансформації відокремлених внутрішніх хвиль над крутими перешкодами. Ми вважаємо, що результати, отримані для нашої ідеалізованої геометрії можуть бути корисними для інтерпретації складних процесів взаємодії відокремлених внутрішніх хвиль великої амплітуди з крутими схилами та і підводними споруд у прибережних районах океанів і озер.

Дане дослідження підтримане в рамках спільного проекту РФФД – ДФФД України № Ф53.6/009 «Інтенсивні внутрішні хвилі в океані і їх вплив на підводні споруди та платформи»

## Література

1. Maderich V., Talipova T., Grimshaw R., Pelinovsky E., Choi B.H., Brovchenko I., Terletska K., Kim D.C. The transformation of an interfacial solitary wave of elevation at a bottom step. // *Nonlinear Processes in Geophysics*, 2009.-16. – P. 33-42.
2. Maderich V., Talipova T., Grimshaw R., Terletska K., Brovchenko I., Pelinovsky E., Choi B.H. Interaction of a large amplitude interfacial solitary wave of depression with a bottom step. // *Physics of Fluids*, 2010. 22, 076602, doi:10.1063/1.3455984

3. Talipova T., Terletska K., Maderich V., Brovchenko I., Jung K.T., Pelinovsky E., Grimshaw R. Internal solitary wave transformation over a bottom step: loss of energy. // *Physics of Fluids*, 2013. 25, 032110; doi: 10.1063/1.4797455

4. Grimshaw, R., Pelinovsky, E., Talipova T. Fission of a weakly nonlinear interfacial solitary wave at a step. // *Geophysical and Astrophysical Fluid Dynamics*, 2008. 102. – P. 179–1948.

УДК 004:65.011.3:622.8 - 032.35

## ИНДИВИДУАЛЬНОЕ СРЕДСТВО ОПОВЕЩЕНИЯ ОБ ОПАСНОСТИ В ШАХТЕ

А.Л. Ляхов, Е.А. Бородина

*Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, Украина*

**Проблема безопасности в угольной промышленности.** За последние двадцать лет добыча угля в Украине растет быстрыми темпами (рис. 1). Лидирует Донецкая область. В 2011 г. в Донецкой области добыто 36,3 млн. т угля (темп роста к уровню 2010 г. – 131,1%). При этом все больше угля добывается в шахтах с глубоким залеганием пластов, расположенных в горных массивах со сложными свойствами и трудно предсказуемой динамикой их состояния.

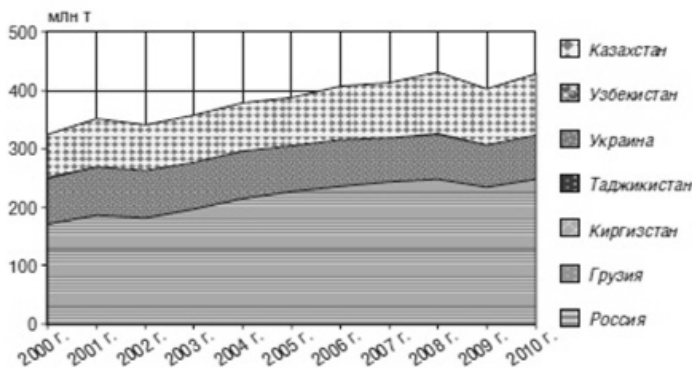


Рис. 1. Рост добычи каменного угля в последние десять лет

При этом, за последние двадцать лет на шахтах Украины погибло более 5 000 человек, что свидетельствует об отставании в темпах развития систем безопасности труда в угольной промышленности.

Одним из путей решения этой проблемы является создание автоматизированных систем безопасности, сочетающих в себе свойства АСУ и СППР, на что выделяется большие средства (в 2010 г., например, 100 млн. грн., система УТАС) что, в целом, повысило уровень безопасности.

Несмотря на эти несомненные успехи, число пострадавших по-прежнему не соответствует международным стандартам. Предлагается разрабатывать компоненты системы безопасности, предназначенные выработки персональных инструкций.

Компонентами автоматизированных систем безопасности являются подсистемы сбора данных о состоянии горного массива и шахты, локализации персонала и оборудования, и диспетчерская служба, осуществляющая функции мониторинга и интерпретации этих данных, а также принятия решения, выработки инструкций и оповещения персонала (рис. 2).

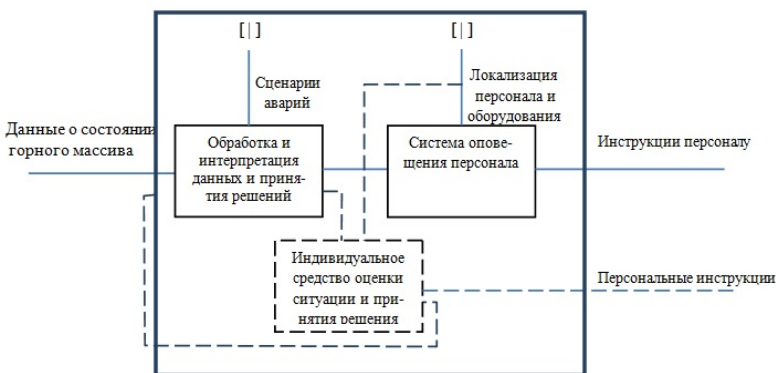


Рис. 2. Функциональная модель первого уровня системы защиты потенциально опасного объекта

Системы безопасности шахт (рис. 2), вырабатывают, как правило, инструкции определяющие способ действия группы людей (смена, бригада и т.п.). В условиях относительно высокой заработной платы (в 2012 г. до 5000 грн. в среднем для наземных и подземных рабочих против 3000 грн. по Украине) и высокого уровня безработицы страх потери рабочего места является реальной угрозой для работающего шахтера.

Однако в условиях коллективного труда и присутствия внешнего наблюдателя (семья, администрация, конкуренты среди членов коллектива, безработные) этот постоянно действующий страх превращается в доминанту поведения, подавляющей страх перед угрозой аварии (известный эффект социальной фасилитации [4]). Существенным является то, что это уже доминанта не индивидуального, а группового поведения, превращающаяся в объективный фактор, ослабляющий личную ответственность и инстинкт сохранения индивида.

Предлагается дополнить автоматизированную систему безопасности компонентами, которые информируют шахтера об уровне опасно-

сти, угрожающей непосредственно ему и выдают персональные инструкции по снижению уровня этой опасности. Эффективность системы безопасности в целом должна возрасти за счет:

- осознания индивидом непосредственной угрозы, усиления инстинкта самосохранения, ослабления влияния эффекта социальной фасилитации и, таким образом, повышения реакции и ответственности при принятии групповых решений;
- персональных инструкций, дополняющих коллективные с учетом индивидуальных факторов.

**Индивидуальные средства в автоматизированной системе безопасности.** В настоящее время функции индивидуальные средств в автоматизированных системах безопасности состоят в контроле положения персонала в выработках и в подаче ему сигналов при угрозе или в случае аварии. Созданы они, как правило, на основе архитектуры, показанной на рис. 3.

Система строится по двухуровневому иерархическому принципу с разделением ее на нижний и верхний уровни (рис. 3) [2]. Нижний уровень состоит из стационарных радиоконтроллеров, устанавливаемых в узловые точках шахты и радиочастотных модулей, встроенные в головные светильники шахтёров. Также в систему входит многопортовый сетевой коммутатор, предназначенный для объединения всего технологического оборудования в единую сеть передачи данных. Верхний уровень представляет собой несколько автоматизированных рабочих мест диспетчера, объединенных в локальную вычислительную сеть.

Принцип работы такой системы следующий. Информация о местонахождении шахтера поступает диспетчеру по оптическому каналу связи. Позиционирование осуществляется путем фиксации сигнала с персональных светильников. Вся информация передается на главный сервер, находящийся в диспетчерской. С помощью специального программного обеспечения диспетчер может отследить местонахождение каждого горнорабочего (рис.4) [2]. Оповещение осуществляется голосом с помощью кабельной связи, инструкции являются общими.

Отличие второй системы состоит лишь в том, что для связи используется беспроводная технология сети, а для отслеживания персонала используется RFID технология, что является преимуществом. Как известно, RFID является одной из технологий автоматической идентификации, в котором посредством радиосигналов считываются или записываются данные, хранящиеся в так называемых транспондерах, или RFID-метках (рис.5) [3].

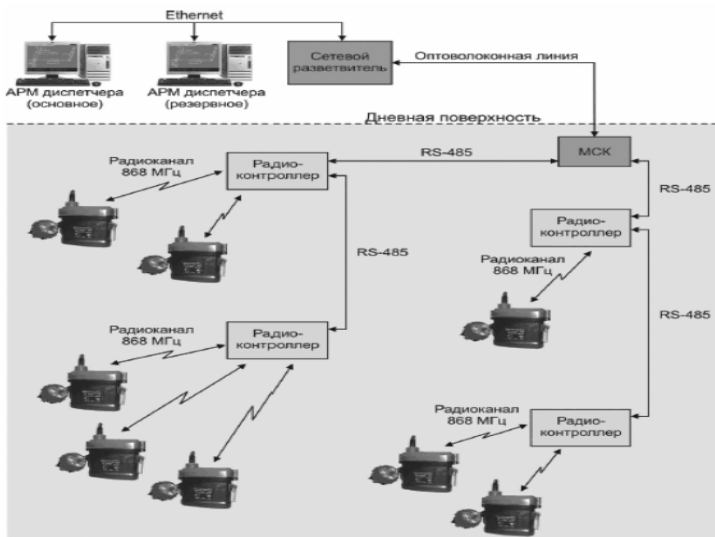


Рис. 3. Структура системы наблюдения и оповещения представлена

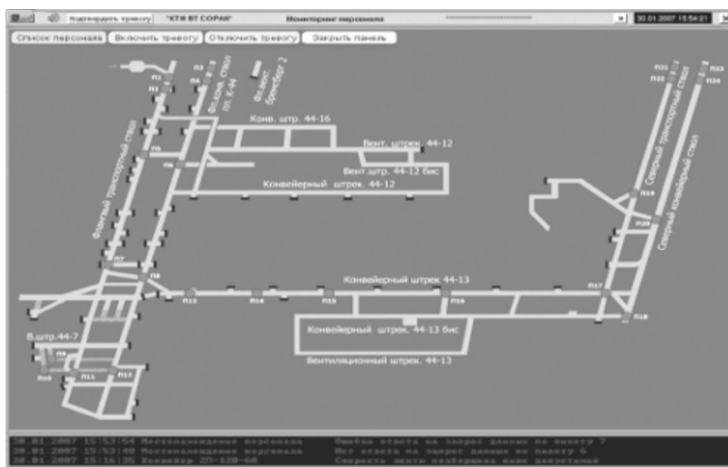


Рис. 4. Главное окно программы интерфейса диспетчера



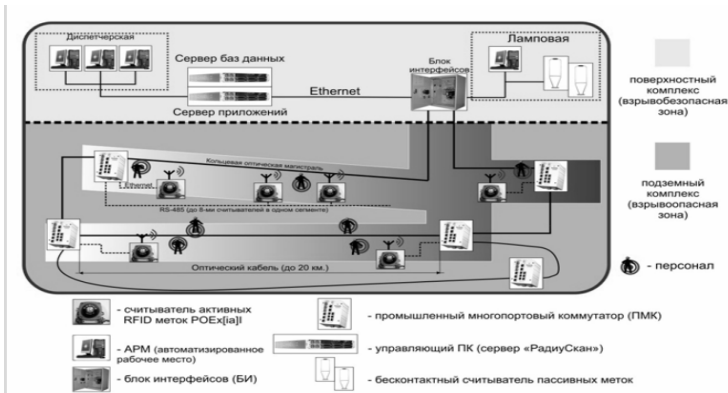


Рис. 5. Структура наблюдения системы местоположения подземного персонала с применением RFID-меток

**Требования к индивидуальной компоненте системы безопасности.** Предлагается разработать периферийное аппаратно-программное устройство автоматизированной системы безопасности, которым оснащается шахтер и которое должно удовлетворять требованиям:

**Требования к индивидуальной компоненте системы безопасности.** Предлагается разработать периферийное аппаратно-программное устройство автоматизированной системы безопасности, которым оснащается шахтер и которое должно удовлетворять требованиям:

1. Функциональные требования (на рис. 2 показано пунктиром):
  - отслеживать в режиме реального времени местонахождение в шахте и состояние шахтера;
  - получать информацию об источнике, оценивать уровень персональной опасности;
  - определять местонахождение, в котором риски снижаются до приемлемого уровня;
  - выработать соответствующие инструкции и информировать шахтера.
2. Технические требования:
  - техническое решение с использованием RFID;
  - устройство должно быть портативным, противоударным и герметичным, способным работать в широком диапазоне температур;
  - оснащено дисплеем, на котором в режиме реального времени отражается рабочая зона и местоположение владельца устройства, а при появлении источника опасности – его положение и возможные зоны укрытия;

- подавать звуковой, световой и вибро - сигнализации о появлении источника опасности и выходе из строя.

Метод определения укрытия. Возможность нахождения укрытия рассмотрим на простой геометрической модели, когда в плоской области  $\Gamma$  с кусочно-гладкой границей, находится объект  $B$  и источник воздействий, представляющий опасность для этого объекта. Распространение поражающего фактора происходит радиально от источника и изотропно, подобно излучению. Необходимо найти такую область (тень)  $\Gamma' \subseteq \Gamma$ , при нахождении в которой объект не подвергается опасному воздействию.

В выпуклой области нет тени при любом расположении источника, что следует из определения выпуклой области [1]. На рис. 6 показана невыпуклая область. Построим нормаль к плоскости, в которой находится область и выберем направление обхода области.

Возможны два случая расположения тени: а) тень справа от касательной; б) тень слева от касательной.

В случае а) точка касания луча является точкой входа в тень. Суть алгоритма нахождения тени состоит в: определении последовательно узловых точек на границе области  $\Gamma$ ; нахождении точки входа, подобной  $O$  на рис. 6; проверке условия, что последовательность векторов  $\{N, IO, IA\}$ , где  $A$  – последовательность узловых точек, следующих за  $O$ , является правой тройкой. Множество точек границы  $OA$ , для которых это условие выполняется, является границей тени  $\Gamma'$ .

Рис. 6. Модель рабочей зоны в виде плоской области с источником опасности  $I$ .

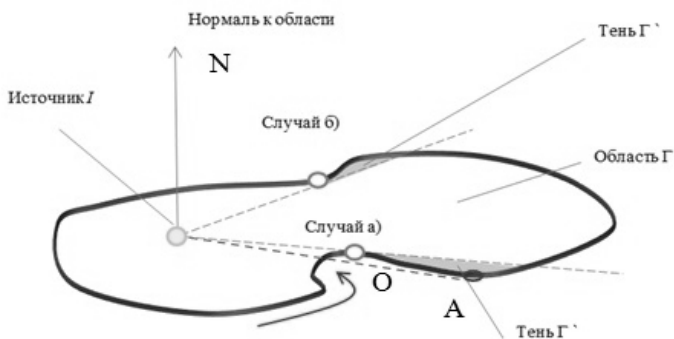


Рис. 6. Модель рабочей зоны в виде плоской области с источником опасности  $I$

Легко видеть, что при изменении направления обхода области точка касания в случае б) также становится точкой входа в тень. Алгоритм

аналогичен с учетом того, что, граница тени образуется последовательностью точек с убывающими номерами, и тройка векторов, подобная  $\{N, IO, IA\}$ , будет левой.

### **Литература**

1. Благодарный А.И., Гусев О.З., Журавлёв С.С., Зензин А.С., Золотухин Е.П., Каратышева Л.С., Колодей В.В., Михальцов Э.Г., Чейдо Г.П., Шакиров Р.А., Шакиров С.Р. Автоматизированная система наблюдения, оповещения и поиска персонала при авариях в шахтах [Электронный ресурс] / научнотехнический журнал «Горная промышленность» / – Режим доступа: <http://www.mining-media.ru/ru/article/anonsy/687-avtomatizirovannaya-sistema-nablyudeniya-opoveshcheniya-i-poiska-personala-pri-avariyakh-v-shakhtakh> – 2009 – №1 – С.34.
2. Внедрение уникальной системы комплексной безопасности на Краснодонугле [Электронный ресурс] / Ментивест/ – Режим доступа: <http://coal.metinvestholding.com/ru/press/news/show/1894>.
3. Подсистема «РадиусКан» системы "Радиус-2" определения местонахождения персонала в шахте [Электронный ресурс] / Научно-внедренческий инженерный центр «Радиус» / – Режим доступа: <http://www.radius-nvic.ru/>.
4. Кондратьев М. Ю., Ильин В. А. Азбука социального психолога-практика. – М.: ПЕР СЭ, 2007. – 464 с.

УДК 517.957

## **РАЗВИТИЕ И ВНЕДРЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПАВОДКОВ НА РЕКАХ СТЫРЬ И ДНЕПР**

Е.А. Евдин, Н.Н. Дзюба, М.И. Железняк, П.С. Коломиец

*Институт проблем математических машин и систем НАН Украины, Украина*

Системы поддержки принятия решений (СППР) по реагированию на чрезвычайные ситуации гидрометеорологического характера для их оперативного использования должны эксплуатироваться в соответствующих подразделениях прогнозирования гидрометеорологической службы. В ИПММС в последние годы успешно развиваются одномерные и двумерные прогностические модели распространения паводков в реках и затопления пойменных территорий. Для их успешного внедрения в практику оперативного прогнозирования в отделе гидрологических прогнозов Украинского гидрометцентра (УГМЦ) необходима интеграция моделей в программные системы, снабженные настолько гибким и "дружественным" пользовательским интерфейсом, чтобы системы могли успешно использоваться инженерами - гидрологами, без специального трейнинга в области математического моделирования. В работе представлены выполненные в 2012 -2013 годах и тестированные во время весеннего паводка 2013 года модификации информационной системы двумерного гидродинамического за-

топления зон затоплений на пойме р Днепр возле г Киева [1,2], и новая программная система прогнозирования паводков на р Стырь- притоке р.Припять.

В качестве архитектуры обеих систем использовалась разработанная в [3] архитектура системы поддержки принятия решений (СППР) при ядерных авариях РОДОС. Эта европейская СППР в последней версии JRODOS представляет собой современное кроссплатформенное распределённое клиент-серверное приложение, написанное на языке Java и построенное с использованием стабильных библиотек в открытых кодах, геоинформационных технологий, баз данных. Архитектура системы состоит из следующих компонент: управляющий сервер или менеджер, вычислительный компонент, клиентское приложение, сервер баз данных. Пользователи системы присоединяются к менеджеру с помощью собственной установки клиента, при этом каждому пользователю выделяется отдельный вычислительный компонент.

Управляющий сервер является основным компонентом системы. Это единственный компонент, который имеет связь со всеми остальными. Те, в свою очередь, контактируют только с ним. Он обеспечивает взаимодействие между собой остальных компонентов, контролирует и направляет потоки данных между элементами системы.

Клиентское приложение, по сути, является графическим пользовательским интерфейсом системы. Его основной задачей является представление информации пользователю, отражение его действий, сбор данных для запросов к менеджеру. Клиент содержит геоинформационный модуль для удобного отображения пространственно-временных и тематических данных, средства для работы с проектами, пользовательскими интерфейсами вычислительных моделей, построения отчетов и визуализации различных типов результатов в удобной для пользователя форме: простого текста, массива, таблицы, гистограммы, карты, графика и т.д.

Вычислительный компонент отвечает за инициализацию, запуск моделей на исполнение и получения результатов. Этот компонент по команде из менеджера запускает на выполнение вычислительное ядро модели, преобразовывает входную информацию в форматы, используемые каждой моделью, забирает и сохраняет результаты вычислений, преобразовывая их в типы данных, используемые системой.

Система прогноза дождевых паводков на реке Стырь основана на использовании одномерной модели речной гидравлики численно реализующей решение уравнений Сен Венана и статистических регрессионных уравнениях связи интенсивности осадков в пунктах наблюдений с интенсивности боковой приточности к основному руслу реки Стырь. Система прогнозирования зон затоплений у г Киева основана на численном решении двумерных (интегрированных по глубине)

уравнений речної гидравлики. С учетом специфики одномерных и двумерных моделей формировались пользовательские интерфейсы обеих систем на основе представленной выше архитектуры. Разработанные системы прошли успешное тестирование в Украинском гидрометцентре в период паводков 2013 года

### **Литература**

1. Железняк М.Й., Коломієць П.С., Дзюба Н.Н., Ішук О.В. Прогнозування зон затоплень в районі міста Києва під час весняної повені 2010 року на річці Дніпро // Тези конференції Математичне та імітаційне моделювання систем МОДС '2010, ІПММС, Київ, 2010.
2. Бойко В.М., Железняк М.Й., Коломієць П.С. Особливості формування весняного стоку Дніпра та моделювання зони затоплення у межах м. Києва на основі сучасної гідролого-гідродинамічної моделі // Матеріали конференції "Гідрологія, Гідрохімія, Гідроекологія", Чернівецький національний університет, Чернівці, 2011. – С. 14-16.
3. Євдін Є.О. Розробка архітектури кросплатформних розподілених систем підтримки прийняття рішень, основаних на математичних моделях // Математичні машини і системи. – 2011. – № 1. – С. 72 – 81.

УДК 004.9:504

## **СИСТЕМА ІНФОРМАЦІЙНОЇ ПІДТРИМКИ КЕРУВАННЯ СТАНОМ ТЕРИТОРІЇ УРАНОВИХ ХВОСТОСХОВИЩ**

С.В. Шатохін, А.І. Заславський, О.В. Шатохіна, О.І. Удовенко, А.В. Локоть  
*Інститут проблем математичних машин і систем, Україна*

Виробниче об'єднання "Придніпровський хімічний завод" (м. Дніпродзержинськ) у період з 1949-1991 рік переробляло доменний шлак, урановмісні концентрати та уранову руду. На території підприємства та за його межами утворені хвостосховища, два сховища відходів уранового виробництва і цех для отримання окису закису урану з азотнокислих розчинів. Відходи-хвости складувалися в прилеглих до Придніпровського хімічного заводу глиняних кар'єрах і ярах, які для цього не пристосовані. В останні роки розпочато роботи з створення сучасної системи радіаційного моніторингу для контролю за транспортом радіонуклідів у навколишньому середовищі та прогнозування процесів радіоактивного забруднення методами математичного моделювання [1,2].

Для зберігання і обробки інформації вимірювань і результатів моделювання створено спеціалізовану інформаційну систему «Єдина Інтегрована База Даних з картографічним модулем радіаційно забруднених об'єктів ПХЗ (ЄІБД-КМ)», яка використовується для зберігання, обробки та відображення інформації за результатами паспортизації території і об'єктів, всебічного вивчення архівних даних колишнього

виробництва, інвентаризації та моніторингових даних про стан природного середовища території уранового виробництва колишнього ВО «ПХЗ». Система містить графічні інтерфейси, які надають можливість проводити аналіз описових та структурованих даних про характеристики і поточний стан об'єктів на території колишнього ВО «ПХЗ», а також картографічний модуль, який відображає інформацію про розташування забруднених об'єктів на території ПХЗ і прилеглих територіях, що підлягають реабілітації, та карти забруднень природного навколишнього середовища регіону ВО ПХЗ.

Універсальність структури БД забезпечується поділом даних, що зберігаються, на фактичні дані (результати вимірювань) та мета дані (допоміжна інформація, яка описує властивості фактичних даних, деталі вимірювань, географічну прив'язку тощо). ЄБД зберігає фактичні дані, мета дані, а також зв'язки між ними. При розробці структури бази даних було вироблено підхід, який дозволяє налаштувати базу даних для зберігання даних практично будь-якої структури та змісту. При цьому поява цілком нових даних (за структурою та змістом) не викликає необхідності програмування або складного переналаштування існуючої бази даних. В процесі створення системи були структуровані як географічні дані, так і опис даних вимірів таким чином, що обидва набори характеристик мають деревовидну структуру, яка добре сприймається візуально; обидва набори виводяться на екран одночасно, що дозволяє користувачеві легко орієнтуватися при взаємодії із системою.

В системі існує можливість створення та редагування даних по усім параметрам та розраховуються деякі статистичні значення по обраному параметру (наприклад, середнє відхилення). На малюнку 1. зображено приклад роботи із даними.

Складовою частиною є ГІС – компонент, приклад використання якого наведений на малюнку 2. ЄБД дозволяє зв'язати географічні об'єкти з атрибутивними параметрами, важливими для оцінки ступеня ризику розповсюдження забруднення. Планування системи придатної для збору, зберігання, аналізу і відображення географічно прив'язаної інформації, тобто даних, визначених у залежності від місця розташування на території підприємства, при цьому орієнтованої на використання первинних даних, як топографічних карт рельєфу, карт дозиметричної зйомки та карт забруднень ґрунтів, зберігання РАО та інш.

Результати просторового моделювання атмосферного переносу представляються картами радіаційного забруднення.

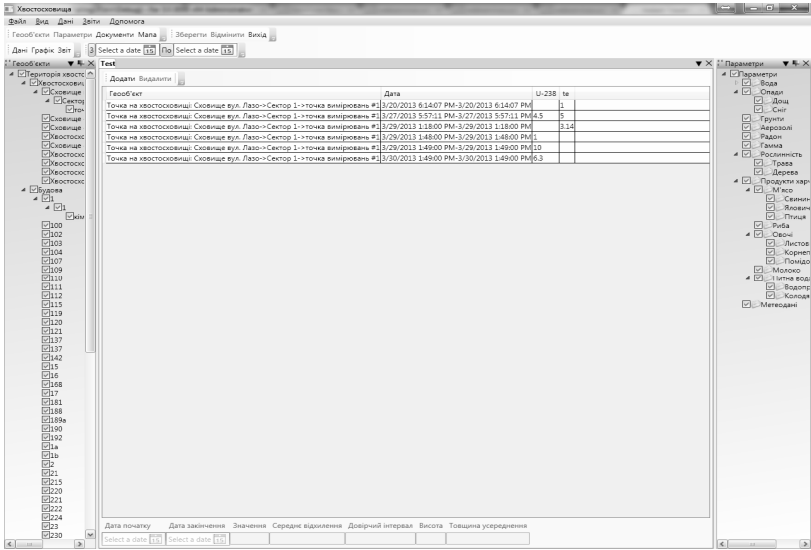


Рис. 1. Інтерфейс користувача ЄІБД. Приклад роботи із даними



Рис. 2. Приклад роботи ГІС компоненту ЄІБД. Відображення проммайданчику ІХЗ

## Литература

1. Von Foerster H. Some remarks on changing populations // Kinetics of Cellular Proliferation. - New-York: Grune and Stratton, 1959. - P. 382 - 407.
1. Voitsekhovich O., Lavrova T. Remediation Planning of Uranium Mining and Milling Facilities: The Pridneprovsky Chemical Plant Complex in Ukraine // In Remediation of Contaminated Environments, (G. Voigt, S. Fesenko, eds), Elsevier. – 2009. - P. 343-356.
2. Ковалец И.В., Железняк М.И., Халченков А.В., Удовенко О.И., Лаврова Т.В. 2010. Численное моделирование воздушного распространения радона вокруг урановых хвостохранилищ // Электронное моделирование. — 2010. — Т. 32, № 3. — С. 67-82.

УДК 519.6: 537: 538.9

## АЛГОРИТМІЧНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРІАЛУ ТВЕРДИХ

ТІЛ

<sup>1</sup>В.М. Юзевич, <sup>2</sup>Б. П. Коман

<sup>1</sup>*Фізико-механічний інститут імені Григорія Карпенка Національної академії наук України, Україна*

<sup>2</sup>*Львівський національний університет імені Івана Франка, факультет електроніки, Україна*

При дослідженні поверхневих ефектів в твердих тілах необхідно володіти методикою встановлення достовірних значень фізичних характеристик матеріалів в рівняннях стану. Для визначення адекватних значень такого типу характеристик необхідно, щоб вони відповідали енергетичним характеристикам поверхневих шарів – поверхневному натягу  $\sigma_h$ , поверхневій енергії (ПЕ)  $\gamma$  [1]. Для цієї мети використовуємо алгоритмічний підхід імітаційного моделювання.

У фізиці поверхневих явищ алгоритм оперування інформаційними потоками традиційно такий. Оцінюють мікроскопічними методами фізики твердого тіла велику частину фізичних характеристик матеріалів (металів, напівпровідників, діелектриків) в рівняннях стану. Деякі характеристики беруть з довідникових таблиць, зокрема, модуль Юнга, коефіцієнт Пуассона, роботу виходу електрона тощо. Набори характеристик підставляють у вирази для поверхневого натягу  $\sigma_h$ , поверхневої енергії  $\gamma$  і перевіряють результат [2]. У випадку відхилення повертаються до вихідних позицій, уточнюють математичну модель, змінюють початкові значення і повторюють процедуру. Тобто застосовують метод імітаційного моделювання, в результаті якого через певну кількість кроків на основі обчислювального експерименту отримують задане мінімальне відхилення. Недолік такого підходу в тому, що отримані оцінки можуть бути неоднозначні і мати фізично неоправдані відхилення, в той час як кінцеві результати ( $\sigma_h$ ,  $\gamma$ ) будуть достовірні.



Використаємо інший підхід, формально розв'язавши задачу визначення енергетичних характеристик  $\sigma_h, \gamma$ . Як об'єкт досліджень виберемо кулю радіуса  $R$ , оскільки для неї не потрібно формулювати умови механічного закріплення [3]. Крім того, співвідношення для моделювання перерозподілу механічних напружень і електричних зарядів (вільних для металів і зв'язаних для напівпровідника) формулюються одновимірні (по координаті  $r$  – радіус-вектору).

В основі досліджень системи «метал – напівпровідник (чи діелектрик)» використаємо макроскопічний підхід, якому відповідають співвідношення нерівноважної термодинаміки та фізики поверхні твердого тіла. Розглянемо систему рівнянь і граничних умов для опису змін енергетичних параметрів ( $\sigma_h, \gamma$ ), що характеризують термодинамічний стан системи [1]. Співвідношення термодинамічної моделі поверхневого шару в області металу ( $x > 0$ ) (квазістатична ситуація) представимо в декартових координатах  $x, y, z$  ( $x$  – перпендикулярна до поверхні), (а також у сферичних  $r, \theta, \zeta$ ) у вигляді [1]:

$$\text{Div} \hat{\sigma} + \rho \cdot \omega \cdot \bar{E} = 0, \quad \Delta \varphi = \rho \cdot C_\varphi \cdot \varphi / \varepsilon_0, \quad (1)$$

$$\varphi = -\Phi_0; \quad \varphi + \psi = \text{const}; \quad \sigma_x = -\frac{\varepsilon_0}{2} \cdot \left( \frac{\partial \Psi}{\partial x} \right)^2 \quad \text{при } x = 0. \quad (2)$$

$$\sigma_{ij} = \left( \left( K - \frac{2}{3} G \right) e - \alpha_i K \cdot \Delta T - K(\beta\varphi + \beta_c c) \right) \delta_{ij} + 2G e_{ij}, \quad (3)$$

$$\omega_V = \rho \omega = \rho C_\varphi (\varphi - \gamma_t \cdot \Delta T) + \beta K e - \rho \eta_c c. \quad (4)$$

$$\mu_c = d_c c + d_t \cdot \Delta T + \beta_c K \frac{e}{\rho} - \eta_c \varphi, \quad \Delta T = T - T_0, \quad (5)$$

$$\sigma_h = \int_0^h \sigma_y dx, \quad \sigma_y = \sigma_z, \quad \gamma = \gamma_1 + \xi \gamma_2, \quad (6)$$

$$\frac{\partial \gamma}{\partial k} = \frac{\partial (\gamma_1 + \xi \gamma_2)}{\partial k} = 0, \quad k = \sqrt{\frac{\rho C_\varphi}{\varepsilon_0}} \quad (7)$$

$$\sigma_y + p = 0 \quad (\text{для } x = h) \quad (p = 100 \text{ кПа} - \text{атмосферний тиск}). \quad (8)$$

Тут  $\gamma_1 = \int_0^h w_1 dx$  – електрична складова ПЕ;  $\gamma_2 = \int_0^h w_2 dx$  – механі-

чна складова ПЕ;  $w_1 = \frac{\varepsilon_0}{2} \left( \frac{\partial \Psi}{\partial x} \right)^2$  і  $w_2 = \frac{\sigma_x (\sigma_x - 4\nu \sigma_y)}{2E} + \frac{(1-\nu) \sigma_y^2}{E}$  – густини електричної та механічної складових ПЕ;  $h$  – ефективна товщина поверхневого шару;  $\sigma_{ij}, e_{ij}$  – компоненти тензорів напружень  $\hat{\sigma}$  і де-

формацій  $\hat{e}$  ( $i, j = 1, 2, 3$ );  $\sigma_{11} = \sigma_{xx} \equiv \sigma_x$ ;  $\sigma_{22} = \sigma_{yy} \equiv \sigma_y$ ;  $\mu_c, c$  – хімічний потенціал і концентрація домішки;  $\delta_{ij}$  – символи Кронекера;  $e$  – перший інваріант тензора деформацій;  $\rho$  – питома густина матеріалу;  $\omega_x, \omega$  – просторова і масова густини електричного заряду відповідно;  $\varphi = \Phi - \Phi_0$  – відхилення модифікованого хімічного потенціалу  $\Phi$  електричних зарядів від його рівноважного значення  $\Phi_0$  в об'ємі тіла далеко від поверхні;  $\Psi$  – скалярний потенціал напруженості електричного поля;  $\psi = \Psi - \Psi_0$  – відхилення потенціалу  $\Psi$  від його рівноважного значення  $\Psi_0$ ;  $\vec{E} = \nabla \Psi = \text{grad} \Psi$  – напруженість електричного поля;  $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м – електрична стала;  $\Delta T = T - T_0$  – зміна температури;  $K, G$  – коефіцієнти всестороннього стиску і зсуву;  $E, \nu$  – модуль Юнга і коефіцієнт Пуассона;  $C_\varphi$  – питома електроємність;  $\xi, k, \alpha, \beta, \beta_c, \gamma, \eta_c, d_c, d_t$  – фізичні характеристики матеріалу, що входять у рівняння стану [1].

Для більшої адекватності моделі (1)–(8) необхідно врахувати зміщення  $Z_b$  подвійного електричного шару в глибину металу. Для зміщення  $Z_b$  використовуємо відому формулу [3]:

$$Z_b = (3/(4k_f)) \times (\pi/2 + (E_f/E_v - 1) \times \arctg(E_v/E_f)^{1/2} - (E_f/E_v)^{1/2}), \quad (9)$$

де  $Z_b$  – ширина подвійного електричного шару на поверхні металу (аналітичний вираз для  $Z_b$  отримано Sugiyama A., 1961 р.);  $E_f$  – енергія Фермі;  $E_v$  – робота виходу електрона з металу;  $k_f$  – хвильовий вектор Фермі. Числові значення  $E_f, E_v, k_f, Z_b$  для заліза (Fe), золота (Au), срібла (Ag), алюмінію (Al) приведено в додатках монографії [3].

Співвідношення (1)–(9) складають систему рівнянь імітаційного моделювання для визначення фізичних  $\xi, k, \beta, C_\varphi, \Phi_0$  і геометричної  $h$  характеристик поверхневого шару.

В алгоритмі імітаційного моделювання виділимо чотири основні етапи. На першому етапі, використовуючи рівняння рівноваги для  $\hat{\sigma}$  (1) і співвідношення для  $\Delta\varphi$  (1), яке впливає з рівнянь Максвелла, рівняння стану (3)–(5), а також граничну умови (2), на основі методу розкладу  $\varphi$  і переміщень в ряди за малим параметром  $b_m = \beta\Phi_0$ , знайдено формально три наближення (нульове, перше, друге) розподілу заряду  $\omega$  і нормальних механічних напружень  $\sigma_{rr}, \sigma_{\theta\theta}$  від координати  $r$  і параметра  $k$  за методикою праці [3].

На другому етапі алгоритму спрямовуємо радіус  $R$  до безмежності і отримуємо формальні формули для  $\omega, \sigma_x, \sigma_y$  в залежності від коорди-

нати  $x$  і параметра  $k$ , не конкретизуючи числові константи для матеріалу.

На третьому етапі вирази для  $\omega$ ,  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$  підставляємо в співвідношення (6)-(8) (для поверхневого натягу (6), ПЕ (6), в умову рівноваги поверхневого шару (7), в умову оцінювання товщини поверхневого шару  $h$  (8)). Для системи (6)-(8) потрібно задати тільки два числові значення  $\sigma_h$ ,  $\gamma$  (крім відомих  $E$ ,  $\nu$ ,  $E_v$  тощо), які відомі з експерименту і достовірних результатів моделювання ( $\sigma_h$  – визначають на основі експерименту, для  $\gamma$  – відомі часткові результати експериментальних досліджень і значний багаж теоретичних моделей (огляд основних моделей є в монографії [3])).

Таким чином на третьому етапі в результаті обчислювального експерименту (імітаційного моделювання), отримуємо 4 важливі фізичні характеристики матеріалу (металу, діелектрика чи напівпровідника) –  $\xi$ ,  $k$ ,  $\beta$ ,  $h$ . На основі цих характеристик можна визначити і величину  $\Phi_0$ , з допомогою якої формулюється гранична умова (2) для модифікованого хімічного потенціалу електронів провідності (чи потенціалу зв'язаних зарядів) [3]:

$$\Phi_0 = -1.6 \times 10^{-19} \times W_v \times (2 - \exp(-k \times Z_b)) / (2 \times \epsilon_0 \times k^2). \quad (10)$$

Тут  $W_v$  – число електронів провідності в одиниці об'єму для металу (число атомів в одиниці об'єму для напівпровідника чи діелектрика) [3].

На четвертому етапі проводимо оцінювання наближень, які використано в результаті реалізації процедури методу розкладу по малому параметру. Як тестові приклади приймаємо до уваги часткові результати числових розрахунків для заліза (Fe), золота (Au), срібла (Ag), алюмінію (Al) [3].

Ці чотири етапи характеризують обернену задачу фізики поверхневих явищ, в результаті якої можна отримати низку фізичних характеристик  $\xi$ ,  $k$ ,  $\beta$ ,  $h$  для металів, напівпровідників, діелектриків.

Відповідний алгоритм для оберненої задачі реалізовано авторами даної публікації вперше для кремнію (Si) (напівпровідника), свинцю (Pb) (металу), кварцу (SiO<sub>2</sub>) (діелектрика). Отримані в результаті імітаційного моделювання дані відповідають бездомішковим матеріалам при температурі  $T=20$  °C і атмосферному тиску

$$p = 100 \text{ кПа.}$$

## Література

1. Коман Б. П. Внутренние механические напряжения, термодинамические и адгезионные параметры в системе металлический конденсат–монокристаллический кремний / Б. П. Коман, В. Н. Юзевич // Физика твердого тела. – 2012. – Т. 54, вып. 7. – С. 1335-1341.

2. Кобелева Р. М. К теории электронной составляющей силы взаимодействия металлических тел / Р. М. Кобелева, О. М. Розенталь, А. В. Кобелев // Коллоидный журнал. – 1977. – Т. 39, № 2. – С. 295-301.

3. Юзевич В. М. Діагностика матеріалів і середовищ. Енергетичні характеристики поверхневих шарів / В. М. Юзевич, П. М. Сопрунок. – Львів: ФМІ ім. Г. В. Карпенка НАН України, вид-во “СПОЛОМ”. – 2005. – 292 с.

УДК 621.928.6

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗДЕЛЕНИЯ ПОРОШКОВ НА ФРАКЦИИ В ГРАВИТАЦИОННОМ КЛАССИФИКАТОРЕ**

С. В. Ярмолик, Д. И. Чиркун, А.Э. Левданский, Э. И. Левданский  
*Белорусский государственный технологический университет,  
Республика Беларусь*

Классификаторы в промышленности служат для получения порошков требуемого гранулометрического состава. Технологическая задача процесса классификации сводится к разделению исходного полидисперсного материала на два или более классов крупности.

Авторами представленного материала разработана, запатентована и экспериментально исследована новая конструкция воздушного гравитационного классификатора с двумя ступенями разделения: гравитационной и отбойно-вихревой [1, 2]. Предварительные эксперименты доказали высокую эффективность разработанного аппарата при классификации кварцевого песка, гипса, сильвинита. Поэтому целью дальнейших исследований являлось моделирование движения воздушного потока с полидисперсными твердыми частицами в классификаторе для получения данных о влиянии технологических, конструктивных параметров аппарата на процесс разделения в целом и граничный размер разделения в частности.

Конструкция классификатора представляет собой вертикальный цилиндрический пустотельный корпус с пересыпными элементами. Осесимметрично корпусу установлен вал с распределительными дисками. В верхней части корпуса смонтировано сепарирующее колесо. Более подробно аппарат описан в статье [2].

При работе классификатора воздух поднимается в полом корпусе снизу вверх, обтекает вращающийся вал с распределительными дисками, пронизывает слои частиц, сходящих с пересыпных элементов корпуса и распределительных дисков, подхватывает мелкие и легкие частицы, проходит через вращающееся сепарирующее колесо и направляется в циклон для отделения мелкой фракции (мелкого класса). Крупные частицы под действием силы тяжести движутся вниз и попадают в крупную фракцию (крупный класс). Частицы граничного или близкого к нему размера могут некоторое время циркулировать в рабочем объе-

ме классификатора и попадать в тот или другой класс крупности случайно. Поэтому для повышения четкости разделения в классификаторе служит сепарирующее колесо, которое при вращении препятствует попаданию в мелкий продукт крупных частиц.

В первую очередь при исследовании было смоделировано движение чистого воздуха в классификаторе. Для этого использовались программные продукты Ansys Fluent и Solid Works Flow Simulation. В результате моделирования получены профили скоростей и проанализирован механизм обтекания воздухом вращающегося вала с дисками и пересыпных конусов при различных расходах воздуха. Моделирование показало, что в классификаторе присутствуют устойчивые контуры циркуляции потока над вращающимися дисками и пересыпными элементами. Воздух движется зигзагообразно, следовательно, происходит многократная поперечно-поточная классификация.

Статистическая обработка профилей полного давления при различных расходах воздуха позволила получить график гидравлического сопротивления классификатора и рассчитать коэффициент сопротивления  $\zeta = 290$  (рис. 1).

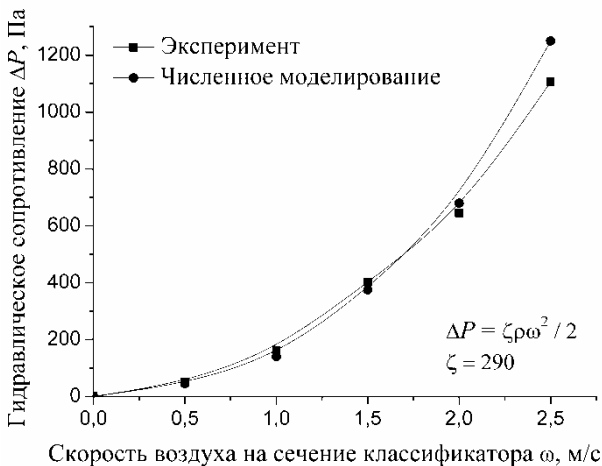


Рис. 1. Гидравлическое сопротивление классификатора

Результаты моделирования имеют высокую сходимость с экспериментом. Однако с увеличением скорости наблюдается растущее расхождение. Это объясняется недостатком использованной при расчетах модели турбулентности  $k-\epsilon$ , которая некорректно рассчитывает потоки с большой анизотропностью турбулентности.

Движение твердых частиц моделировалось методом пробных частиц как движение в установившемся потоке текучей среды, силовым и

тепловым воздействием частиц на течение газовой фазы пренебрегали. Взаимодействие частиц с элементами классификатора учитывалось как упругий удар.

Граничный размер разделения при моделировании определялся следующим образом. В расчетный объем через загрузочный патрубок вводился материал с частицами различного размера. На выходах из классификатора фиксировались размер и количество проходящих через контрольное сечение частиц. Если количество частиц в мелком и крупном классе совпадало, то их размер являлся граничным для текущих параметров классификации. На рис. 2 представлены результаты расчета граничного размера в сопоставлении с экспериментальными данными при классификации кварцевого песка.

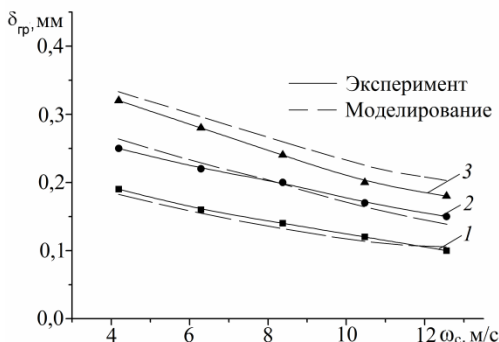


Рис. 2. Зависимость граничного размера разделения  $\delta_{гр}$  от линейной скорости стержней  $\omega_c$  сепарирующего колеса при средней скорости воздуха: 1 – 0,8 м/с; 2 – 1,6 м/с; 3 – 2,2 м/с

Из графиков (рис. 2) видно, что результаты моделирования хорошо согласуются с экспериментальными данными, особенно при небольших скоростях воздуха в классификаторе. Увеличение скорости воздуха приводит к росту погрешности моделирования. Как уже отмечалось выше, это связано с ограниченными возможностями применяемой модели турбулентности. Но так как исследуемый классификатор работает в основном при средних скоростях воздуха 1 – 3 м/с, то данный недостаток не имеет серьезного значения и можно признать результаты моделирования удовлетворительными.

**Заклучение.** В результате проведенных исследований смоделировано движение воздушного потока с полидисперсными твердыми частицами в классификаторе. Установлен и изучен поперечно-поточный характер движения воздуха и твердых частиц в аппарате. Изучено влияние на сопротивление классификатора средней по отношению к поперечному сечению скорости воздуха и частоты вращения сепарирующего колеса, при аппроксимации полученных зависимостей полу-

чено значение коэффициента сопротивления. Рассчитан граничный размер разделения частиц при моделировании классификации кварцевого песка и сопоставлен с результатами экспериментальных исследований. Установлена удовлетворительная сходимости расчетных и экспериментальных значений. Разработанную модель можно использовать для расчета процесса классификации сыпучих материалов.

### **Литература**

1. Классификатор: пат. 14620 Респ. Беларусь, МПК7 В 07В 4/00 / С. В. Ярмолик, А. Э. Левданский, Д. И. Чиркун, Э. И. Левданский, Е. В. Опимах; заявитель С. В. Ярмолик. – № а 20090857; заявл. 11.06.09; опубл. 28.02.11 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2011. – № 1. – С. 67.
2. Влияние отбойно-вихревой ступени разделения на эффективность гравитационного классификатора / Д. И. Чиркун [и др.] // Труды БГТУ. Сер. III, Химия и технология неорганич. в-в. – 2009. – Вып. XVII. – С. 179–181.





**СЕКЦІЯ 2**  
**СУЧАСНІ АСПЕКТИ МАТЕМАТИЧНОГО ТА**  
**ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ**  
**У ВИРОБНИЦТВІ**

## МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИМИ И СОЦИАЛЬНЫМИ ПРОЦЕССАМИ РЕГИОНА

И.В.Белицкая, Ю.А.Чернявский

*Академия управления при Президенте Республики Беларусь,  
Республика Беларусь*

Проблема повышения эффективности процесса подготовки, переподготовки и повышения квалификации управленческого аппарата для государственных органов и различных отраслей экономики занимает центральное место в современных условиях интенсивного создания и развития новых технологий во всех сферах деятельности человека. Целью проводимых в Академии управления при Президенте Республики Беларусь работ является создание необходимых информационно-технологических средств как основы для реализации учебного процесса подготовки руководящих кадров на базе инновационных технологий ситуационного моделирования в среде государственных информационных ресурсов, а также разработка комплекса учебно-прикладных программных тренажеров, моделирующих процессы управления различными социальными и экономическими объектами.

Научный коллектив лаборатории ситуационного моделирования с 2011 года последовательно ведет разработку программных тренажеров – симуляторов, создаваемых на основе имитационных моделей для всех указанных специальностей. В частности в 2012 г. была создана математическая модель и программное обеспечение тренажера «Управление предприятием на конкурентном рынке» для специальности «Экономика и управление на предприятии промышленности». Тренажер эффективно используется для обучения слушателей Академии управления решению сложных оптимизационных задач управления предприятиями в условиях рынка. Результаты деятельности виртуальных предприятий, формируемых обучаемыми, оцениваются при различных стратегиях ведения бизнеса. В качестве целевых функций в данном тренажере использованы «бизнес-рейтинги» предприятий, которые учитывают комплекс факторов и предложено рассчитывать по формуле:

$$\text{БРП} = \text{РП} + \text{ПС} + \text{ПП} + \text{ДР} + \text{РС} + \text{ЭЗП}, \quad (1)$$

где РП – рентабельность продукции; ПС – потенциал спроса; ПП – потенциал предложения; ДР – доля рынка; РС – относительный рост доли рынка (спроса); ЭЗП – эффективность загрузки предприятия.

Тренажер-симулятор, реализующий имитационную модель управления экономическими и социальными процессами региона создается с целью расширения функциональных возможностей тренажера

«Управление предприятием на конкурентном рынке» и позволит осуществлять сравнительную оценку эффективности работы предприятий в реальной системе участников экономических отношений, с учетом направлений инвестиционной политики предприятия, разных объемов и видов выпускаемой продукции, коэффициентов рентабельности собственного капитала, оборотных и необоротных средств, инвестиций и продаж.

В основу данной модели положен современный опыт исследования вопросов математического моделирования социально-экономических систем [1,2,3] на основе базовых динамических моделей. Иллюстрацией этих систем может служить модель кругооборота ресурсов, товаров, услуг и денег.



Рис. 1 – Модель экономического кругооборота

В модели, в частности, реализуется концептуальная схема Вальраса конкурентного равновесия для экономики с  $l$  потребителями ( $i = 1, \dots, l$ ),  $m$  производителями ( $k = 1, \dots, m$ ) и  $n$  типами товаров ( $j = 1, \dots, n$ ).

Функция спроса потребителя задается следующим образом:

$$\Phi(p) = \begin{cases} x' : x \in X(p), u(x') = \max_{x \in X(p)} u(p); \\ 0, \text{ если максимум не достигается.} \end{cases} \quad (2)$$

где  $x' = (x_1, \dots, x_n)'$  – вектор-столбец товаров;  $p$  – цена;  $u(x)$  – индикатор предпочтений (функция полезности).

За функцию предложения фирмы принят один или несколько векторов затрат-выпуска, которые при заданных ценах максимизируют прибыль:

$$\Psi_k(p) = \{y_k : y_k \in Y_k, p y_k' = \max_{y_k \in Y_k} p y_k'\} \quad (3)$$

где  $y' = (y_1, \dots, y_n)'$  – вектор-столбец затрат-выпуска  $k$ -го производителя.

В такой модели конкурентное равновесие достигается, если совокупный спрос совпадает с совокупным предложением.

Государство в предлагаемой модели играет роль регулятора рынка ресурсов и рынка товаров и услуг.

Реализация данной модели позволяет обучаемым детально рассмотреть различные подходы к формированию стратегии развития предприятия, направленные на эффективное вложение капитала и его возврат, например таких как:

- стратегия высоких цен и «малых» объемов производства;
- стратегия низких цен и «массового» производства; инвестирование с целью получения доходов за счет разницы между ценой приобретения ресурсов (активов) и более высокой ценой реализации – политика роста;
- стратегия умеренного роста.

Разработанные модели, алгоритмы и программное обеспечение позволят обеспечить эффективную консолидацию, целенаправленное использование и развитие организационных возможностей общества и государства на основе широкого применения новейших информационно-аналитических методов, что позволит обеспечить поддержку принятия управленческих решений на основе комплексного мониторинга факторов влияния на развитие процессов.

### **Литература**

1. Капица С.П., Курдюмов С.П., Малинецкий Г.Г. Синергетика и прогнозы будущего. - М.: Наука, 1997.
2. Плотинский Ю.М. Модели социальных процессов. – М.: Логос, 2001.
3. Колемаев В.А. Математическая экономика: Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2002. – 399с.

УДК 622.23.05:004.942

## **ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПРИВОДЕ РЕЗАНИЯ ОЧИСТНЫХ КОМБАЙНОВ**

А.В. Бубликов

*Государственное высшее учебное заведение “Национальный горный университет”, Украина*

Проблема неэффективного управления горными машинами с точки зрения удельных энергозатрат на добычу угля сегодня стоит особенно остро с учетом интенсификации добычных работ. Постоянное увеличение энерговооруженности горных машин нового поколения без решения проблемы поиска их энергоэффективных режимов работ еще больше усугубляет ситуацию с завышенным удельным энергопотреблением при добыче угля. Существует несколько способов снижения

удельных энергозатрат на добычу угля: совершенствование технологии разработки пласта, улучшение конструктивного исполнения отдельных узлов или алгоритмов управления горными машинами. В последнем случае важно установить закономерности изменения параметров, характеризующих физические процессы при работе машин, которые свойственны энергоэффективным режимам работы, для использования данной информации в алгоритмах поиска энергоэффективных режимов работы при управлении горными машинами. С этой целью предложена имитационная модель «забой – шнек – электродвигатель привода резания», в основу которой заложены известные методики расчета силовых характеристик очистного комбайна [1], математическое описание преобразования энергии в электроприводе [2], и результаты многочисленных исследований статистической динамики очистного комбайна для имитации нагрузки на исполнительном органе очистного комбайна, а также горно-геологические параметры пласта.

Модель, представленная на рис.1, состоит из двух частей. С помощью блоков первой части модели (высокочастотная составляющая (ВЧС), низкочастотная составляющая (НЧС), конструктивная составляющая (КС) и погрузочная составляющая (ПС)) имитируется момент сопротивления на шнеке  $M_{\text{шн}}$ . С помощью блоков второй части модели (механическая часть привода (МЧП) и электромагнитная часть привода (ЭМЧП)) имитируется электромеханическое преобразование энергии.

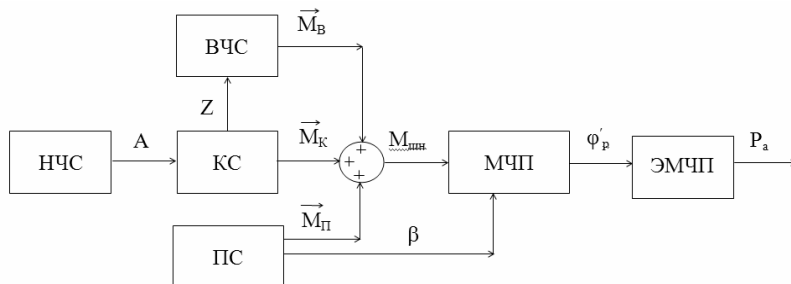


Рис. 1. Структурная схема имитационной модели «забой – шнек – электродвигатель привода резания»

Блок имитации низкочастотных колебаний сопротивляемости угля резанию вдоль забоя (НЧС на рис.1) представляет собой генератор случайного сигнала, автокорреляционная функция которого следующего вида:

$$R_A(\tau) = D_A \cdot e^{-\alpha_1 V_n \cdot \tau} + D_A \cdot (1 - k) \cdot e^{-\alpha_2 V_p \cdot \tau}, \text{ (Н/мм)}^2,$$

где  $\alpha_1$  – коэффициент затухания корреляционной функции пространственного распределения сопротивляемости угля резанию вдоль пласта,  $\text{м}^{-1}$ ;  $V_n$  – скорость подачи очистного комбайна,  $\text{м/с}$ ;  $\alpha_2$  – коэффициент затухания корреляционной функции пространственного распределения сопротивляемости угля резанию вдоль траектории движения реза,  $\text{м}^{-1}$ ;  $V_p$  – скорость резания,  $\text{м/с}$ ;  $D_A$  – дисперсия сопротивляемости угля резанию,  $(\text{Н/мм})^2$ ;  $k$  – коэффициент отношения дисперсий составляющих автокорреляционной функции. Выходная величина блока НЧС подчинена нормальному закону распределения.

В блоке имитации конструктивной компоненты момента сопротивления на шнеке (КС на рис.1) вычисляется текущая сила резания на резах. В основе метода расчета силы резания лежат результаты экспериментальных исследований процесса резания угольного массива эталонным резаком [1]. В процессе данных экспериментальных исследований установлена аналитическая зависимость между силой резания на резах  $Z$  и сопротивляемостью угля резанию  $A$ :  $Z(A)$ . Влияние параметров, которые отличаются от эталонных значений, учитывается с помощью соответствующих поправочных коэффициентов. Выходной величиной блока КС является конструктивная компонента момента сопротивления на шнеке:

$$M_K(\varphi) = 0,5 \cdot D \cdot Z(\varphi, A), \text{ Н}\cdot\text{м},$$

где  $D$  – диаметр шнека,  $\text{м}$ ;  $\varphi$  – угол поворота шнека, град.

Блок имитации высокочастотной компоненты момента сопротивления на шнеке (ВЧС на рис. 1) представляет собой генератор случайного сигнала, который имеет автокорреляционную функцию белого шума. Выходная случайная величина блока ВЧС подчинена гамма закону распределения с математическим ожиданием, равным нулю, и дисперсией:

$$D_B = ((0,56 \cdot Z(A) + 50) \cdot \sqrt{n} \cdot 0,5 \cdot D)^2, (\text{Н}\cdot\text{м})^2,$$

где  $n$  – количество резов, находящихся в контакте с угольным массивом.

В блоке имитации компоненты момента сопротивления, которая связана с транспортированием и погрузкой угля, (ПС на рис. 1) применяется математическая модель транспортирования и погрузки угля шнеком [4]. Согласно данной модели, давление угля на поверхности шнека имеет различные закономерности изменения во времени в процессе оборота шнека в зависимости от соотношения текущих значений объема рабочего пространства шнека и объема угля в данном пространстве, и от состояния окна выгрузки угля. Можно выделить четыре различные фазы процесса транспортирования и погрузки угля шнеком. В течение первой фазы уголь транспортируется в ненапряженном состоянии, контактируя только с лопастью. Вторая фаза имеет место

на интервале поворота шнека, когда уголь продолжает перемещаться практически в ненапряженном состоянии, однако контактируя не только с лопастью, но и с трубой исполнительного органа. Третья фаза соответствует режиму работы шнека, при котором объем угля, поступившего в рабочий объем исполнительного органа, начинает его превосходить. Поэтому транспортируемая масса угля рассматривается как объемно сжатая сыпучая среда, в которой образуются уплотненные тела клиновидной формы. Формирующееся давление угля на этой фазе и его нарастание значительно превышает эти величины на предыдущих фазах и достигает 300 кПа. В момент открытия окна выгрузки наступает четвертая фаза. Ее особенностью является сочетание во времени двух процессов, происходящих на данной стадии вращения шнека – выгрузки угля из рабочего пространства и его погрузки на забойный конвейер. Четвертая фаза также отличается повышенной затратой энергии на погрузку угля из-за наличия значительного по величине лобового сопротивления.

Для каждой фазы в процессе анализа данных, полученных в ходе многочисленных экспериментов, определена аналитическая зависимость давления угля на поверхности шнека от угла поворота шнека  $p_{инн}(\varphi)$ . Выходной величиной блока ПС является компонента момента сопротивления, которая связана с транспортированием и погрузкой угля шнеком:

$$M_{П}(\varphi) = D \cdot p_{инн}(\varphi) \cdot S(\varphi) \cdot [f \cdot \cos(\gamma) + \cos(\gamma)], \text{ Н}\cdot\text{м},$$

где  $S$  – площадь контакта угля с поверхностями шнека,  $\text{м}^2$ ;  $f$  – коэффициент сопротивления перемещению угля;  $\gamma$  – угол между перпендикуляром к поверхности лопасти и плоскостью поперечного сечения шнека, рад.

Второй выходной величиной блока ПС является коэффициент линейаризованного внутреннего сопротивления механической части электропривода резания:

$$\beta = 2 \cdot \xi \cdot \sqrt{c \cdot J}, \text{ Н}\cdot\text{м}\cdot\text{с},$$

где  $J$  – суммарный момент инерции, приведенный к валу электродвигателя,  $\text{кг}\cdot\text{м}^2$ ;  $c$  – коэффициент жесткости трансмиссии электропривода, приведенный к валу электродвигателя,  $\text{Н}\cdot\text{м}$ ;  $\xi$  – относительный безразмерный коэффициент, эквивалентный вязкому трению (равен 0,15 в течение первой фазы транспортирования угля; 0,21 – в течение второй; 0,7 – в течение третьей и четвертой фаз транспортирования и погрузки угля).

Блок МЧП представляет собой уравнения для двумассовой расчетной электромеханической схемы, которая описывает электромеханическую часть привода резания [2]. В блоке ЭМЧП используется математическое описание процессов, имеющих место при преобразовании

энергии в асинхронном электродвигателе привода резания [2]. Это система уравнений электромеханического преобразования энергии, записанных относительно системы координат  $\alpha, \beta$ . Выходной величиной модели является активная мощность электродвигателя привода резания.

Таким образом, в имитационной модели «забой – шнек – электродвигатель привода резания» впервые совместно имитируются в пространстве и времени процессы резания угля резцами исполнительного органа, транспортирования и погрузки угля шнеком, формирования механических моментов в редукторе привода резания и преобразования энергии в асинхронном электродвигателе.

### Литература

1. Позин Е. З. Разрушение углей выемочными машинами / Е. З. Позин, В. З. Меламед, В. В. Тон. — М. : Недра, 1984. — 288 с.
2. Стариков Б. Я. Асинхронный электропривод очистных комбайнов / Б. Я. Стариков, В. Л. Азарх, З. М. Рабинович. — М. : Недра, 1981. — 288 с.
3. Докукин А. В. Статистическая динамика горных машин / А. В. Докукин, Ю. Д. Красников, З. Я. Хургин. — М. : Машиностроение, 1978. — 239 с.
4. Бойко Н. Г. Погрузка угля очистными комбайнами / Бойко Н. Г. — Донецк : ДонНТУ, 2002. — 157 с.

УДК 519.85

## НЕЛИНЕЙНАЯ НЕСЕПАРАБЕЛЬНАЯ ЗАДАЧА РАЦИОНАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МНОГОМЕРНОГО РЕСУРСА ПРИ МНОГОНОМЕНКЛАТУРНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

<sup>1</sup>Л.Г. Раскин, <sup>1</sup>О.В. Серая, <sup>2</sup>Т.И. Каткова

<sup>1</sup>*Национальный технический университет «ХПИ», Украина*

<sup>2</sup>*Бердянский университет менеджмента и бизнеса, Украина*

Многочисленные задачи планирования в экономике, технике, военном деле и т.п. сводятся к математической модели, типичной для так называемых задач рационального распределения многомерного ресурса [1-4]. Характерная особенность формулировки таких задач: линейная или нелинейная сепарабельная целевая функция и линейные ограничения. Вместе с тем, в экономических приложениях для описания функции прибыли, получаемой от распределения ресурса, предлагается более адекватная модель, приводящая к аддитивно-мультипликативной функции типа Кобба-Дугласа [5]. Понятно, что традиционные методы решения задачи в этом случае не эффективны.

В условиях ненасыщенного рынка задача рационального распределения многомерного ресурса при производстве многономенклатурного продукта распадается на две подзадачи.



Подзадача 1. Отыскание рационального плана производства многономенклатурного продукта, обеспечивающего максимальную прибыль от его реализации.

Введем:  $A = (a_1, a_2, \dots, a_m)$  – вектор, задающий количество ресурса каждого вида;  $C_i$  – стоимость единицы ресурса  $i$ -го вида,  $i = 1, 2, \dots, m$ ;  $C_0$  – суммарный финансовый ресурс, распределяемый при планировании производства;  $B = (b_1, b_2, \dots, b_n)$  – искомый вектор распределения ресурса;  $\varphi_j(b_j)$  – функция, определяющая прибыль от реализации  $j$ -го продукта при вложении ресурса  $b_j$  в его производство,  $j = 1, 2, \dots, n$ .

Математическая модель задачи имеет вид: найти набор  $B = (b_1, b_2, \dots, b_n)$ , максимизирующий суммарную прибыль

$$\Phi(B) = \sum_{j=1}^n \varphi_j(b_j) \quad (1)$$

и удовлетворяющий ограничениям

$$\sum_{j=1}^n b_j = C_0, \quad b_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n. \quad (2)$$

Задача решается методом неопределенных множителей Лагранжа.

Полученный набор искомое значение  $b_j$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) входит в число исходных данных для решения подзадачи 2.

Подзадача 2. Рациональное распределение многомерного ресурса при выполнении выработанного плана производства.

Введем матрицу  $X = (x_{ij})$ ,  $x_{ij}$  – количество ресурса  $i$ -го вида, на-

правляемого на изготовление  $j$ -го продукта. Пусть  $\varphi_j(b_j) = \prod_{i=1}^m x_{ij}^{\beta_{ij}}$  – функция, задающая среднюю прибыль, обеспечиваемую реализацией  $j$ -го продукта при вложении  $X_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj})$ .

Теперь сформулируем подзадачу 2 следующим образом: найти матрицу  $X = (x_{ij})$ ,  $i = 1, 2, \dots, m$ ,  $j = 1, 2, \dots, n$ , максимизирующую среднюю суммарную прибыль, соответствующую выбранному распределению многономенклатурного ресурса  $(a_1, a_2, \dots, a_m)$ , вычисляемую по формуле

$$F(x) = \sum_{j=1}^n \prod_{i=1}^m x_{ij}^{\beta_{ij}} \quad (3)$$

и удовлетворяющую ограничениям

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^n C_i x_{ij} = b_i, \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad (5)$$

$$x_{ij} \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad \sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j. \quad (6)$$

Полученная модель задает достаточно сложную задачу математического программирования с нелинейной несепабельной целевой функцией и ограничениями, характерными для распределительных задач линейного программирования. Понятно, что непосредственное решение задачи стандартными методами математического программирования затруднительно.

Приближенное решение может быть получено с использованием следующей процедуры.

Вначале несколько упростим задачу, преобразовав ее ограничения к виду, типичному для транспортных задач линейного программирования. С этой целью введем новые переменные  $z_{ij} = C_i x_{ij}$ . Подставляя эти переменные в ограничения (4) и (5), получим

$$\sum_{j=1}^n z_{ij} = a_i C_i = d_i, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^m z_{ij} = b_j, \quad j = 1, 2, \dots, n, \quad (8)$$

$$z_{ij} \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n. \quad (9)$$

Одновременно преобразуем и целевую функцию (3):

$$F(z) = \sum_{j=1}^n \prod_{i=1}^m \left( \frac{z_{ij}}{C_i} \right)^{\beta_{ij}} = \sum_{j=1}^n G_j \prod_{i=1}^m (z_{ij})^{\beta_{ij}} = \sum_{j=1}^n G_j \prod_{i=1}^m \varphi_{ij}(z_{ij}), \quad (10)$$

где  $G_j = \prod_{i=1}^m \left( \frac{1}{C_i} \right)^{\beta_{ij}}$  – коэффициент, не зависящий от оптимизируемого набора,  $j = 1, 2, \dots, n$ .

Решение задачи достигается в результате реализации двухэтапной процедуры, основанной на следующей теореме.

Теорема. Для того, чтобы набор  $\{z_{ij}^*\}$  был решением задачи (7) – (10) необходимо и достаточно, чтобы этот набор, удовлетворяя (7) – (9), максимизировал  $\Phi_j(z_{ij}) = \prod_{i=1}^m \Phi_{ij}(z_{ij})$ , то есть имело место

$$\prod_{i=1}^m \varphi_{ij}(z_{ij}^*) = \max_{\{z_{ij}\}} \left\{ \prod_{i=1}^m \varphi_{ij}(z_{ij}) \right\} \text{ для всех } j = 1, 2, \dots, n \quad (11).$$

С использованием этой теоремы решение исходной задачи на первом этапе сводится к последовательному решению  $n$  задач (для  $j = 1, 2, \dots, n$ ) типа: найти набор  $\{z_{ij}\}$ , максимизирующий

$$\Phi_j(z_{ij}) = \prod_{i=1}^m \varphi_{ij}(z_{ij}) \quad \text{и} \quad \text{удовлетворяющий} \quad \text{ограничениям}$$

$$\sum_{i=1}^m z_{ij} = b_j, \quad z_{ij} \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n.$$

Если в результате решения всех  $n$  задач первого этапа получена матрица  $\{z_{ij}\}$ , компоненты которой удовлетворяют ограничениям (7), то эта матрица после возвращения к исходным переменным  $x_{ij}$  определяет искомое решение задачи. В противном случае на втором этапе выполняется коррекция матрицы, полученной на первом этапе. Процедура коррекции продолжается до выполнения всех ограничений (7).

Выводы. Рассмотрена задача рационального распределения  $n$  многомерного ресурса при производстве многономенклатурного продукта. Для решения возникающей при этом нелинейной несепарабельной задачи математического программирования предложена двухэтапная процедура. На первом этапе отыскивается начальный план задачи, который на втором этапе итерационно корректируется. Сходимость процедуры обеспечивается конструктивно.

## Литература

1. Гурин Л.С. Задачи и методы оптимального распределения ресурсов / Л.С. Гурин, Я.С. Дымарский, А.Д. Меркулов. – М.: Сов. радио, 1968. – 463с.
2. Раскин Л.Г. Анализ сложных систем и элементы теории оптимального управления / Л.Г. Раскин. – М.: Сов. Радио, 1976. – 344с.
3. Серая О.В. Методика решения нелинейной задачи распределения многомерного ресурса / О.В. Серая, Л.Г. Раскин // Вестник НТУ «ХПИ»: сб. науч. тр. Нац. техн. ун-та «ХПИ». - №56. – Х.: НТУ «ХПИ», 2005. – С. 137 – 144.
4. Серая О.В. Многомерные модели логистики в условиях неопределенности / О.В. Серая. – Х.: ФЛ-П Стеценко, 2010.-512с.

УДК 004.2

**ПІДХІД ДО ПЕРЕВІРКИ ВІДПОВІДНОСТІ МОДЕЛІ  
УПРАВЛІННЯ ІМПУЛЬСНИМИ ЗАСОБАМИ  
БАГАТОПЛАНОВОГО ЗАХИСТУ ПОТРЕБАМ  
ПІДПРИЄМСТВА ТА СЕРЕДОВИЩА**

<sup>1</sup>О.О. Кряжич, <sup>2</sup>В.Д. Захматов, <sup>1</sup>Н.П. Каревіна

<sup>1</sup>*Інститут проблем математичних машин і систем НАН України, Україна*

<sup>2</sup>*Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору  
НАН України, Україна*

При розробці моделей виконання функцій і задач управління імпульсним вибухопожежним захистом (ІВЗ) потенційно небезпечного об'єкта постала задача обґрунтування відповідності такої моделі потребам підприємства і оточуючого середовища. Тобто, чи достатньо наявних ресурсів вибухопожежного захисту за розробленою моделлю, щоб забезпечити екологічний баланс середовища та недопустити переходу аварії в катастрофу. При цьому важливим фактором для обґрунтування будь-якої моделі є докази щодо ефективності використання ресурсів (засобів, фінансів, часу, зусиль учасників). Все перелічене в цілому можна описати балансуванням обмеженнями ресурсів і узгодженням інтересів [1-2] шляхом виконання ієрархії повноважень осіб, що приймають рішення (ОПР), як всередині підприємства, так і на рівні взаємовідносин підприємства та оточуючого середовища. Для моделі, яка відбиває розвиток ситуації в аварійному (кризовому) стані, необхідним є врахування часу та ступені виконання регламентних процедур в умовах обмежених ресурсів [3].

З метою обґрунтування відповідності проектованої моделі обробки інформації для підтримки прийняття рішень (ППР) з управління ІВЗ потребам підприємства і середовища, пропонується підхід ідентифікації типів ресурсів на основі балансового методу з використанням вимог стратегічного управління DOTMLPF (табл. 1), яка використовується для обґрунтування ефективності військових операцій, у тому числі рятувальних місій у місцях катастроф [4]. Вимоги стратегічного управління DOTMLPF містять інтерпретації основних термінів, концептуальні основи до формування пріоритетів операцій та багатосторінкові опитувальні таблиці для експертів, на основі яких будується висновок щодо вірогідності ефективності місії.

Таблиця 1. Вимоги стратегічного управління DOTMLPF

Літера /термін	Переклад	Визначення
D – Doctrine	Доктрина	Принципи досягнення цілей
O – Organization	Організація	Організаційна структура системи, зв'язки та повноваження
T – Training	Навчання	Навчання персоналу, підвищення кваліфікації, тренінги і т.ін.
M – Materiel	Матеріальна база	Всі матеріальні ресурси системи, їх стан та ступінь використання, окрім нерухомого майна
L – Leadership	Керівництво	Здатність керівництва впливати на персонал
P – Personnel	Персонал	Співробітники, які забезпечують функціонування системи
F – Facilities	Нерухомість, можливості	Будинки та споруди, які призначені для забезпечення функціонування системи

Окрім зазначеного, існують модифіковані вимоги DOTMLPF-P для окремих місій, де P (Policy) – політика щодо населення та природного середовища.

Для формування підходу за вимогами DOTMLPF-P пропонується всі необхідні для аналізу типи ресурсів визначати за паспортом об'єкта, створеного на основі Плану ліквідації аварійних ситуацій на об'єкті (ПЛАС), зорієнтованого на забезпечення захисту за допомогою імпульсних вибухопожежних засобів. У цьому разі актуальною є задача представлення формального критерію оцінки балансу ресурсів X, виконання регламентних процедур Y, реалізації повноважень персоналу Z та часу виконання дій T, що пропонується у вигляді алгоритму.

Алгоритми можливого розвитку подій та шляхів локалізації та ліквідації ситуації у разі її виникнення на об'єкті наводяться у картках подій ПЛАСу хімічного підприємства. Запропонований підхід до перевірки відповідності за вимогами DOTMLPF-P дозволяє здійснювати обґрунтування оцінок експертів щодо відповідності моделі імпульсного вибухопожежного захисту потребам підприємства та оточуючого середовища. Приклад реалізації підходу наведено в табл. 2.

Наведений підхід до перевірки на відповідність моделі ІВЗ потребам хімічного підприємства, розроблений з використанням балансового методу, дозволяє ОПП отримати інформацію про реальний стан готовності хімічного підприємства протистояти вибухопожежній загрозі в тій мірі, яка не допустить виникнення. Також слід зазначити, що застосування третього – ситуаційного (в умовах можливих масштабів кризи) – рівня обробки інформації для ППР з управління ІВЗ, вимагає деякого поглиблення в запропонованому підході до перевірки. Це обумовлено тим, що на цьому етапі формалізованих варіантів рішень за отриманою інформацією вже може не існувати, і мотивація людини виступить вирішальним фактором реалізації дій. Мотивація відносно ситуаційного управління імпульсним вибухопожежним захистом буде достатньою, якщо в рішенні на виконання дії визначена інформація відносно:

– мети  $F=f(x,y,z, t+\Delta t)$  та окремих завдань за аспектами складної дії  $F(x,y,z,)=F_1+ F_2+\dots+F_i+\dots+F_k$ ;

- достатності ресурсів, їх структурної організації ( $x=x_1+x_2+\dots+x_1+\dots+x_k$ );
- достатності повноважень для здійснення дій в полі повноважень МіС ( $z=z_1+z_2+\dots+z_1+\dots+z_k$ );
- визначеності регламенту функціонування ( $y=y_1+y_2+\dots+y_1+\dots+y_k$ );
- визначеності часових (просторових) обмежень ( $t+\Delta t$ ).

Таблиця 2. Приклад реалізації запропонованого підходу

Літера	Процедури і операції	Формалізоване представлення
1	2	3
D, O, L	Розрахунок часу виконання дій на кожному рівні ІВЗ	Термін дій визначають нормативні документи: $T = t+\Delta t; (t_1+t_2+t_3) \rightarrow opt$
D, M, P, P-2	Усвідомлення завдання ОПР щодо використання ІВЗ у разі аварії	Інформаційну основу складає документ ОПР вищого рівня: $F = f(x, y, z, t+\Delta t)$
M, F	Оцінка обстановки з моменту задіяння імпульсної системи	Інформаційну основу складають дані моніторингу об'єкта, середовища, процесів взаємодії: $X(t); Y(t); Z(t) \rightarrow opt$ ,
D, O	Формулювання плану щодо подолання ситуації	Структурна організація підрозділів, ресурсів та регламенту: $x; y; z; (t+\Delta t)$
L, P, P-2	Формулювання вольового акту за підсумками локалізації та ліквідації аварії за допомогою ІВЗ	Щодо досягнення мети об'єкта: $F(x, y, z) = F_1 + F_2 + \dots + F_1 + \dots + F_k$ $F(x \pm \Delta x; y \pm \Delta t; z \pm \Delta z; t + \Delta t) = F_1 + F_2 + \dots + F_1 + \dots + F_k$ Щодо дотримання екобалансу: $\{F''(x, y, z, t)\} \rightarrow opt$
O, M	Взаємне інформування підрозділів щодо реалізації дій у разі аварії	Завдання: $\{F'''(x, y, z, t)\} = \{F''''(x, y, z, t)\}$ Витрата ресурсів, порушення: $(x, y, z, t + \Delta t)'' = (x, y, z, t + \Delta t)''''$
O, L	Оцінка ситуації	$\{F''''(x, y, z, t)\} = \{F''''(x, y, z, t)\} \rightarrow opt$
T, M	Аналіз ефективності дій з використання ІВЗ у разі аварії	Аналіз економії: $(x, y, z, t + \Delta t)' = (x, y, z, t + \Delta t)'' = (x, y, z, t + \Delta t)''''$
O, T, M, P	Підготовка звіту щодо дій під час аварії	Стан реалізації рішень ОПР: $(x, y, z, t + \Delta t)' = (x, y, z, t + \Delta t)''''$

Кризове управління за своєю суттю є етапом екстреної реорганізації ресурсів під завдання ліквідації кризи [4]. Рішенням для ОПР фактично є терміновий проект об'єкта, який повинен стати системою виведення ситуації з кризи. На цьому етапі залучаються додаткові сторонні ресурси, техніка, яка належить місту чи області для ліквідації аварії на потенційно небезпечному підприємстві [5]. Для формування оціночних значень показника ефективності управління можна використати критерій обмежень ресурсів, засобів, сил, часу для кожної категорії (або інші істотні критерії обмежень), тобто порівняти, яке рішення було прийняте та яке відсоткове значення було досягнуте на основі наявної інформації для забезпечення вирішення задач підприємства і наскільки в цілому підприємство, як відкрита система, було утримане в стані стійкості.

В цілому можна зазначити, що запропонований підхід до перевірки на відповідність моделі імпульсного вибухопожежного захисту потребам хімічного підприємства, розроблений з використанням балансового методу, дозволяє ОПР отримати інформацію про реальний стан готовності хімічного підприємства протистояти вибухопожежній загрозі в тій мірі, яка дозволяє не допустити кризи, шляхом використання

процедур штатного і кризового управління. Запропонований підхід не відкидає експертне оцінювання ефективності роботи, а лише доповнює експертні методи математичним обґрунтуванням.

### **Література**

1. Ведута Н.И. Социально эффективная экономика / Ведута Н.И.; под общ. ред. д-ра экон. наук Е.Н. Ведуты. – М.: Издательство РЭА, 1999. – 254 с.
2. Ведута Е.Н. Статерия и экономическая политика государства / Ведута Е.Н. – М.: Издательство РЭА, 2002. – 364 с.
3. Методические рекомендации по изучению пожаров. – М.: Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2005. – 64 с.
4. Методика DOTMLPF [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pg0.com/dnn/Pg0QsetView/tabid/290/smId/671/ArticleID/13/t/DOTMLPF>.
5. НПБ 56–96. Установки порошкового пожаротушения импульсные. Временные нормы и правила проектирования и эксплуатации. Разраб. ВНИИПО МВДФ от 01.03.97.

УДК 539.4:621.6

### **АЛГОРИТМ И МЕТОДИКА РАСЧЕТА НАПРЯЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ СЛОИСТЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ТЕЛ**

В.В. Можаровский, Д.С. Кузьменков

*Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины, Беларусь*

Разработка современных методов оценки ресурса оборудования из новых материалов, в том числе композиционных, на основе имеющейся диагностической информации, является достаточно актуальной и в настоящее время. Опыт создания таких комплексных программ и методик уже имеется [1]. Следовательно, разработка программного комплекса на ПЭВМ, позволяющего автоматизировать данный процесс, является современной и довольно востребованной.

При определении напряжений и деформаций слоистых цилиндрических тел (например, трубопроводов и систем трубопроводов) из-за сложной геометрии и особенностей конструкционного строения тел (стенок труб), а также в связи с необходимостью моделирования различных слоистых тел, применяется конечно-элементный анализ в двухмерных постановках. Ниже приводятся основные алгоритма и методики расчета напряженно-деформируемого состояния слоистых цилиндрических тел согласно алгоритму [2, 3].

Рассмотрим слоистую цилиндрическую толстостенную трубу (внутренний радиус –  $r_a$ , внешний –  $r_b$ ,  $n$  – число слоев трубы). Труба находится под действием равномерно распределенной термосиловой нагрузки:  $p$  – интенсивность внутреннего нагружения;  $\Delta T$  – темпера-

тура нагружения. Необходимо определить напряжения и деформации, возникающие в трубе под действием нагрузки, т.е. рассматривается осесимметричная термоупругая задача.

Рассмотрим реализацию расчета напряжений слоистых цилиндрических тел (труб). Будем считать, что  $E_y = E_z$ ,  $G_{yy} = G_{zz}$ ,  $\nu_{zx} = \nu_{yx}$ . Напряжения определялись аналогично [3]. Было просчитано множество различных примеров (различные материалы, давление и т.д.). Рассмотрим один из них:  $r_0 = 0.05\text{мм}$ ,  $r_1 = 0.052\text{мм}$ ,  $r_2 = 0.072\text{мм}$ ,  $r_a = 0.074\text{мм}$ ,  $\Delta T = 100\text{К}$ ,  $p_0 = 0.5\text{ГПа}$ . Названия и характеристики материалов многослойных труб приведены в таблице 1.

Таблица 1. Характеристики материалов для примера

Свойства	Т 300/934	Резина	Е-стекло/эпокс.
$E_x$ (GPa)	141.6	1.2	43.4
$E_y$ (GPa)	10.7	1.2	15.2
$G_{zz}$ (GPa)	3.88	0.46	6.14
$\nu_{yx}$	0.268	0.30	0.29
$\nu_{zy}$	0.495	0.30	0.38
$\alpha_x$ ( $10^{-6} \text{K}^{-1}$ )	0.006	110	2.32
$\alpha_y$ ( $10^{-6} \text{K}^{-1}$ )	30.04	110	35.19
$\phi$	60	0	60

Ниже на рисунках 1,2 приведены полученные результаты для рассматриваемого примера ( $r$  приведено в мм., а  $\sigma_r^{(k)}$ ,  $\sigma_z^{(k)}$  в МПа, аналогичные графики построены и для  $\sigma_\theta^{(k)}$ ). На основании полученных результатов можно сделать вывод, что увеличение давления пропорционально ведет к увеличению  $\sigma_r^{(k)}$ ,  $\sigma_\theta^{(k)}$ ,  $\sigma_z^{(k)}$ . Разработанный программный комплекс позволяет свободно варьировать материалами покрытия труб и их характеристиками и показывает правдоподобные результаты.

Была разработана автоматизированная методика расчета напряженно-деформируемого состояния слоистых цилиндрических тел, создан программный комплекс, реализующий расчет напряжений и деформаций слоистых цилиндрических тел (труб и оболочек). Решение рассматриваемой задачи сводится к решению системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Программа по заранее определенному алгоритму строит матрицу системы и вектор свободных членов СЛАУ,



решает ее, определяет напряжения и деформации, выводит результаты в виде таблицы, строит графики зависимости напряжений от радиуса  $r$ . Для граничных значений  $r$  выводятся искомые характеристики для двух материалов.

Также для расчета напряжений и деформаций слоистых цилиндрических тел, находящихся под действием внутреннего давления можно применять метод конечных элементов.

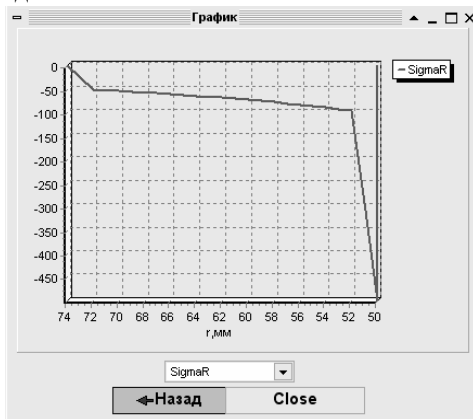


Рис. 1. График зависимости  $\sigma_r^{(k)}$ , от  $r$

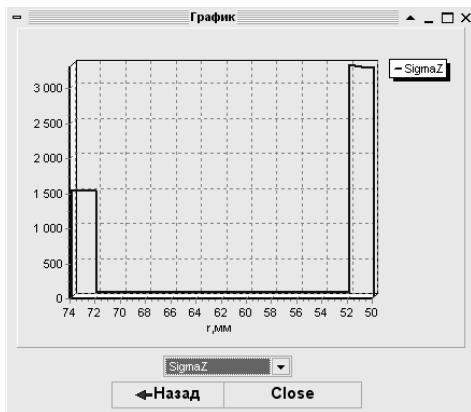


Рис. 2. График зависимости  $\sigma_z^{(k)}$  от  $r$

Из результатов, полученных в примерах, можно сделать вывод, что при уменьшении угла наклона волокон  $\phi$  с той стороны, где угол уменьшается,  $\sigma_\theta^{(k)}$  увеличивается, а с противоположной – уменьшает-

ся. Предложенную в работе методику и программный комплекс можно легко обобщить на другие трубопроводные системы, использующие новые современные материалы.

### **Литература**

1. Можаровський В.В., Мар'їн С.А., Коробійчук І.В., Мар'їна Н.А. // Концепція автоматизації процесу контролю технологічного стану промислових трубопроводних систем, посудин і резервуарів // Вісник Національного університету «Львівська політехніка» Інформаційні системи і мережі, 2011. – №699. – С. 175-184.
2. Можаровский В.В., Марьин С.А., Марьина Н.А. // Напряженно-деформированное состояние слоистых цилиндрических труб // Вестник ХНТУ. – 2008. – № 2(31). – С.304–309.
3. Xia M., Kemmochi K., Takayanagi H. // Analysis of filament-wound fiber-reinforced sandwich pipe under combined internal pressure and thermomechanical loading Takayanagi // Comp. Structures/ – 2001. – № 51. – P 273–283.

УДК 681.3

## **ДВОРІВНЕВІ СЕНСОРНІ МЕРЕЖІ З МОБІЛЬНИМИ ДАТЧИКАМИ**

Д.В. Рагозін

*Незалежний експерт, Desna Embedded Systems, Україна*

При переході від простих моделей сенсорних мереж, добре описаних в літературі [1] до промислових застосувань виникає велика кількість базових вимог, які не були пророблені в багатьох раніше описаних моделях для сенсорних мереж. Зосередимося на застосуваннях сенсорних мереж для задач, де датчики, які подають важливу інформацію про функціонування об'єкту, мають певну ступінь мобільності – тобто переміщуються (можуть переміщуватися) у просторі з явними обмеженнями.

Наведемо приклади таких задач: активні радіомітки для маркування вантажів на складі, коли треба відслідковувати не тільки ввіз-вивіз із складу (як охоронна система), але й переміщення і стан вантажу; пересування та обладнання шахтарів у шахті, що дозволяє за умов аварійних ситуацій мати зв'язок з шахтарями або обладнанням; контроль пересування будівників та цінного обладнання на будівництві, контроль пересування матеріальних цінностей; контроль пересування вантажної техніки у кар'єрі і т.п.).

Головною особливістю таких сенсорних мереж є два рівня побудови мережі – перший складається з маршрутизаторів, які формують цілісну мережу і відслідковують рух датчиків, другий рівень складається з досить простих і автономних датчиків, які можуть пересуватися по території об'єкту. З основних вимог наведемо такі: 1) вартість і час

розгортання мережі – автономні пристрої другого рівня необхідно розставити по об'єкту за невеликий час і бажано при мінімальних витратах на інфраструктуру (будь-які кабелі є досить коштовними та нестійкими що до зовнішнього впливу); 2) вартість підтримки мережі – чи зводиться підтримка лише до зміни батареї або акумулятору (що вже диктує певну інфраструктуру для зберігання та відновлення елементів живлення), або необхідне ще певне технічне обслуговування; 3) вартість пристрою датчика; 4) пікова спроможність мережі відслідковувати переміщення датчиків (кількість датчиків у мережі); 5) можливості аналізу переміщення датчиків в межах мережі; 6) час встановлення оперативного зв'язку з датчиком; 7) масштаб задачі – часто вартість розробки спеціалізованих «дешевих» датчиків вкладається у бюджети лише за умов випуску десятків тисяч одиниць.

Зважаючи на особливості використання мобільних датчиків у типових сенсорних мережах, були проведені досліді, які мали відповісти на такі питання: 1) можливість адаптації локально-синхронних мереж, описаних в [2] до масштабних задач з мобільними датчиками (тисячі датчиків); 2) окреслити коло можливих застосувань таких мереж; 3) виробити моделі і отримати кількісні характеристики таких масштабних мереж.

В межах проведених дослідів були отримані досить обнадійливі результати.

По-перше, вимоги до локально-синхронних сенсорних мереж, які використані як перший рівень мережі з мобільними датчиками, не відрізняються від раніше розглянутих в [2]. Тобто енергоспоживання мережі, яке необхідне для підтримання структури мережі, залишається невеликим, проте енергоспоживання росте пропорційно кількості переміщень (мобільності) датчиків другого рівня мережі та кількості активних датчиків у мережі. Наведемо приклад. При постійному споживанні енергії (тобто радіопередавачі вузлів мережі першого рівня завжди активні) на рівні 30 мА/годину споживання енергії за добу складає 0.75 А/годин, при максимальній ємності батареї типу D (ще знаю як «елемент живлення 373») в 19 А/годин час життя вузлу від однієї батареї складе до 25 діб. Подвійна батарея матиме ресурс до 50 діб, тому підтримка мережі в робочому стані не є неможливим завданням для сервісної служби, оскільки мережа постійно подає дані про стан батареї і заміни можуть проводитися лише при досягненні певною кількістю вузлів певного ступеня розряду батарей. Таким чином, локально-синхронна мережа може бути застосована для мереж з мобільними датчиками.

По-друге, моделювання показує, що масштаб першого рівня мережі повинен бути економічно обґрунтований. Двовимірні об'єкти (інженерні конструкції, трубопроводи, мости, поля розміру 1 км на 1 км або

2 км на 2 км) та обмежено тривимірні об'єкти (шахта, кар'єр) можуть бути ефективно покриті першим рівнем сенсорної мережі при обмеженні кількості вузлів до декількох сотень або тисячі. Це дозволяє заощадити на сервісі, проте на полі 2 км на 2 км маючи покриття вузлами першого рівня через кожні 50 – 75 метрів, кількість базових вузлів сягає двох тисяч, тому сервісна команда має раз на місяць або два обслуговувати кожний вузол. При сервісному регламенті у 3 хвилини на вузол за день одним робітником обслуговується 150 вузлів, при регламенті у 5 хвилин на вузол — від 80 до 90 вузлів. Таким чином великий об'єкт постійно обслуговує сервісний робітник, хоча й невеликої кваліфікації.

По-третє, розроблені під час дослідів моделі показують, що кількісні характеристики дворівневої мережі залежать від вибору алгоритму взаємодії між першим та другим рівнем. Складність протоколу взаємодії вузлів першого і другого (датчиків) рівня невелика, проте обмеження частотних діапазонів призводять до того, що квант часу, відведений для взаємодії вузлів, зменшується, а також при досягненні певної швидкості переміщення датчиків збільшується час між послідовними зв'язками «датчик – будь-який вузол першого рівня», оскільки для ініціювання сеансу зв'язку з вузлом першого рівня необхідний певний час, за який датчик може переміститися до іншого вузлу. Таким чином, датчик повинен накопичувати інформацію про вузли першого рівня, у зоні зв'язку яких він був, і ця інформація про маршрут датчика повинна бути зчитана з датчику під час наступного сеансу зв'язку між датчиком та вузлом першого рівня. Накопичення інформації про маршрут може бути не задіяне при зменшенні мобільності датчиків у мережі, наприклад, при зменшенні переміщень людей у шахті або будівельному майданчику.

Розроблені імітаційні моделі мережі показують, що без значного ускладнення програмного забезпечення мережі можливо обробляти від 2 до 4 тисяч мобільних датчиків, що є непоганою характеристикою для великої кількості господарських потреб. Для зберігання цінностей на складах (де мобільність практично нульова) ця цифра може бути збільшена у рази. Важливим є те, що оператор мережі має змогу налагодити зв'язок безпосередньо з будь-яким датчиком мережі у «діалоговому режимі». Паралельно можливо мати сеанси зв'язку з багатьма датчиками, проте кількість сеансів обмежується ємністю таблиць маршрутів у вузлах першого рівня.

Однак, за наявних задовільних технічних характеристик, основою проблемою є економічне обґрунтування проекту мережі. Проблеми існують як для першого рівня, так і для другого рівня мережі. Датчики другого рівня використовують енергію не тільки для радіопередавача, але й для отримання інформації про стан навколишнього середовища з

фізичних вимірювачів. Навіть за умови однотипних контролерів та радіопередавачів виникає проблема компоновки кінцевих датчиків, бо певна їх кількість може мати нестандартну номенклатуру вимірюваних параметрів. Це означає, що для кожного типу датчика необхідно проводити конструкторські роботи, робити корпус, адаптувати програмне забезпечення та тестувати роботу датчика при різних умовах зовнішнього середовища і у великому інтервалі часу. Також окремий тип датчиків вимагає окремої сертифікації. Таким чином, для кожної окремої галузі використання сенсорної мережі повинно бути обґрунтовано. За умов невеликої території і лише декількох десятків датчиків можливо використання адаптованих ZigBee рішень з виходом на глобальні мережі передачі даних використовуючи стандартні GSM-канали зв'язку.

Вузли першого рівня уніфікуються без особливих витрат, оскільки вимірювальну частину, яка взаємодіє з середовищем, можливо винести у датчик другого рівня. Тому конструкторські роботи, розробка корпусу і сертифікація коштують значно дешевше, адже номенклатура виробів значно зменшена. Проте проблема полягає у моделюванні роботи всієї мережі, оскільки велика кількість датчиків другого рівня генерує досить великий потік даних, який дуже непросто розподілити по мережі. Непоганим варіантом є підключення декількох вузлів першого рівня до глобальної сітки збору даних, оскільки сумарна швидкість каналів «назовні» визначає максимальний потік даних, який може поставляти сенсорна мережа до робочого місця оператора. Збільшення швидкості передачі даних у мережі першого рівня призводить до збільшення енергозатрат, тому моделювання мережі є єдиним способом прогнозування кількісних характеристик роботи мережі.

Зауважимо, що у будь-якому разі значний бюджет виділяється на розробку програмного забезпечення, яке є складним в налагодженні, тому задача уніфікації датчиків та попереднього моделювання є першочерговою. Проте при якісному визначенні вимог до мережі кошторис цих етапів проектування є порівняно невеликим, наприклад значно менше повного кошторису розробки робочого місця оператора.

Наявні моделі мережі використовують в якості апаратного забезпечення радіопередавачі з контролерами фірми Texas Instruments серії MSP CC430 з інтегрованими радіопередавачем та радіоприймачем. На даний момент (середина 2013 року) ці компоненти досить близькі до «золотої середини» якість/бюджет. Проте ціна датчику ще досить велика (більше десяти доларів США), що не дозволяє розглядати таке рішення як дешеве, і до певного часу має сенс використовувати ручну працю на об'єктах, за якими ведеться спостереження. Ми використовуємо моделі і окремі інсталяції на базі контролерів для перевірки результатів моделювання, особливо за параметром «енергоефектив-

ність», що дозволяє коректувати результати моделювання відповідно до реальних випробувань мереж.

**Висновки.** Результати наших досліджень показують, що раніше зроблені локально синхронні сенсорні мережі можна використовувати як основу для сенсорних мереж з мобільними датчиками без переробки основних засад функціонування, але з певним налагодженням програмного забезпечення. Дворівневі мережі з мобільними датчиками закривають певний перелік господарських потреб, але застосування таких мереж потрібно починати з конкретних критичних задач у господарстві, де буде значне зростання ефективності праці. З розвитком розробок ціна рішень буде падати, що дозволить автоматизувати велику кількість інфраструктурних об'єктів.

### **Література**

1. Vidyasagar Potdar, Atif Sharif, and Elizabeth Chang. Vidyasagar Potdar, Atif Sharif, and Elizabeth Chang // In Proc. of 2009 IEEE Intl. Conf. on Advanced Information Networking and Application Workshops. P. 636-641.
2. Рагозин Д. В.. Моделирование синхронизированных сенсорных сетей. Проблемы програмування. 2008. № 2-3. Спеціальний випуск — 721—729 с.

УДК 004.94, 004.075

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ГАЗОБЕТОНА С ПОМОЩЬЮ ИЕРАРХИЧЕСКИХ Е-СЕТЕЙ**

А. А. Серая

*Институт проблем математических машин и систем НАН Украины,  
Украина*

**Введение.** Управляющая система безопасности (УСБ) – система, предназначенная для инициирования действий систем безопасности, осуществления контроля и управления ими в процессе выполнения заданных функций. Исходя из особенностей структуры и процессов функционирования УСБ, для их моделирования необходимо применить такой подход, который позволит учесть вложенность (иерархичность) структур и сложный характер взаимосвязей между элементами УСБ. Следовательно, для моделирования УСБ необходимо иметь сведения о структуре объекта моделирования, логических и функциональных связях его элементов, а также о цели и характере управления для возможности определения частных показателей безопасности. В процессе моделирования следует применять вероятностный анализ безопасности (ВАБ) [1,2].

**Предлагаемый подход.** Определим ВАБ как моделирование возможных аварийных ситуаций на основе знаний взаимодействия УСБ со своим внешним окружением. Благодаря гибкому аппарату иерархи-

ческих E-сетей [3] имитационные модели управляющих систем безопасности, разработанные в системе имитационного моделирования EMS[4], в таком подходе позволяют:

- воссоздать сценарии развития аварий;
- синтезировать алгоритмы функционирования УСБ;
- идентифицировать и определять полное прослеживание аварийных последовательностей с определением их частоты появлений;
- идентифицировать важные с точки зрения риска элементы (процессы) в аварийных последовательностях;
- отображать зависимость систем безопасности от конкретных исходных условий (событий);
- прогнозировать наступление аварийной ситуации и принимать решение о ее недопущении уже в текущий момент времени моделирования.

Процесс производства газобетона – это сложный многоэтапный технологический процесс, сопровождающийся повышенным выделением водорода на начальных стадиях производства. Поэтому задача обеспечения должного функционирования системы вентиляции выходит на первый план среди вопросов безопасности данного производства. Повышенное выделение водорода наблюдается на двух этапах производства: на участке заливки и в камере выдержки. Созданная на основе иерархических E-сетей модель (рис. 1) позволяет прослеживать динамику нарастания концентрации водорода в воздухе в процессе производства и определять параметры вентиляции, необходимые для недопущения аварийной ситуации.

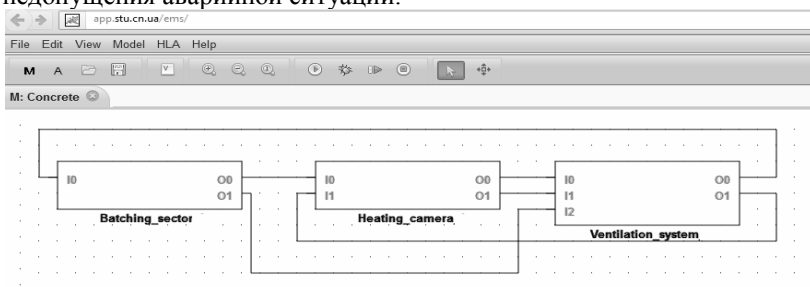


Рис. 1. Модель технологического процесса производства газобетона

На верхнем уровне модель состоит из трех агрегатов, моделирующих работу системы вентиляции (агрегат «Ventilation\_system»), а также секторов заливки и нагрева (агрегаты «Batching\_sector» и «Heating\_camera» соответственно), в которых процесс производства сопровождается активным выделением водорода. В диссертации приведено детальное описание всех агрегатов модели. Агрегаты «Batching\_sector»

и «Heating\_camera» содержат в своей структуре вложенный агрегат «H2» (рис. 2), функционирующий параллельно с другими агрегатами модели и моделирующий непрерывный процесс нарастания концентрации водорода. Полученные данные о концентрации водорода передаются в систему вентиляции в качестве значений атрибутов метки иерархической E-сети.

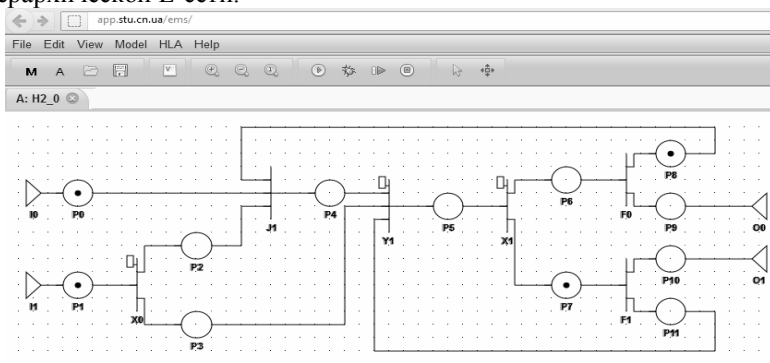


Рис. 2. Вложенный агрегат, моделирующий непрерывный процесс выделения водорода

Моделирование проводилось с условием, что систему вентиляции необходимо включать при достижении гранично допустимой концентрации водорода в воздухе 0,8% и выключать при достижении уровня 0,2% в целях снижения экономических затрат производства. В результате моделирования было установлено, что для решения поставленной задачи необходимо каждые 25 минут запускать систему вентиляции на 5 минут (рис. 3).



Рис. 3. Результаты моделирования – объем и скорость выделения водорода

**Вывод.** Разработанные распределенные имитационные модели процесса функционирования управляющей системы безопасности технологического процесса при производстве газобетона, в отличие от аналитических, позволяют отображать динамику нарастания концентрации водорода в воздухе, определять параметры алгоритма управления, учитывая нестационарный характер процессов, а также предот-



вращать возникновение аварийных ситуаций, контролируя работу системы вентиляции.

### **Литература**

1. Александровская Л.Н. Статистические методы анализа безопасности сложных технических систем: Учебник / Л.Н. Александровская, И.З. Аронов, А.И. Елизаров; под. ред. В.П. Соколова. – М. : Логос, 2001. – 232 С.
2. Kazachkov I.V. Modelling of Potentially Hazardous Objects with Time Shifts / I.V. Kazachkov, Ye.V. Chesnokov, O.M. Kazachkova // WSEAS Trans. on Business & Economics. – 2004. – Issue3, №1. – P. 37-43
3. Казимир В.В. Розподілене моделювання в EMS на основі архітектури HLA / Володимир Вікторович Казимир, Ганна Андріївна Сіра // Математичні машини і системи. – 2011. – № 4. – С. 125-135. – ISSN 1028-9763.
4. Казимир В.В. Розподілена система імітаційного моделювання EMS / В.В. Казимир, Г.А. Сіра, І.І. Мушкетик // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. – 2011. – № 3 (51). – С. 144-153.

УДК 681.5

## **УПРАВЛЕНИЕ МНОГОСВЯЗНЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВСТРОЕННЫХ ОБОБЩЕННЫХ ОБРАТНЫХ МОДЕЛЕЙ**

К.Ю. Соловчук

*Международный научно-учебный центр информационных технологий и систем НАН Украины и МОН Украины, Украина*

Известно [1, 2], что эффективным методом построения систем управления многосвязными объектами при наличии неконтролируемых возмущений, является метод обратного оператора. Реализация этого метода предусматривает использование обратной модели объекта, встроенной в контур обратной связи.

Существенной особенностью метода обратного оператора является то, что в «чистом» виде он ориентирован на случай, когда передаточная матрица объекта является невырожденной. Между тем даже при наличии невырожденной матрицы объекта этот метод приводит к заметному увеличению нормы управляющих воздействий, если передаточная матрица объекта плохо обусловлена. Оказывается, что это «скверное» свойство присуще некоторым технологическим процессам [3].

В теоретическом плане вполне можно вообразить, что при определенных условиях плохо обусловленные передаточные матрицы многосвязных объектов могут вообще выродиться. Для решения задачи управления такими объектами при отсутствие возмущений недавно в работе [4] был предложен и обоснован метод, опирающийся на использование математического аппарата псевдообращения матриц [5]. В настоящей работе этот метод обобщается на случай, когда много-

связный объект подвергнут действию неконтролируемых ограниченных возмущений как и в [2].

Рассматривается многосвязный статический объект, который функционирует в дискретном времени  $n = 0, 1, 2, \dots$  и описывается разностным уравнением

$$y_n = Bu_{n-1} + v_n. \quad (1)$$

где  $B$  – произвольная  $(N \times N)$ -матрица;  $y_n = [y_n^{(1)}, \dots, y_n^{(N)}]^T$  –  $N$ -мерный вектор выходных переменных, доступных для измерения в каждый  $n$ -й дискретный момент времени ( $n = 0, 1, 2, \dots$ );  $u_n = [u_n^{(1)}, \dots, u_n^{(N)}]^T$  –  $N$ -мерный вектор управлений,  $v_n = [v_n^{(1)}, \dots, v_n^{(N)}]^T$  – вектор неизмеряемых возмущений (Т – знак транспонирования). Вводится стандартное предположение, что вектор  $v_n$  ограничен по норме:

$$\|v_n\| \leq \varepsilon. \quad (2)$$

Последовательность  $\{u_n\}$  должна быть ограничена по норме некоторой величиной  $U$ :

$$\|u_n\| \leq U < \infty. \quad (3)$$

Задача состоит в том, чтобы в условиях (2) построить систему стабилизации вектора  $y_n$  на заданном уровне  $y^0 = [y^{0(1)}, \dots, y^{0(N)}]^T$ , удовлетворяющему условию

$$|y^{0(1)}| + \dots + |y^{0(N)}| \neq 0. \quad (4)$$

Введем матрицу

$$\Delta := \tilde{B}_* - B, \quad (5)$$

где  $\tilde{B}_*$  – вырожденная матрица, ближайшая к матрице  $B$  в смысле

$$\tilde{B}_* = \arg \inf_{\tilde{B}: \det \tilde{B} = 0} \|B - \tilde{B}\|. \quad (6)$$

Обозначим через  $I$  единичную  $(N \times N)$ -матрицу. Определим далее матрицу

$$\tilde{B}_*^+ := \lim_{\delta \rightarrow 0} (\tilde{B}_*^T \tilde{B}_* + \delta^2 I)^{-1} \tilde{B}_*^T$$

как матрицу, псевдообратную к матрице  $\tilde{B}_*$  (см. [7, теорема 3.4]).

Оказывается, что справедливо следующее утверждение.

Утверждение: Пусть выполнены ограничения (2), (3), тогда при произвольной ненулевой матрице  $B$  регулятор, описываемый уравнениями

$$u_n = \begin{cases} u_{n-1} + B^{-1}e_n, & \text{если } \|B^{-1}\| \leq 2\|\tilde{B}_*^+\|, \\ u_{n-1} + \tilde{B}_*^+e_n & \text{в противном случае,} \end{cases} \quad (7)$$

в которых  $e_n = y^0 - y_n$  – вектор текущего отклонения  $y_n$  от  $y^0$ , обеспечивают диссипативность замкнутой системы (1), (7). При этом выполняется требование (2) при  $U = 2\|\tilde{B}_*^+\|(\|y^0\| + \varepsilon)$ .

Доказательство этого утверждения существенно использует один из результатов, содержащихся в [6, лемма 7.2], а также тот предварительно установленный факт, что достаточным условием диссипативности рассматриваемой системы является требование

$$\|\tilde{B}_*^+\Delta\| < 1.$$

Реализация регулятора (7) возлагается на обратную модель с передаточной матрицей  $B^{-1}$  (при  $\|B^{-1}\| \leq 2\|\tilde{B}_*^+\|$ ) или на псевдообратную модель с передаточной матрицей  $\tilde{B}_*^+$  (при  $\|B^{-1}\| > 2\|\tilde{B}_*^+\|$ ) и дискретный интегратор (дигратор). Именно эти модели и играют роль встроенных обобщенных псевдообратных моделей.

Для определения матрицы  $\tilde{B}_*$ , удовлетворяющую условию (6), используем стандартный метод множителей Лагранжа для решения задачи условной оптимизации функций многих переменных [8]. При этом функция Лагранжа  $F(\Delta, \lambda)$  с учетом (5) будет иметь вид

$$F(\Delta, \lambda) = \|\Delta\|_E^2 + \lambda \det(B + \Delta),$$

где  $\|\Delta\|_E$  – евклидова норма матрицы

$$\Delta = \begin{pmatrix} \delta_{11} & \dots & \delta_{1N} \\ \dots & \dots & \dots \\ \delta_{M1} & \dots & \delta_{NN} \end{pmatrix},$$

а  $\lambda$  обозначает множитель Лагранжа.

Обращает на себя внимание следующий любопытный факт. Согласно [8] диссипативность замкнутой системы (1), (7) полностью определяется расположением собственных значений  $\lambda_1, \dots, \lambda_N$  матрицы

$$Q := I - \tilde{B}_*^+B. \quad (8)$$

В самом деле при  $\|B^{-1}\| \leq 2\|\tilde{B}_*^+\|$  диссипативность этой системы заведомо гарантируется [2], тогда как при  $\|B^{-1}\| > 2\|\tilde{B}_*^+\|$  это свойство

определяется собственными значениями матрицы  $Q$  вида (8), фигурирующей в уравнении

$$u_n = Qu_{n-1} + \tilde{B}_*^+(y^0 - v_n), \quad (9)$$

описывающие замкнутую систему в этом случае. Но  $1 \leq \text{rank } \tilde{B}_*^+ B < N$  в силу вырожденности матрицы  $\tilde{B}_*$ ; при этом матрица  $\tilde{B}_*^+ B$  будет содержать  $N - \text{rank } \tilde{B}_*^+ B$  нулевых собственных значений. А из выражения (8) согласно [9 п. 2.15.3] следует что при  $\text{rank } \tilde{B}_*^+ B < N - 1$  матрица  $Q$  будет иметь по меньшей мере два кратных собственных значений, равных 1. Тем не менее предельная ограниченность последовательности  $\{u_n\}$  порождаемой уравнением (9) гарантируется, поскольку применение преобразования подобия  $T^{-1}QT = J$  приводит к появлению жордановых блоков размера  $1 \times 1$ , соответствующих этому кратному собственному значению [8].

### Литература

1. Жук К.Д. Вопросы синтеза управляющих моделей в многосвязных автоматических системах / К.Д. Жук, Т.Г. Пятенко, В.И. Скурихин // Труды семинара «Методы математического моделирования и теория электр. цепей». – К., 1964. – С. 3 – 17.
2. Об оценке допустимой неадекватности модели объекта при построении системы управления технологическим процессом по методу обратного оператора / В.И. Скурихин, Н.М. Проценко, Л.С. Житецкий [и др.] // Электронное моделирование. – 1982. – № 6. – С. 11 – 16.
3. Skogestad S. Robust control of ill-conditioned plants: high-purity distillation / S. Skogestad, M. Morari, J. Doyle // IEEE Trans. on Automatic Control. – 1988. – 33, N. 12. – P. 1092–1105.
4. Скурихин В.И. Управление многосвязными объектами с вырожденными и плохо обусловленными передаточными матрицами на основе метода псевдообратного оператора / Скурихин В.И., Житецкий Л.С., К.Ю. Соловчук // Управляющие системы и машины. – 2013. – № 3. – С. 14–21.
5. Альберт А. Регрессия, псевдоинверсия и рекуррентное оценивание / А. Альберт. – М.: Наука, 1977. – 224 с.
6. Поляк Б.Т. Робастная устойчивость и управление / Б.Т. Поляк, П.С. Щербakov. – М.: Наука, 2002. – 303 с.
7. Банди Б. Методы оптимизации. Вводный курс / Б. Банди. – М.: Радио и связь, 1988. – 128 с.
8. Willems J.L. Stability Theory of Dynamical Systems / J.L. Willems. – Surrey, England: Thomas Nelson, 1970. – 547 p.
9. Маркус М. Обзор по теории матриц и матричных неравенств / М. Маркус, Х. Минск. – М.: Наука, 1972. – 232 с.

## ЭЛЕМЕНТЫ ОБЪЕКТНОЙ МОДЕЛИ РЕФЛЕКСИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ СТАДНЫМ ПОВЕДЕНИЕМ В ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

С.С. Турлакова

*Институт экономики промышленности Национальной академии наук  
Украины, Украина*

Растет количество эмпирических данных, подтверждающих существование стадного поведения в экономических системах. Стадное поведение часто проявляется, когда большое количество людей совершают одинаковые действия, поскольку одни подражают действиям других. Стадность прослеживается во многих видах экономической деятельности, таких как разработка рекомендаций по инвестированию, в поведении цен акций при их первичном размещении, налетах вкладчиков на банки, в прогнозировании прибыли, корпоративном поведении [1] и др. Проявления стадного поведения объясняется иррациональными мотивами принятия решений экономическими агентами. При этом процесс принятия решений субъектами зависит от таких рефлексивных составляющих как информированность субъектов, их компетентность относительно предметной области, где наблюдается стадное поведение, а также внутренних (намерения ЛПР) и внешних (институциональные нормы, обычаи) интенций. При этом такое поведение может быть рациональным и происходить в виде информационного каскада, т.е. ситуации, в которой каждое последующее действующее агент взвешивает, опираясь на наблюдения за другими, и избирает вариант действий, отличный от его собственных сигналов. Наличие таких проявления стадности в экономических системах, которые определяются информированностью субъектов, компетентностью относительно предметной области принимаемого решения, а также внутренних (намерения ЛПР) и внешних (институциональные нормы, обычаи) интенций ЛПР определяют необходимость применения рефлексивных методов управления в процессе построения механизма рефлексивного управления стадным поведением в экономических системах.

Стадное поведение – стратегия принятия решений агентами управления, которая не основана на рациональных суждениях, а ориентирована на подражание более авторитетным и/или другим субъектам принятия решений в процессе последовательного принятия решений агентами.

Выделенные рефлексивные составляющие процесса принятия решений экономическими агентами позволяют выдвинуть гипотезу о возможности управления стадным поведением с использованием методов рефлексивного управления. Действительно, основой рефлексив-

ного управления является информационное воздействие на субъекта принятия решений. Рефлексивный подход опирается на то, что принятие решений субъектом всегда производится на основе информации как внешнего происхождения (реклама, статистика, законодательные акты и т.п.), так и внутреннего (опыт, интуиция ЛПР). Рефлексивное управление согласно В. Лефевру трактуется как «процесс передачи оснований для принятия решений одним из субъектов другому» [2]. В [3] под рефлексивным управлением понимается целенаправленное влияние на информационную структуру, являющуюся иерархией представлений, вершинам которой соответствует информация субъектов системы о существенных параметрах, представлениях других субъектов системы, представлениях о представлениях и т.д. Здесь «рефлексивное управление – целенаправленное влияние на информацию о моделях принятия субъектами решений». При этом задачей рефлексивного является «формирование управляющего органом – центром – такой структуры информированности агентов, при которой субъективным равновесием является требуемый для центра (или максимален для него выгодный) вектор действий агентов». Применительно к стадному поведению рефлексивное управление можно трактовать как формирование такой структуры информированности агентов управления, которая ведет к изменению их модели принятия решений и возникновению информационных каскадов в экономических системах, развернутых в нужную управляющему агенту сторону.

Так, Дж. Сорос стадность на фондовом рынке при наличии основных трендов (фундаментальных явлений, исторических событий) и текущих оценок (котировок акций) интерпретирует с точки зрения рефлексивного подхода. Модель Дж. Сороса [4] относительно поведения ценных бумаг на фондовом рынке отражает взаимное рефлексивное влияние котировок акций и на чистую прибыль на акцию. Аналогично, в [5] описаны механизмы манипулирования биржевыми игроками со стороны лиц, владеющих информационными средствами, и способы воздействия на процессы принятия решений участниками биржевых игр. Еще одним примером рефлексивного управления стадностью является информационное управление стадным поведением потребителей в сигнальной теории М. Спенса [6]. Таким образом, применение рефлексивного управления стадным поведением для достижения целенаправленного состояния экономической системы возможно. Учитывая основные особенности проявления стадного поведения, которые связаны с иррациональностью суждений агентов управления и ориентацией на подражание более авторитетным и/или другим субъектам принятия решений в процессе последовательного принятия решений агентами, можно определить основные элементы управления стадным поведением в экономических системах.

Управление стадным поведением должно быть ориентировано на то, чтобы агенты в процессе проявления стадности принимали определенные решения, выгодные субъекту управления. Учитывая одну из особенностей стадного поведения, которая выражается в подражании более авторитетным и/или другим субъектам в процессе принятия решений, для достижения максимального эффекта управления управляющие воздействия должны быть направлены в первую очередь на лидеров и/или тех агентов, чье мнение является наиболее весомым для других агентов в системе. После принятия авторитетными агентами решения, которое является целью управления, агенты, склонные подражать, примут подобное решение. Таким образом, в процессе управления стадным поведением агентов для достижения цели управления – принятия большинством агентов выгодного субъекту управления решения, – необходимо, в первую очередь, управлять теми агентами, чье мнение является наиболее весомым для других агентов в системе управления. Принятие «нужного» решения лидером и/или авторитетным агентом приведет к возникновению каскада и подобное решение выберут большинство агентов управления, которые склонны к подражанию. Кроме того, в процессе управления стадным поведением необходимо наличие некоторого стимула (раздражителя) для принятия решения агентами. При этом при необходимости принятия решения и отсутствии достаточного количества информации для принятия самостоятельного решения часто агенты выбирают именно тактику подражания в поведении. Таким образом, задание нужного вектора лидерам и наличие информационного стимула для агентов создаст необходимые условия для принятия ими «нужных» решений в процессе проявления стадного поведения.

Сложность решения задач рефлексивного управления стадным поведением в экономических системах требует формализации взаимосвязи элементов соответствующего механизма, что определяет целесообразность построения объектной модели управления стадным поведением в рамках рефлексивного подхода. Построение объектной модели рефлексивного управления стадным поведением сводится к определению и формализованному описанию ключевых объектов разрабатываемого механизма рефлексивного управления. Взаимодействие элементов системы рефлексивного управления стадным поведением в экономических системах направлено на достижение некоторой, определенной субъектом управления, цели системы. В связи с этим, одним из ключевых объектов общего механизма рефлексивного управления стадным поведением в экономических системах выделим цель управления  $C, c = \overline{I, C}$ . Объектами управления в рамках механизма рефлексивного управления стадным поведением в экономических системах

выступают некоторые агенты  $A_i$ ,  $i = \overline{1, N}$ . Состоянием объекта управления является результат принятия решения агента в момент времени  $t$ , который определяется функцией рефлексивного выбора  $f_{A_i}^t$ . Функция рефлексивного выбора каждого из агентов управления зависит от набора его индивидуальных характеристик  $X_{A_i}^t$ . Среди основных характеристик агентов управления могут быть степень информированности агента в момент времени  $t$ , компетентность, репутация агента, склонность агента подражать в процессе принятия решений другим агентам (в частности, лидеру) и интенции агентов управления. Соответственно цели управления  $C$  субъект управления оказывает воздействия  $U_{A_i}$ , которые направлены на обеспечение принятия агентами управления  $A_i$  решения, выгодного субъекту управления. В процессе управления изменяются характеристики агентов управления  $X_{A_i}^t$ . Таким образом, объектную модель рефлексивного управления стадным поведением в экономических системах можно представить следующим образом (рис. 1).

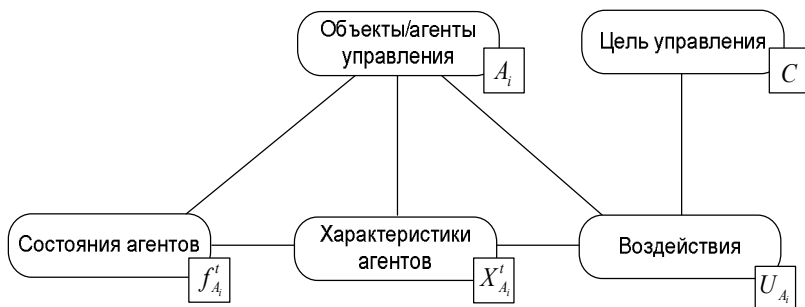


Рис. 1. Объектная модель рефлексивного управления стадным поведением в экономических системах

Таким образом, применение модели позволит формализовать решение основных задач рефлексивного управления стадным поведением в экономических системах. Перспективным направлением исследования является моделирование процессов рефлексивного управления стадным поведением в экономических системах.

## Литература

1. Турлакова С.С. Теоретический анализ стадного поведения в экономике / С.С. Турлакова // Научный вестник Донбасской государственной машиностроительной академии. – №1(6Е), 2010. – С. 400–405.
2. Лефевр В.А. Рефлексия. – М., «Когито-Центр», 2003. – 496 с.
3. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами. 2-е изд. М.: Физматлит. 2007. – 584 с.



4. Сорос Дж. Кризис мирового капитализма. Открытое общество в опасности / Дж. Сорос. – М.: Инфра-М, 1999. – 262 с.
5. Григорьев Э.П. Об информационном манипулировании биржевым рынком // Рефлексивные процессы и управление. № 1. Том 4. 2004. С. 62–74.
6. Spence M. Market Signalling: Information Transfer in Hiring and Related Processes. – Cambridge, MA, Harvard University Press.– 1973.

УДК 519.866

## **МОДЕЛЬ АНТИКРИЗОВОЇ ДІАГНОСТИКИ ПІДПРИЄМСТВА З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЧІТКОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ**

В.П. Маслов, Н.В. Стасюк

*Чернігівський державний інститут економіки і управління, Україна*

Криза як зона біфуркації характеризується зміною сталого режиму роботи системи. Це критичний стан, при якому система стає нестійкою при зміні параметрів, від яких вона залежить. За своєї слабкої вивченості криза відноситься до випадкових процесів. Тому бажано заздалегідь виявляти ті симптоми, які передують кризі, для ухвалення антикризових рішень. Без формування і реалізації цих рішень підприємство як система може виявитися в стані банкрутства.

Для діагностики ймовірності банкрутства підприємства використовують моделі Альтмана, Спрінгейта, Конана і Гольдера, Ліса, Таффлера і Тісшоу, Сайфуліна і Кадикова, Давидової-Белікова та інш.:

1. Двофакторна модель Альтмана:

$$Z = -0,3877 - 1,0736Kп + 0,0579Kфн, \text{ де} \quad (1)$$

$Kп$  – коефіцієнт покриття;  $Kфн$  – коефіцієнт фінансової незалежності. Якщо  $Z < 0$ , то вірогідність банкрутства за даною моделлю менша за 50%. І чим меншим буде значення  $Z$  в динаміці, тим меншою буде вірогідність банкрутства.

2. П'ятифакторна модель Альтмана:

$$Z = 1,2X1 + 1,4X2 + 3,3X3 + 0,6X4 + 0,999X5, \text{ де} \quad (2)$$

$X1$  – відношення оборотних активів до суми активів;  $X2$  – нерозподілений прибуток до суми активів;  $X3$  – операційний прибуток до суми активів;  $X4$  – ринкова ціна акцій до заборгованості;  $X5$  – обсяг реалізації до суми активів. Ймовірність банкрутства за показником Альтмана оцінюється за шкалою: 1,8 і менше – досить висока; 1,81 - 2,7 – висока; від 2,8 - 2,9 – можлива; від 3 і вище – дуже низька.

3. Модель Спрінгейта:

$$Z = 1,03A + 3,07B + 0,66C + 0,4D, \text{ де} \quad (3)$$

$A$  – відношення робочого капіталу до загальної вартості активів;  $B$  – прибуток до сплати податків/загальна вартість активів;  $C$  – прибуток до сплати податків/короткострокова заборгованість;  $D$  – обсяг продажу/загальна вартість активів. Критичне значення  $Z$  для даної моделі

дорівнює 0,862. При більших значеннях  $Z$  підприємство не є потенційним банкрутом.

4. Модель Конана і Гольдера:

$$Z = 0,16X1 - 0,22X2 + 0,87X3 + 0,10X4 - 0,24X5, \text{ де} \quad (4)$$

$X1$  - (дебіторська заборгованість + грошові кошти)/зобов'язання;  $X2$  - постійний капітал/усього пасивів;  $X3$  - фінансові витрати/виручка від реалізації;  $X4$  - витрати на персонал/додана вартість;  $X5$  - валовий прибуток/залучений капітал. За цією моделлю вірогідність фінансових ускладнень підприємства може значно відрізнятися в порівнянні одного року з іншим. Така розбіжність в результатах пояснюється проміжними показниками, що використовуються для розрахунку моделі.

5. Модель Ліса:

$$Z = 0,063K1 + 0,092K2 + 0,057K3 + 0,001K4, \text{ де} \quad (5)$$

$K1$  - обіговий капітал/сума активів;  $K2$  - прибуток від реалізації/сума активів;  $K3$  - нерозподілений прибуток/сума активів;  $K4$  - вартість власного капіталу/позиковий капітал. Розробником моделі визначено, що у випадку, якщо  $Z < 0,037$  вірогідність банкрутства є високою, а в інших випадках низька.

6. Модель Таффлера і Тішоу:

$$Z = 0,53K1 + 0,13K2 + 0,18K3 + 0,16K4, \text{ де} \quad (6)$$

$K1$  - прибуток від реалізації/короткострокові зобов'язання;  $K2$  - обіговий капітал/сума зобов'язань;  $K3$  - короткострокові зобов'язання/сума активів;  $K4$  - обсяг продажу/сума активів. Якщо значення  $Z > 0,3$ , то вірогідність банкрутства низька, а підприємство відносно платоспроможне.

7. Модель Сайфуліна і Кадикова:

$$R = 2K1 + 0,1K2 + 0,08K3 + 0,45K4 + K5, \text{ де} \quad (7)$$

$K1$  - власний оборотний капітал/оборотний капітал;  $K2$  - оборотні активи/поточні пасиви;  $K3$  - обсяг реалізованої продукції/оборотний капітал;  $K4$  - прибуток від реалізації/обсяг виручки від реалізації;  $K5$  - прибуток до оподаткування/власний капітал. Якщо результат моделі менший за 1, то такий стан підприємства можна вважати незадовільним і ймовірність банкрутства високою.

8. Модель Давидової-Белікова:

$$Z = 8,38K1 + 1,0K2 + 0,054K3 + 0,63K4, \text{ де} \quad (8)$$

$K1$  - обіговий капітал/сума активів;  $K2$  - чистий прибуток/власний капітал;  $K3$  - обсяг реалізації/сума активів;  $K4$  - чистий прибуток/собівартість. Якщо значення  $Z > 0,42$ , то вірогідність банкрутства менша 0,1.

Використання моделей оцінки схильності підприємства до банкрутства дістало значного поширення в міжнародній практиці, що зумовлено такими їх перевагами, як: необхідність незначної кількості значущих показників, які забезпечують високу точність результатів за

умов невеликої трудомісткості обробки; забезпечення інтегральної оцінки для можливості порівняння різноманітних об'єктів; використання звичайної бухгалтерської звітності для розрахунку усіх показників.

Проте в більшості цих моделей основна увага концентрується на певному факторі, що не завжди дає змогу прийняти правильне антикризове рішення. Наприклад, на показниках рентабельності та ділової активності (модель Альтмана, модель Спрінгейта, модель Р.Ліса), фінансової стійкості (модель Таффлера, показник діагностики платоспроможності Конана і Гольдера).

Розглянуті вище моделі розроблені для аналізу фінансового стану відповідно до умов західних ринків і досить точно прогнозують фінансовий стан західних компаній. В наших економічних умовах вони не дозволяють отримати достатньо точний та об'єктивний результат, що зумовлено нестабільністю діяльності вітчизняних підприємств, розходженням в обліку окремих показників, впливом інфляції на їх формування, невідповідністю балансової і ринкової вартості окремих активів та відмінністю фінансової звітності і бухгалтерського обліку від міжнародної практики.

Нижче запропонований новий підхід до прогнозування загрози банкрутства підприємства, заснований на нечіткій нейронній мережі з застосуванням алгоритму Сугено. Задача розпізнавання кризи виконується за допомогою штучних нейронних мереж та полягає у вказуванні належності поточної ситуації підприємства до одного із класів кризи. Визначення класів кризи вирішується за допомогою апарату нечітких множин.

Моделі на нечітких нейронних мережах є адаптивними, оскільки в процесі їхнього використання для визначення схильності підприємства до банкрутства, враховується попередній досвід, пристосовуючи до змін правила і параметри функцій приналежності.

Створення моделі оцінки схильності підприємства до банкрутства за допомогою нечітких нейронних мереж виконувалось в такій послідовності:

1. Визначення переліку вхідних факторів, що складаються з набору показників фінансового стану підприємства. Він формується експертом з урахуванням специфіки та економічних особливостей підприємства.

2. Визначення лінгвістичних змінних для входів та шкали якісних термів («Н-низький», «С-середній», «В-високий» рівень змінної) і виходів як класів кризи підприємства («добрий», «задовільний», «незадовільний», «кризовий», «катастрофічний»).

3. Формування функції приналежності з визначеним набором параметрів за допомогою апарату нечітких нейронних мереж. Дана функція

дозволяє віднести те чи інше підприємство з певним ступенем приналежності до одного з класів кризи, сформованих на попередньому етапі.

4. Формування системи нечітких логічних правил експертної системи для прийняття рішень з прогнозу банкрутства. В основі системи використовуються знання з фінансових умов банкрутства.

5. Перевірка на адекватність отриманої моделі і можливості її практичного використання. Якщо модель не є адекватною, необхідно повернутися до етапу 3 і підібрати новий тип функції приналежності за допомогою апарату нечітких нейронних мереж.

6. Практична реалізація моделі: за допомогою функції приналежності визначається схильність досліджуваного підприємства до банкрутства, тобто визначається з яким ступенем досліджуване підприємство належить до того чи іншого класу кризи.

Реалізація моделі виконана за допомогою Matlab Version 7.0.0.19920 Release 14 зі вбудованим пакетом Fuzzy Logic Toolbox. Програмні складові пакету: FIS-редактор, Function Editor, Rule Editor, Rule Viewer, Surface Viewer, ANFIS Editor та інші дозволили працювати в режимі графічного інтерфейсу при створенні, редагуванні та використанні системи нечіткого виводу.

Нова модель враховує особливості вітчизняного ринку і дає достатньо точну оцінку фінансового стану підприємства. Модель антикризових розрахунків перевірена на адекватність на чернігівському підприємстві ПП «Світ Нагород» за даними 2010, 2011, 2012 рр. Отримані результати моделювання можуть використовуватися в майбутньому для розробки комплексу засобів (антикризових рішень) в інформаційній системі антикризового управління. Впровадження та використання на постійній основі такої системи дасть змогу ефективно здійснювати антикризову політику підприємства, забезпечить оперативність і обґрунтованість антикризових управлінських рішень при мінімізації додаткових коштів і негативних наслідків.

## **Література**

1. Матвійчук А. В. Моделювання фінансової стійкості підприємств із застосуванням теорій нечіткої логіки, нейронних мереж і дискримінантного аналізу//Вісн. НАН України - № 9, 2010р.
2. Шершньова З.Є., Багацький В.М., Гетманцева Н.Д. «Антикризове управління підприємством»: Навч. посіб. – К.: КНЕУ, 2007. – 680 с.
3. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. - М: Горячая линия - Телеком, 2007. - 288с.

## КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ДИНАМІЧНОГО ЗРІВНОВАЖЕННЯ АВТОБАЛАНСИРАМИ КРИЛЬЧАТОК ОСЬОВИХ ВЕНТИЛЯТОРІВ

Г.Б. Філімоніхін, Л.С. Олійніченко

*Кіровоградський національний технічний університет, Україна*

При роботі осьового вентилятора дисбаланс крильчатки постійно змінюється через налипання бруду, деформації лопатей, перекіс крильчатки тощо. Це призводить до значного збільшення вібрацій вентилятора.

Зменшення статичного дисбалансу одним АВ було запропоновано і вивчено в роботі [1]. Але його може виявитися недостатньо, бо крильчатка може бути насаджена із перекосом на вал електродвигуна, а її лопаті зазнавати відповідні деформації при роботі вентилятора чи при їх чищенні. Тому доцільно зрівноважувати крильчатку динамічно двома кульовими АВ, розташованими у двох паралельних площинах корекції.

В роботі [2] було встановлено, що динамічно зрівноважити можливо тільки довгий жорсткий ротор. Оскільки крильчатка осьового вентилятора сама по собі є коротким ротором, то це поставило під сумнів можливість її динамічного зрівноваження. В роботі [2] було встановлено, що короткий ротор динамічно поводить як довгий за умови його встановлення у важкий в'язко-пружно закріпленний корпус. Таким умовам задовільняють крильчатки осьових вентиляторів, барабани пральних машин, екстрактори, сепаратори відцентрових машин тощо. Був запропонований спосіб динамічного зрівноваження коротких роторів, встановлених у в'язко-пружно закріпленний корпус [3]. В роботі [4] було запропоновано динамічно зрівноважувати крильчатки осьових вентиляторів двома АВ. Експериментальні дослідження на спеціально створеному стенді підтвердили працездатність способу [5]. Проведення натурних експериментів з метою оптимального підбору параметрів вентиляторної машини це трудомістка робота, яка займає багато часу. Тому прийнято рішення замінити їх 3D моделюванням. Комп'ютерне моделювання проводиться за допомогою програми SolidWorks із застосуванням модуля Cosmos Motion.

**Модернізація комп'ютерної моделі.** Для динамічного зрівноваження осьового вентилятора було модернізовано існуючу комп'ютерну модель – рис. 1. За основу була обрана 3D модель промислового осьового вентилятора ВО 06-300 №4 [1].

При модернізації був спроектований ще один АВ для площини хвостовика (рис. 2, б, поз. 2), параметри якого (балансувальна ємність,

радіус бігової доріжки, діаметри і кількість куль) розраховувалися за методикою, наведеною у роботі [5].

Модернізована модель дозволяє вивчати процес динамічного зрівноваження крильчатки осьового вентилятора у зборі із ротором електродвигуна двома кульовими АБ.

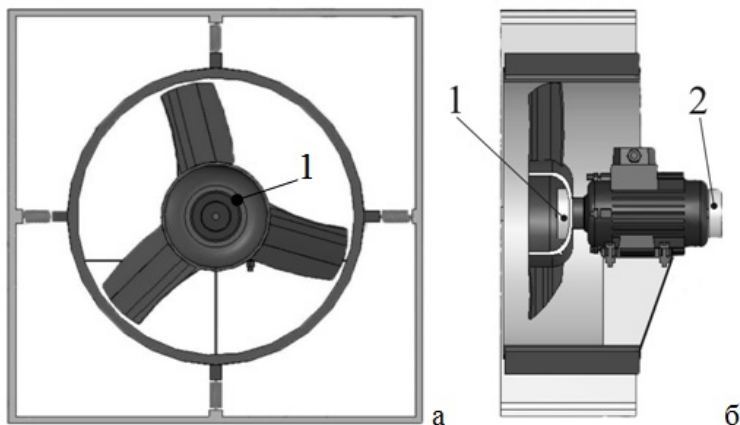


Рис. 1. Модернізована комп'ютерна модель (а – вид зпереду, б – вид з боку, 1 – АБ в крильчатці, 2 – АБ в хвостовику)

**Налогодження і тестування моделі.** При налагодженні моделі до куль другого АБ було прикладено такі ж сили в'язкого опору, що і до куль в першому АБ. Перевірка комп'ютерної моделі проводиться на найпростіших задачах, розв'язки яких відомі, а результати моделювання легко інтерпретуються.

Тест.1 Проводиться при відсутності дисбалансу на обох АБ, перевіряється працездатність моделі шляхом запуску вентилятора із різною кількістю однакових куль (рис. 2, а-в). При двох кулях з часом вони вибудовуються по прямій лінії (рис. 2, а, б), при трьох - утворюють правильний трикутник (рис. 2, в), що відповідає теорії кульових АБ. Як видно (рис. 2, а, б) результати на передньому АБ і АБ в хвостовику схожі.

Тест 2. Дисбаланс встановлюється тільки в одній чи в другий площині, або в двох площинах зрівноваження одночасно. Також змінюються кути розташування дисбалансу ( $0^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$ ) в площині крильчатки та в площині хвостовика. При наявності дисбалансу в АБ по 2 кулі, при відсутності – 2 або 3. При відсутності дисбалансу в площині, так як і в тесті 1, дві кулі вибудовуються по прямій лінії, три – утворюють правильний трикутник. При наявності дисбалансу кулі займають положення навпроти дисбалансу, встановленого в їхній площині (рис. 2, г).

Було встановлено, що:

- автобалансування настає в кожній площині не залежно одна від одної, кожен АВ зменшує вібрації безпосередньо в своїй площині;
- наявність дисбалансу (у одній, іншій, чи двох площинах зрівноваження) вносить зміну у відносне розташування куль, за наявністю дисбалансу кулі в АВ у відповідній площині вибудовуються навпроти дисбалансу і розходяться рівно на стільки, щоб його зрівноважити.

Налагоджування моделі і її тестування забезпечують вірогідність результатів подальшого моделювання.

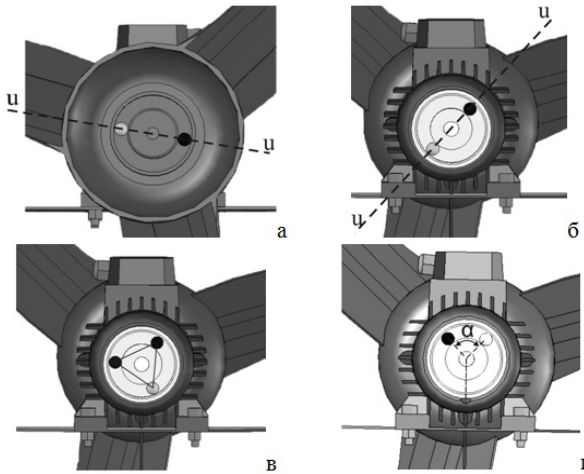


Рис. 2. Перевірка роботи АВ, тестування моделі

**Вплив земного тяжіння на швидкість настання автобалансування.** З таблиці видно, що в більшості випадків сили тяжіння збільшують час настання автобалансування, так як вони намагаються тримати кулі у нижній частині АВ, чим заважають розбігу куль. При відсутності сил тяжіння кут між векторами дисбалансів у різних площинах не впливає на швидкість настання автобалансування, а при наявності – впливає.

Таблиця 1

№ експерименту	Кількість куль		Наявність дисбалансів, кут між ними, град			Час настання автобалансування (с) при			
						відсутності гравітації		наявності гравітації	
	АБп	АБз	АБп	АБз	Кут	АБп	АБз	АБп	АБз
1	3	3	-	-	-	3.0	3.0	4.0	4.0
2	3	2	-	+	-	3.0	5.5	4.0	6.0
3	2	3	+	-	-	5.5	3.0	5.5	4.0
4	2	2	+	+	0	6.0	5.5	5.5	7.0
5	2	2	+	+	90	6.0	5.5	5.0	6.5
6	2	2	+	+	180	6.0	5.5	5.5	5.5

**Вплив модулів дисбалансів та кута між їх векторами на швидкість настання автобалансування.** З таблиці видно, що наявність дисбалансу збільшує час настання автобалансування на 20 – 42 %. Кут між векторами дисбалансів впливає на швидкість настання автобалансування, але її зміна не значна.

Таблиця 2

№ експерименту	Дисбаланс: кут, град; маса, г			Час настання автобалансування, с	
	Кут	АБп	АБз	АБп	АБз
1	-	-	-	4.0	4.0
2	0	8	6	6.0	7.0
3		6	8	5.5	5.5
4	90	8	6	5.0	6.5
5		6	8	5.0	5.5
6	180	8	6	6.0	6.0
7		6	8	5.5	5.5

### Висновки.

1. АБ зрівноважують дисбаланс кожен у своїй площині не залежно один від одного.
2. Сили тяжіння збільшують час настання автобалансування.
3. Збільшення маси дисбалансу збільшує час настання автобалансування.
4. Спостерігається певний вплив кута між векторами дисбалансів у двох площинах на швидкість настання автобалансування.



## Література

1. Філімоніхін Г.Б. Числове моделювання процесу зрівноваження кульовими автобалансирами крильчатки осьового вентилятора / Філімоніхін Г.Б., Яцун В.В. // Вісник гірничого університету. – 2008. №10, с. 72–77.
2. Філімоніхін Г.Б. Методика складання диференціальних рівнянь руху роторних систем з автобалансирами і її застосування до системи ротор – масивний корпус - автобалансир / Філімоніхін Г.Б., Гончаров В.В. // Збірник наукових праць КНТУ, 2009, Вип. 22, С. 357–363.
3. Пат. 74641 України на корисну модель, МПК G01M 1/32 (2006.01), F04D 29/66 (2006.01), Спосіб динамічного балансування жорсткого ротора пасивними автобалансирами / Філімоніхін Г.Б., Гончаров В.В., Олійніченко Л.С.; заявник та патентовласник Кіровоградський нац. техн. університет. – № u201203307; заявл. 20.03.2012; опубл. 12.11.2012, Бюл. №21.
4. Філімоніхін Г.Б. Зрівноваження крильчаток осьових вентиляторів на ходу автобалансирами з перегородками / Г.Б.Філімоніхін, В.В.Яцун, Л.С.Олійніченко // Зб. "Науково-технічні розробки та інноваційні технології кіровоградського національного технічного університету". Випуск 3. Кіровоград: КНТУ, 2011. С. 78-79.
5. Філімоніхін Г.Б. Експериментальне визначення ефективності динамічного зрівноваження кульовими автобалансирами крильчатки осьового вентилятора / Г.Б.Філімоніхін, Л.С.Олійніченко // Український міжвідомчий н.-т. Збірник „Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні”, Львів: НУ «Львівська політехніка», 2011. Вип. №45, С. 496-503.

УДК 621.4.002.2: 629.73.002.72

## **МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ЗРІВНОВАЖЕННЯ АВТОБАЛАНСИРОМ ФІЛЬТРА-СИТА ЦЕНТРИФУЖНОЇ СОКОВИЖИМАЛКИ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ SOLIDWORKS І COSMOS MOTION**

Г.Б. Філімоніхін, В.В. Гончаров

*Кіровоградський національний технічний університет, Україна*

Розглядається широкий клас центробіжних соковижималок (СВ) середньої – СВСП та підвищеної – СВПП продуктивності з циліндричними фільтром-ситом (ситом) вітчизняного та зарубіжного виробництва, що випускаються у відповідності до ДСТУ 3135.7-96 і розраховані на переробку великої кількості сировини. Під час роботи таких СВ віджата маса (мезга) розташовується нерівномірно на ситі, внаслідок чого можуть виникати значний дисбаланс сита та вібрації корпусу СВ [1]. Особливо це відчутно в момент напівавтоматичного (примусового) скидання мезги.

В патенті на корисну модель [2] було запропоновано зменшувати дисбаланс та вібрації СВ на ходу за допомогою суміщеного з платформою автобалансира (АБ). В [3] доповідались результати експериментальних досліджень з підбору основних параметрів СВ, проведених на

виготовленому натурному стенді СВ з АБ. Були наведені рекомендації по підбору параметрів, що забезпечують найшвидше настання автобалансування.

Але повне і детальне дослідження роботи СВ з АБ вимагає значних часових та матеріальних затрат. Тому вирішено перейти до досліджень на основі 3D моделювання у програмі SolidWorks із застосуванням модуля Cosmos Motion.

**Створення комп'ютерної моделі СВ.** На рис. 1 показано створені за допомогою SolidWorks тривимірні твердотільні деталі СВ з АБ (рис. 1, а) - корпус на чотирьох опорах 1, ротор 2, АБ 3, кулі 4, сито 5 та зібрана з цих деталей і встановлена на столі 6 3D модель СВ (рис. 1, б).

Створена 3D модель була оброблена модулем Cosmos Motion наступним чином. Стіл прийнятий як нерухома деталь. Чотири пружно-в'язкі опори, на які спирається корпус, змодельовані з використанням інструменту «Втулка».

В корпусі встановлено ротор з можливістю обертання навколо вертикальної осі.

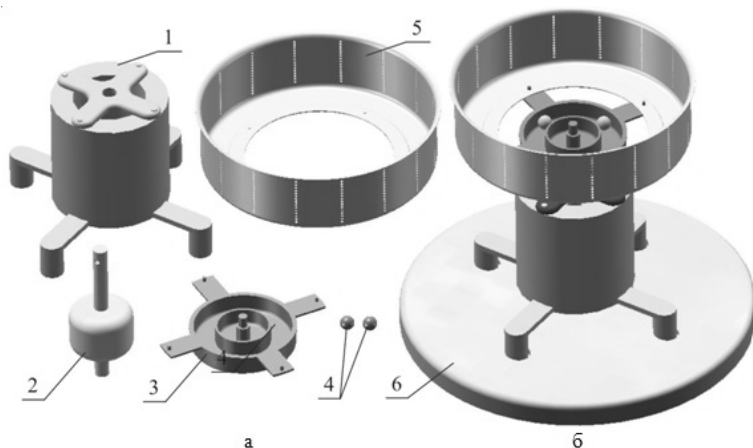


Рис. 1. Комп'ютерна 3D модель СВ (а – основні деталі СВ; б – збірка СВ)

На вал ротора насаджено АБ з жорстко закріпленим на ньому ситом. В АБ на горизонтальну грань вставлено кулі з можливістю руху вздовж його бічної поверхні. В'язка сила опору, що перешкоджає відносному руху, для кожної кулі моделюється двома однаковими демпферами, що зв'язують кулю з діаметрально протилежними точками на бічній поверхні АБ. Демпфери створюються інструментом «Демпфер». При цьому коефіцієнт сил в'язкого опору (коефіцієнт в'язкості) рівний коефіцієнту демпфування інструменту «демпфер».

Кутова швидкість ротора змінюється за трапецевидним законом: на ділянці розбігу (перші 2 с) вона лінійно зростає від 0 до крейсерської швидкості 3000 об/хв; на ділянці крейсерського руху – стала; на ділянці вибігу (останні 10 с) - лінійно спадає від 3000 об/хв до 0. Дисбаланс моделюється за допомогою кулі, розміщеної на бічній поверхні сита.

Критеріями якості роботи АБ вибрані:

- час (с), за який кулі приходять в автобалансувальне положення і стають нерухомими відносно інших куль;
- вібропришвидщення точки ( $m/c^2$ ) на верхній горизонтальній поверхні корпусу.

Вібропришвидщення моделює трьохосовий датчик вібропришвидшень, встановлений зверху на корпусі СВ.

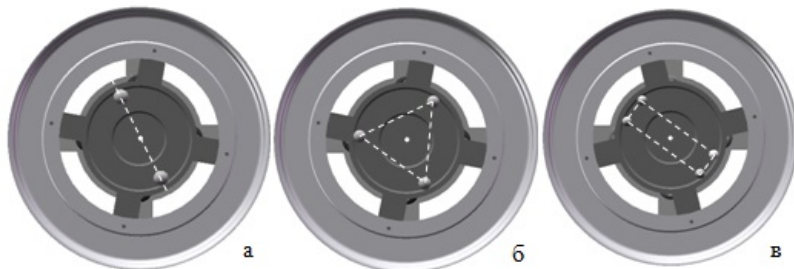
Числові значення критеріїв визначаємо з графіків відповідних величин, отриманих в Cosmos Motion.

**Налагодження моделі.** Спочатку підбираємо параметри інструментів «втулка». Їх вибираємо такими, щоб при розбігу ротора СВ без куль і дисбалансу вертикальне і тангенціальне зміщення корпусу були практично відсутніми. Далі визначаємо коефіцієнт в'язкості (на прикладі двокульового АБ). Його вибираємо з умови, що кулі при відсутності дисбалансу виходять на автобалансувальне положення за мінімальний час. В табл. 1 приведено час, за який кулі приймають діаметрально протилежні положення, якщо вони в початковий момент дотикалися між собою (перший рядок) та утворювали центральний кут в 90 градус (другий рядок). Оптимальні значення виділено сірим фоном.

Таблиця 1

№ п/п	Коеф. в'язкості, (Н с/мм)	Час (с) настання автобалансування в залежності від маси (гр) або діаметра (мм) куль		
		0,5 (5)	1,8 (7,5)	4,2 (10)
1	$1 \cdot 10^{-6}$	2,6 2,0	3,5 2,9	не настає 8,0
2	$5 \cdot 10^{-6}$	1,6 1,2	2,8 2,1	2,1 1,0
3	$1 \cdot 10^{-5}$	1,9 1,4	1,7 1,5	2,0 0,9
4	$5 \cdot 10^{-5}$	4,8 2,8	1,0 0,7	0,9 0,7
5	$1 \cdot 10^{-4}$	9,0 4,5	1,7 0,8	0,9 0,7
6	$5 \cdot 10^{-4}$	не настає	3,8 1,0	1,5 1,2
7	$5 \cdot 10^{-3}$	не настає	4,6 3,4	5,7 4,5

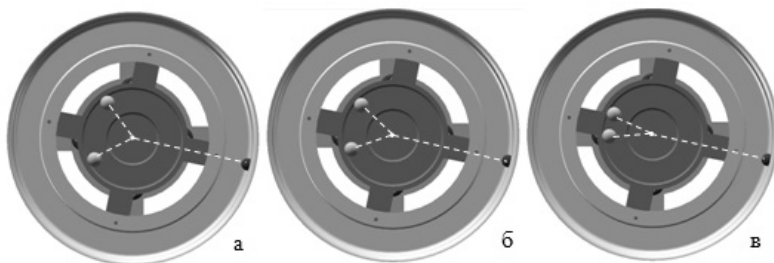
**Тестування моделі.** Перевіряємо працездатність моделі шляхом запуску СВ при відсутності дисбалансу з різною кількістю однакових куль. Дві куль з часом займають діаметрально протилежні положення (рис. 2, а), три - утворюють правильний трикутник (рис. 2, б), а чотири - прямокутник (рис. 2, в).



*Рис. 2. Автобалансувальні положення куль при відсутності дисбалансу і різній кількості куль в АВ*

**Залежність процесу автобалансування від коефіцієнта в'язкості та положення дисбалансу.** На рис. 3 показано положення куль, які вони займають при настанні автобалансування в залежності від положення дисбалансу (темна куля) на ситі.

В табл. 2 приведені значення вібропришвидження точки на верхній горизонтальній поверхні корпусу на крейсерській швидкості після настання автобалансування при різних значеннях коефіцієнта в'язкості та різних положеннях дисбалансу на бічній поверхні сита.



*Рис. 3. Автобалансувальні положення куль в двокульовому АВ в залежності від розташування дисбалансу на бічній поверхні сита (а - унизу; б - посередині; в - зверху)*

### **Висновки.**

1. Працюючий АВ, в залежності від розташування дисбалансу, зменшує вібропришвидження у контрольній точці СВ в  $3\div 7$  разів.

2. Оптимальне значення коефіцієнта в'язкості залежить від діаметра куль: більшим діаметрам відповідає більше оптимальне значення коефіцієнта (табл. 1).

3. При збільшенні висоти розташування дисбалансу на ситі:  
 - АБ витрачає більшу балансувальну ємність на зрівноваження дисбалансу (рис. 3);  
 - з'являється залишковий моментний дисбаланс і збільшуються залишкові вібрації СВ (табл. 2).
4. Оптимальний коефіцієнт в'язкості не залежить від розташування дисбалансу на бічній поверхні сита (табл. 2).

Таблиця 2

№ п/п	Коеф. в'язкості, (Н с/мм)	Вібропришвидження точки корпусу ( $m/c^2$ )		
		знизу	посередині	зверху
1	куль немає	12,9	17,2	21,2
2	$5 \cdot 10^{-6}$	>13	>18	>22
3	$5 \cdot 10^{-5}$	2,3	4,8	7,2
4	$1 \cdot 10^{-4}$	2,0	4,7	7,1
5	$5 \cdot 10^{-4}$	1,9	4,4	7,1
6	$5 \cdot 10^{-3}$	2,2	4,6	7,5

### Література

1. Легаев Д.А. Бытовые электроприборы для кухни. Справ. пособие. – Москва: Легпромбытиздат, 1992. – 96 с.
2. Пат. 77192 України, МПК G01M 1/32 Електрична центрифужна напівавтоматична соковижималка / Філімоніхін Г.Б., Гончаров В.В.; заявник та патентовласник Кіровоградський нац. техн. університет. – № u201203340; заявл. 20.03.2012; опубл. 11.02.2013, Бюл.№3.
3. Філімоніхін Г. Зрівноваження кульовими автобалансирами екстракторів відцентрових соковижималок / Філімоніхін Г., Гончаров В. // Тези доповідей 3-ої Міжнародної науково-технічної "Теорія та практика раціонального проектування, виготовлення і експлуатації машинобудівних конструкцій" у Львові, 07-09.11.12, С. 134.

УДК 539.595

### **ВИМУШЕНІ НЕЛІНІЙНІ КОЛИВАННЯ РЕЗЕРВУАРУ У ФОРМІ УСІЧЕНОГО КОНУСА, ЧАСТКОВО ЗАПОВНЕНОГО РІДИНОЮ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД РАДІУСА НИЖНЬОЇ ОСНОВИ**

В.В. Губська, О.С. Лимарченко

*Міжнародний математичний центр НАН України, Україна*

Актуальність задач динаміки рідини в резервуарах постає при проектуванні сучасних систем конструкцій з рідиною. Прикладом таких

інженерних конструкцій є баки з рідиною у складі космічних апаратів з рідинним двигуном, літаків, гелікоптерів, танкерів та інших транспортних засобів.

Розглядається задача динаміки рідини з вільною поверхнею в резервуарі у формі оберненого усіченого конуса. Поставлена задача дослідити вихід системи на усталений режим коливань.

У відомих роботах [2, 3] для дослідження усталених коливань використовувались лише малорозмірні моделі. Такі дослідження проводилися за припущенням, що коливання в системі відбуваються лише з частотами, кратними частоті вимушених коливань. Проте експериментальні дослідження [4, 6] показали, що при збудженні коливань за основним тоном обов'язково відбувається збудження вищих гармонік спектру зі своїми власними частотами, які можуть бути не кратними частоті збудження системи і в реальних системах вихід на усталений режим коливань вільної поверхні не проявляється в чистому вигляді.

Для вивчення задачі використано модель [1, 5], яка була протестована на прикладі перехідних процесів для задач динаміки резервуару у формі тіл обертання з рідиною з вільною поверхнею. Ставиться задача дослідити на довгому проміжку часу поведінку системи при гармонічному збудженні руху силою, прикладеною до резервуару. Поведінку системи розглянуто для частот в дорезонансному діапазоні, в малому околі резонансної частоти, а також для частот більших за резонансні.

Нехай  $\tau$  область, що зайнята рідиною,  $\bar{n}$  – зовнішня нормаль до поверхні,  $\Sigma$  – границя контакту рідини зі стінками резервуару у збудженому русі (для зручності введемо також  $\Sigma_0$ , яка відповідає границі контакту рідини зі стінками бака в незбудженому русі і  $\Sigma = \Sigma_0 + \Delta\Sigma$ ),  $S$  – вільна поверхня рідини в її збудженому стані ( $S_0$  – вільна поверхня рідини в незбудженому стані),  $\xi(x, y, z, t) = 0$  – рівняння вільної поверхні рідини,  $t$  – час,  $\varphi$  – потенціал швидкостей рідини.

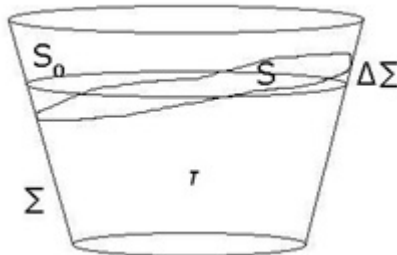


Рис. 1. Модель механічної системи

Постановка задачі [1]:

$$\Delta\varphi = 0 \text{ в } \tau; \quad (1)$$

$$\frac{\partial\varphi}{\partial n} = \dot{\vec{\varepsilon}} \cdot \vec{n} \text{ на } \Sigma; \quad (2)$$

$$\frac{\partial\xi}{\partial t} = -\vec{\nabla}\xi \cdot \vec{\nabla}\varphi + \frac{\partial\varphi}{\partial z} \text{ на } S; \quad (3)$$

$$\frac{\partial\varphi}{\partial t} + \frac{1}{2}(\vec{\nabla}\varphi)^2 - \vec{\nabla}\varphi \cdot \vec{\varepsilon} - \vec{g} \cdot \vec{r} = 0 \text{ на } S. \quad (4)$$

Тут рівняння (1) відповідає умові нерозривності потоку в об'ємі рідини  $\tau$ , (2) – умова неперетікання на твердій межі контакту тіло – рідина  $\Sigma$ , (3) – умова неперетікання на вільній збуреній поверхні рідини  $S$ , (4) – динамічна гранична умова, яка відповідає рівності тисків на вільній поверхні рідини.

З точки зору аналітичної механіки задача складається з кінематичних умов (механічних в'язей) (1) – (3), які необхідно задовольнити до застосування варіаційного принципу, і динамічної умови (4), яка є природною для варіаційного принципу Гамільтона–Остроградського.

Математична модель, отримана на основі [1], представлена в амплітудних параметрах  $a_i$  коливань рідини та руху резервуара  $\vec{\varepsilon}$ :

$$\sum_{n=1}^N p_{rn}(a_k, t)\ddot{a}_n + \sum_{n=N+1}^{N+3} p_{rn}(a_k, t)\ddot{\varepsilon}_{n-N} = q_r(a_k, \dot{a}_l, t), r = \overline{1, N+3} \quad (5)$$

При цьому коефіцієнти  $p_{rn}$  визначаються через алгебраїчні форми від першого до третього порядку з коефіцієнтами, які визначаються через квадратури від форм коливань (координатних функцій). Для побудови координатних функцій був використаний метод допоміжної області, що враховує виконання умови неперетікання вище рівня незбуреної вільної поверхні.

Досліджена задача виходу на усталений режим коливань системи, що складається з резервуара, форма якого змінюється від конічної до циліндричної, радіус нижньої основи буде відповідно приймати значення 0 м, 0,2 м, 0,4 м, 0,6 м, 0,8 м, 1 м, радіус верхньої основи складає 1 м. Поведінка системи розглядається в рамках нелінійної моделі на тривалому проміжку часу при гармонічному збудженні руху системи силою, прикладеною до резервуару. Рідина припускається ідеальною і нестисливою. Рух резервуару відбувається в горизонтальній площині для дорезонансного, резонансного і зарезонансного діапазонів для 50–80 періодів коливань по головній формі. Проаналізовано амплітуди збурень рідини на стінці резервуару в часі.

На малюнках (Рис. 2) приведено графіки залежності амплітуди збурень вільної поверхні на стінці від часу для випадку, коли частота зовнішнього збурення близька до резонансної, на повному часовому проміжку та на меншому часовому проміжку, де краще можна оцінити

вплив вищих гармонік. Приведено випадки для конуса, циліндра і зрізаного конуса з радіусом нижньої основи 0,4. Середнє значення амплітуди практично не змінюється, модуляції яскраво виражені. Спостерігається вплив вищих форм коливань (проявляються супергармоніки та двугорбі піки). В чистому вигляді вихід на усталений режим коливань рідини не спостерігається. Для поступової зміни радіусу нижньої основи резервуара характерне поступове зменшення максимальних значень амплітуд коливань рідини на стінці, а також зменшення впливу вищих гармонік на коливальний процес.

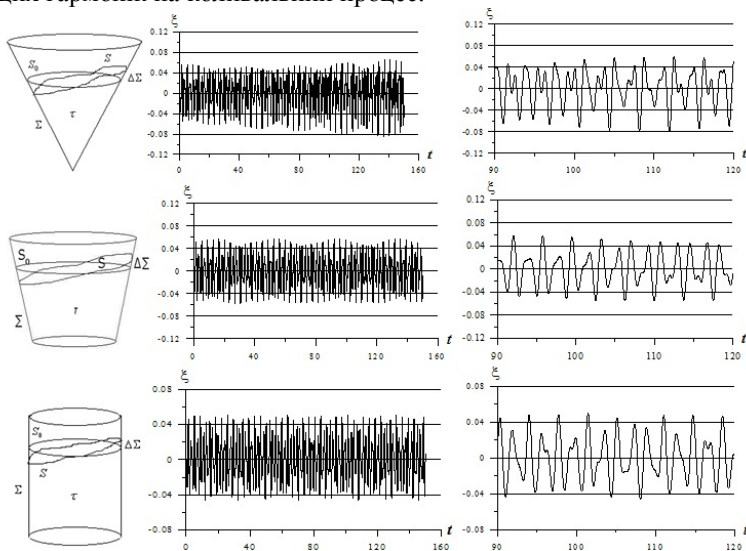


Рис. 2. Зміна амплітуди збурень рідини з часом

При аналізі поведінки системи під дією гармонічного силового збудження з до-, біля- і зарезонансною частотою спостерігаються явища, що роблять процес суттєво неусталеним: модуляція коливань (переважно проявляється для біля- і зарезонансних частот збудження), суттєвий вплив коливань вищих гармонік із своїми частотами (для всіх трьох частотних діапазонів), дрейф середнього значення амплітуд коливань системи (тільки для дорезонансних частот збудження). Для поступової зміни радіусу нижньої основи резервуара характерне поступове зменшення максимальних значень амплітуд коливань рідини на стінці, а також зменшення впливу вищих гармонік на коливальний процес. Вихід на усталений режим розглядається на основі нелінійної багатомодової моделі (у числових прикладах враховано 10 форм коливань рідини), в моделі не приймається гіпотеза про відсутність коли-



вань за власними частотами в системі, задача розглядається в сумісній постановці для системи резервуар – рідина.

### **Література**

1. Лимарченко О.С., Ясинский В.В. Нелинейная динамика конструкций с жидкостью. Киев: Национальный технический университет Украины "КПИ" – 1997. – 348с.
2. Луковский И.А., Введение в нелинейную динамику твердого тела с полостями, содержащими жидкость / И.А. Луковский – Киев: Наук. думка, 1990. – 295 с.
3. Нариманов Г.С., Докучаев Л.В., Луковский И.А. Нелинейная динамика летательного аппарата с жидкостью, М., Машиностроение, 1977. – 208 с.
4. Faltinsen O.M., Rognebakke O.F., Timokha A.N. Transient and steady-state amplitudes of resonant three-dimensional sloshing in a square base tank with a finite fluid depth/ Physics of fluids 18. – 2006. – 14 p.
5. Limarchenko O. S. Peculiarities of application of perturbation techniques in problems of nonlinear oscillations of liquid with a free surface in cavities of non-cylindrical shape, Ukrainian Mathematical Journal, 2007, Vol. 59, No. 1, P. 44-70.
6. Pal P. Sloshing of liquid in partially filled container – an experimental study / International Journal of Recent Trends in Engineering, 2009, Vol. 1, No. 6, P. 1-5.

УДК 681.5:681.324

## **ЗАСТОСУВАННЯ ФУНКЦІЙ ДОЦІЛЬНОСТІ ПРИ ПРИЙНЯТТІ РІШЕНЬ ЩОДО ОПТИМІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ**

М.М. Демчина, В.Д.Мельник, Л.М.Гобир

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,  
Україна*

Очікувані переваги застосування систем інтелектуальної підтримки прийняття рішень (СППР) в процесі буріння [1] полягатимуть у підвищенні якості прийняття рішень, покращенні комунікаційної взаємодії між операторами технологічного процесу, зменшенні вартості проекту свердловини, збільшенні загальної продуктивності, економії часу і підвищення загального рівня автоматизації та інтелектуалізації проекту свердловини.

Не можливо приймати якісні рішення без доступу до відповідної інформації. Аналіз існуючих апаратів прийняття рішень показує, що в багатьох випадках існують складності з середовищем прийняття рішень, а також як показує досвід, метод спроб і помилок в більшості випадків є надто вартісним та неефективним. Використання моделей при прийнятті рішень дозволяє зменшити їх вартість і зробити застосування процесу спроб та помилок більш ефективним.

Коли виникає певна проблема в предметній області, необхідна консультація в експерта предметної області для того, щоб отримати відпо-

відну допомогу в процесі прийняття рішення. Експерт предметної області повинен мати спеціальні знання і досвід в предметній області. Зрозуміло, що чим менш структурована проблемна область, тим більш спеціалізовані і вартісні поради експерта предметної області. Зокрема, при рішенні комплексних проблем, наявність досвіду дає можливість експертам приймати кращі і швидші рішення по відношенню до не експертів предметної області.

Ґрунтовність аналізу процесу прийняття рішень неможлива без введення можливісних характеристик рішень [2, 3] та суджень в термінах можливості та ймовірності. Якщо учасник підтримки прийняття рішень (ППР) буде абсолютно впевнений щодо появи певного часткового класу покриття предметної області, що розглядається як подія в теорії аналізу рішень (в досліджуваному випадку такою подією є виконання встановлення значень керованих змінних в процесі буріння), то тоді рішення, пов'язане з присвоєнням на основі даного класу є таким, що його легко прийняти, більше того, навіть без потреби розгляду наслідків можливих помилкових класифікацій. Концепція теорії ймовірностей розглядається як механізм обробки таких невизначеностей і розглядувані класифікаційні процедури забезпечують цінну статистичну інформацію для задачі даного класу.

Нехай маємо послідовність керованих змінних (технологічних параметрів) процесу буріння виду:

$$tcp_1, tcp_2, \dots, tcp_n, \quad (1)$$

де  $n$  – кількість параметрів,  $n \in N$ .

Досліджувана послідовність дій щодо підтримки прийняття оптимальних рішень в технологічному процесі буріння матиме вигляд:

1. Виконання присвоєння ймовірних значень керованим параметрам технологічного процесу, які в загальному випадку розглядаються як невизначені.

Нехай виділеній послідовності технологічних параметрів в момент прийняття рішення присвоюється послідовність значень  $(v_1, v_2, \dots, v_n)$ , при чому, кожне  $v_i$ ,  $(1 \leq i \leq n)$  характеризується ймовірнісним значенням  $CF_i$ ,  $(0 \leq CF_i \leq 1)$ , а саме  $[v_i : CF_i]$ . В даному випадку значення  $CF_i$  характеризує ймовірність встановлюваного значення керованого параметру з точки зору його відповідності деякій очікувано ідеальній установці в формі оптимального значення, що може бути вибрано для встановлення в якості поточного значення керованого параметра.

Відповідно, базове представлення (1) можна розширити у вигляді:

$$\{tcp_1 : [v_1 : CF_1], tcp_2 : [v_2 : CF_2], \dots, tcp_n : [v_n : CF_n]\},$$

або в формі скороченого представлення:

$$\{tcp_i : [v_i : CF_i]\}_{i \in N}^{1 \leq i \leq n}$$

2. Виконання присвоєння значень доцільності можливим очікуваним технологічним впливам від встановлення керованим змінним ймовірних значень.

Для формальної імплементації п. 2 будемо виходити з відомої технологічної залежності яка говорить про те, що вплив кожного керованого технологічного параметра на весь процес буріння залежить від встановлених значень інших параметрів .

Позначатимемо даний факт впливу для  $i$ -го параметра представленням:

$$tcp_i \longrightarrow TP ,$$

де  $TP$  – технологічний процес буріння нафтових і газових свердловин.

Згідно формулювання п. 2, нехай технологічному параметру  $tcp_i$  встановлено деяке значення  $v_i$ ,  $(tcp_i : v_i)$ , що матиме своїм наслідком зміну впливів всіх інших параметрів на процес буріння, що позначимо, як:

$$tcp_j \Big|_{[tcp_i, v_i]} \xrightarrow{[tcp_i, v_i]} TP , \quad i \neq j , \quad i, j \in [1..n] .$$

Оцінюватимемо доцільність такого впливу представленням:

$$ut_{[tcp_i, v_i]}^{[tcp_j \longrightarrow TP]} , \quad i \neq j , \quad i, j \in [1..n] .$$

Тоді отримаємо представлення виду:

$$tcp_j \Big|_{[tcp_i, v_i]} \xrightarrow{ut_{[tcp_i, v_i]}^{[tcp_j \longrightarrow TP]} \cdot [tcp_i, v_i]} TP , \quad 0 \leq ut_{[tcp_i, v_i]}^{[tcp_j \longrightarrow TP]} \leq 1 . \quad (2)$$

Враховуючи імовірний та вірогідний характер присвоєння значень, про що говорилось в п. 1, формулу (2) можна переписати у вигляді:

$$tcp_j \Big|_{tcp_i : [v_i : CF_i]} \xrightarrow{ut_{[tcp_i : [v_i : CF_i]]}^{tcp_j : [v_j : CF_j]}} TP . \quad (3)$$

3. Вибір технологічного рішення, що максимізує очікувану доцільність технологічних впливів від встановлення керованим змінним ймовірнісних значень.

Формула (3) при  $1 \leq j \leq n$  генеруватиме відповідні значення доцільності наслідків в формі впливів керованих змінних на процес буріння. При формуванні рішення  $Sol(TP)$  необхідне досягнення максимізації очікуваної доцільності наслідків у формі технологічних впливів:

$$Sol(TP) = \max_{i=1..n} \left[ \sum_{j=1}^n ut_{[tcp_i \{v_i; CF_i\}] \rightarrow TP} \right] \quad (4)$$

Очевидно, формалізацію п.3 слід розглядати на деякому наборі підстановок змінних в формі кортежів з  $n$  входжень для скінченного  $k$ , ( $k \in N$ ), тобто перестановок виду:

$$\begin{pmatrix} (v_1^1, v_2^1, \dots, v_n^1) \\ (v_1^2, v_2^2, \dots, v_n^2) \\ \dots \\ (v_1^k, v_2^k, \dots, v_n^k) \end{pmatrix}$$

Нехай для набору технологічних параметрів ( $tcp_1, tcp_2, \dots, tcp_n$ ) існують діапазони значень ( $D_1, D_2, \dots, D_n$ ) на які накладаються обмеження ( $C_1, C_2, \dots, C_n$ ), тоді пошук рішення  $Sol(TP)$  здійснюється в системі:

$$ConstrSyst(C_1, C_2, \dots, C_n).$$

Тоді можна стверджувати, що деяка підстановка  $v^i = (v_1^i, v_2^i, \dots, v_n^i)$  є шуканим оптимальним рішенням, якщо вона задовольняє накладену систему обмежень, тобто:

$$v^i = (v_1^i, v_2^i, \dots, v_n^i) \models ConstrSyst.$$

З даного погляду формула (4) для  $Sol(TP)$  є частковим випадком, який може бути узагальнений у вигляді:

$$Sol^{opt.}(TP) = \max_{k=1..n^k}^{ut} [Sol^k(TP)] = \max_{k=1..n^k} \left[ \sum_{i=1}^n \left[ \sum_{j=1}^n ut_{[tcp_j \{v_i^k; CF_j^k\}] \rightarrow TP} \right] \right].$$

Створена система є системою класу IDSS \ СІППР (Intelligible decision support system \ система інтелектуальної підтримки прийняття рішень), що забезпечує інтелектуальну підтримку прийняття рішень щодо оптимізації параметрів буріння нафтових і газових свердловин на основі використання цільових функцій для позначення доцільностей вихідних технологічних параметрів.

В результаті, система забезпечує інтелектуальну підтримку прийняття рішень при встановленні значень керованих параметрів технологічного процесу буріння.

### Література

1. Демчина М.М. Розробка структури інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень в процесі буріння / М.М. Демчина // Математичне та програмне

- забезпечення інтелектуальних систем: матеріали X ювілейної міжнар. наук.-практ. конф., 21-23 листопада 2012 р. – Дніпропетровськ, 2012.– С. 156.
2. Lindley D.V. Making Decisions / Lindley D.V. – 2nd Edition // Publisher: Wiley. – 1991. – April 5. – 220 p.
3. Didier Dubois. Possibility Theory, Probability Theory and Multiple-Valued Logics: A Clarification / Didier Dubois, Henri Prade // Annals of Mathematics and Artificial Intelligence archive. – 2001. – August. – V. 32. I. 1-4. – P. 35 – 66.

УДК 004.93'1

## **ТЕХНОЛОГИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ ЗАДАЧАХ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ**

Е.И. Дятлов

*Институт проблем математических машин и систем, Украина*

Технологии технического зрения занимают одну из центральных позиций среди источников информации в процессах моделирования производственных процессов и поддержки принятия решений.

В современном производстве задачи технического зрения делят на два типа: работа с единым кадром (стоп кадр) и работа с серией кадров (видеозапись). Первый вид задач выделяется тем, что предмет исследования целиком и полностью представлен в одном информационном кадре и для его исследования нет необходимости знать о его предыдущем состоянии. Второй вид задач подразумевает серию кадров с изображением предмета исследования. Изменение его состояния с течением времени важно для правильного моделирования процесса и корректной поддержки принятия решений.

Вне зависимости от типа задачи особый акцент в технологиях технического зрения делается на способах формирования изображения. Правильно сформированное изображение – ключ к максимально информативному кадру данных. Для построения информативного кадра применяется целая серия устройств: оптические линзы, светодиодное освещение, световые фильтры, рефлекторы и многое другое.

В данном докладе подробно рассматриваются основы построения систем автоматизации принятия решений на базе технологий технического зрения. Подробно описываются подходы к выбору камер машинного зрения. Детально рассматриваются задачи выбора компонентов промышленной подсветки при формировании изображения на стадии лабораторных исследований.

Данные системы успешно апробированы в таких сферах промышленности как фармацевтика, металлургия, электроника, медицина, пищевая промышленность. В докладе представлены типовые решения, применяемые в данных сферах, детально описываются классы задач:

распознавание образов, распознавание и верификация текста, поиск брака продукции, видеоаналитика.

### **Литература**

1. SICK/IVP. MachineVisionIntroduction. – 2006. – N 9. – 11 с.
2. Светодиодное освещение для задач машинного зрения Latab [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.latab.net>.
3. Родионов С.А. Основы оптики. Конспект лекций / Родионов С.А. – Санкт-Петербург, 2000. – С. 42 – 44.

УДК 519.854.2

## **ПОБУДОВА УЗАГАЛЬНЕНОГО ГРАФА ПЕРЕДУВАННЯ РОБІТ БАГАТОЕТАПНОЇ ЗАДАЧІ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНУВАННЯ МІНІМІЗАЦІЇ СУМАРНОГО ВИПЕРЕДЖЕННЯ ДИРЕКТИВНИХ ТЕРМІНІВ**

О.Г. Жданова, К.О. Лук'яненко, Т.О. Морозовський, М.О. Сперкач  
*НТУУ «КПІ», Україна*

Розглядається задача календарного планування (ЗКП) виробництва, у якій процес виготовлення виробів описується заданими відношеннями передування робіт і кожен з виробів має свій директивний термін виготовлення. Метою розв'язання задачі є складання розкладу, у якому моменти запуску технологічного процесу виготовлення кожного з виробів є максимально пізніми за часом (сумарне випередження директивних термінів мінімальне). Дана робота містить детальний опис математичної моделі задачі та має на меті описання алгоритму побудови узагальненого графа передування робіт, який дозволяє виконувати диспетчеризацію обчислень для складання розкладу з урахуванням специфіки задачі.

Зазвичай в ЗКП, що враховують директивні терміни, метою є мінімізація сумарного запізнення, мінімізація максимального запізнення, мінімізація сумарного відхилення (як запізнення, так і випередження директивних термінів). Особливість задачі, що розглядається у даній роботі, полягає у тому, що в результатуючому розкладі директивні терміни не можуть бути порушені, а їх сумарне випередження мінімізується. Це, в свою чергу, максимізує коефіцієнт використання обладнання і, відповідно, мінімізує витрати на виробництво.

**Математична постановка задачі.** Є обслуговуюча система, що складається з множини виробничих вузлів  $U$ ,  $|U|=r$ . Під вузлом розуміється одна або декілька машин (одиниць обладнання), що можуть працювати паралельно. Всі вузли є унікальними в сенсі того, що кожен з них виконує один і тільки один вид робіт (технологічних

операцій обробки), які не можуть бути виконані на жодному іншому вузлі. Кожний вузол  $u_k \in U$  характеризується кількістю машин  $m_k$  та вектором коефіцієнтів продуктивності машин  $M_k = \{\mu_{kl}\}$ ,  $k = \overline{1, r}$ ,  $l = \overline{1, m_k}$ . Системі потрібно виготовити множину виробів  $P$ ,  $|P| = n$ . Для кожного виробу  $p_i \in P$  відомий директивний термін його виготовлення  $d_i$ ,  $i = \overline{1, n}$ . Для виготовлення кожного виробу  $p_i \in P$ ,  $i = \overline{1, n}$ , необхідно виконати множину робіт, для яких задано відношення передування. Відношення передування робіт, пов'язаних з виготовленням виробу  $p_i$ , задається орієнтованим ациклічним графом  $G_i = \langle V_i, E_i \rangle$ , у якому вершини відповідають роботам, а наявність направленого ребра з вершини з індексом  $j_1$  до вершини з індексом  $j_2$  означає, що робота  $j_2$  може бути розпочата лише після завершення роботи  $j_1$  ( $j_1, j_2 \in \{1, 2, \dots, g_i\}$ , де  $g_i = |V_i|$  – кількість робіт, що відповідають виробу  $i$ ). Для кожної роботи  $(ij)$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $j = \overline{1, g_i}$ , відомі час її виконання  $t_{ij}$  на «еталонній» машині та індекс  $k_{ij} \in \{1, 2, \dots, r\}$  виробничого вузла, на якому ця робота може бути виконана. «Еталонною» будемо називати машину з коефіцієнтом продуктивності  $\mu = 1$ . Фактичний час виконання роботи  $(ij)$  на машині  $l$  вузла з індексом  $k_{ij}$  становить  $t_{ij}\mu_{k_{ij}l}$ ,  $l = \overline{1, m_{k_{ij}}}$ . Необхідно скласти розклад виготовлення виробів, при якому усі вироби не запізнюються (жоден з директивних термінів не порушується) і досягає мінімуму сумарне випередження директивних термінів виготовлення виробів.

Ця задача може бути представлена як багатоетапна мережева ЗКП. Весь процес виготовлення вихідної множини виробів можна представити у вигляді ациклічного графа  $G = \langle V, E \rangle$  [1, 2]. По суті граф  $G$  є деякою формою об'єднання всіх графів  $G_i$ ,  $i = \overline{1, n}$ . Граф  $G$  має такі особливості: його вершини відповідають вузлам  $u_k \in U$ ,  $k = \overline{1, r}$ , а ребра відображають просування усіх виробів через систему в процесі їх виготовлення. Машини, які фізично існують, виконують роботи по різних виробках у відповідності до відношення передування  $G_i$ ,  $i = \overline{1, n}$ . Отже, у графі  $G$  одному й тому ж фізичному вузлу в загальному випадку може відповідати декілька вершин з множини  $V$ . Кожному ребру поставлено у відповідність виріб, при цьому якщо в графі

$G$  залишити тільки ребра, асоційовані з виробом  $i$ , та інцидентні з ними вершини, то в результаті отримаємо граф  $G_i$ . В загальному випадку, пару вершин графа  $G$  можуть з'єднувати декілька ребер, асоційованих з різними виробами. Далі граф  $G$  будемо називати *узагальненим*.

Процес розв'язання задачі складається з двох етапів:

- побудова узагальненого графу;
- планування виконання робіт .

Наведемо приклад узагальненого графу для випадку, коли обслуговуюча система, що складається з трьох виробничих вузлів повинна виробити три вироби:  $A$ ,  $B$ ,  $C$ , для яких відношення безпосереднього передування робіт така:  $A1 \prec A2$ ;  $A1 \prec A3$ ;  $A2 \prec A4$ ;  $A3 \prec A4$ ,  $B1 \prec B2 \prec B3$ ;  $C1 \prec C3$ ;  $C2 \prec C3$ ;  $C3 \prec C4$ ;  $C3 \prec C5$ . При цьому вузол 1 виконує роботи  $A1, A4, B2, C3$ , вузол 2 -  $A2, B1, C1, C4$ , вузол 3 -  $A3, B3, C2, C5$ . Результуючий узагальнений граф наведено на рисунку 1.

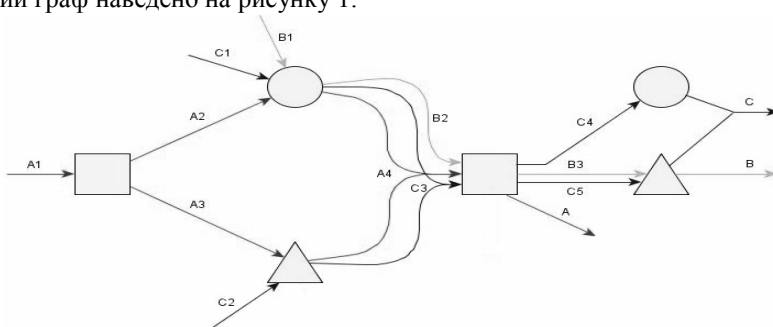


Рис. 1. Узагальнений граф передування робіт для множини виробів  $\{A, B, C\}$

### Алгоритм побудови узагальненого графу

КРОК 1. Для кожного з відношень передування робіт, заданого графом  $G_i$  ( $i = \overline{1, n}$ ) сформувати відповідний граф  $G_i^U$ , який має всі властивості графа  $G$ . Ініціалізувати  $G := G_1^U$ ;

КРОК 2. ДЛЯ ВСІХ  $G_i^U$ ,  $i = \overline{2, n}$ , ВИКОНУВАТИ

2.1. Створити чергу  $Q$ , у яку входять роботи графа  $G_i^U$ , які необхідно послідовно додати до  $G$ . Ініціалізувати цю чергу усіма ребрами графа  $G_i^U$ , які входять у вершини, до яких не йде жодного ребра від інших вершин;

2.2. ПОКИ черга не пуста, ВИКОНУВАТИ



2.2.1. Отримати чергове ребро  $e = \{v_1, v_2\}$  з черги  $Q$ , видаливши його з самої черги;

2.2.2. Додати дане ребро до графа  $G$  при умові збереження його властивості ациклічності, додаючи нові вершини, якщо це необхідно;

2.2.3. Видалити ребро  $e$  з графа  $G_i^U$ . Якщо з  $v_1$  у графі  $G_i^U$  більше не виходить жодне ребро – видалити  $v_1$ . Якщо в  $v_2$  у графі  $G_i^U$  більше не входить жодне ребро – видалити  $v_2$ ;

2.2.4. Додати до черги  $Q$  всі ребра оновленого графа  $G_i^U$ , для яких виконується властивість, описана у п.2.1 (входження ребра у вершину, до якої не йде жодного ребра від іншої вершини).

Результатом роботи цього алгоритму  $G$  є узагальнений граф передання робіт вихідної множини виробів.

**Планування виконання робіт.** Виконується на основі узагальненого графу. Процес планування починається з його кінця (с термінальних вузлів графу) і просувається в напрямку, оберненому до напрямку ребер, згідно наступного алгоритму, який по суті виконує диспетчеризацію робіт.

#### **Алгоритм диспетчеризації**

КРОК 1. Визначити множину термінальних вузлів

КРОК 2. ПОКИ множина термінальних вузлів не пуста  
ВИКОНУВАТИ

Вибір із множини термінальних вузлів вузла  $i$ . Визначення множини  $N_i$  робіт, які повинні бути обслужені вузлом  $i$ . Складання розкладу виконання робіт вузла  $i$ . Визначення директивних строків виконання робіт, що є непосредними попередниками робіт з множини  $N_i$ .

#### **Література**

1. Павлов А.А., Мисюра Е.Б., Халус Е.А., Сперкач М.О., Аракелян Г.А. Результирующая формализация первого уровня трехуровневой модели оперативного планирования и принятия решений по критерию минимизации суммарного опережения директивных сроков // Вісник НТУУ “КПІ”. Серія «Інформатика, управління та обчислювальна техніка». – К.: “ВЕК+”, 2012. – №56.– С. 56–57.

2. Павлов А.А., Сперкач М.О., Халус Е.А. Субоптимальный полиномиальный алгоритм решения одного класса многоэтапных сетевых задач календарного планирования // Вісник НТУУ “КПІ”. Серія «Інформатика, управління та обчислювальна техніка». – К.: “ВЕК+”, 2012. – №57.– С. 51–55.

## НАПІВВИЗНАЧЕНА ОПТИМІЗАЦІЯ У ЗАДАЧІ РОЗТАШУВАННЯ ДАТЧИКІВ У МЕРЕЖІ

А.І.Косолап, А.С. Перетятко

*Український державний хіміко-технологічний університет, Україна*

Розглянемо задачу оптимального розташування датчиків у мережі [1]. Задача локалізації датчиків у мережі полягає у знаходженні такого розташування цих датчиків, яке задовольняє заданим відстаням між ними. Нехай маємо граф  $G = (V, E)$ , який складається з вершин, координати яких відомі, та вершин, координати яких необхідно визначити. Датчиками називають вершини, координати яких необхідно визначити.

Тоді задача розташування (локалізації) датчиків у мережі зводиться до наступної:

$$\min \left\{ \|x\|^2 \mid \|a^i - x^j\|^2 = d_{ij}^2, \|x^i - x^j\|^2 = \bar{d}_{ij}^2 \right\}, \quad (1)$$

де  $a^i$  – координати закріплених вершин,  $x^j$  –  $n$  вершин, розташування яких необхідно визначити,  $d_{ij}$  – відстань між відомою вершиною та датчиком, та  $\bar{d}_{ij}$  – відстань між датчиками. Задача (1) може не завжди мати розв'язок, тому будемо розв'язувати наступну задачу

$$\min \left\{ \|u\|^2 + \|v\|^2 \mid \|a^i - x^j\|^2 = d_{ij}^2 + u_{ij}, \|x^i - x^j\|^2 = \bar{d}_{ij}^2 + v_{ij} \right\}, \quad (2)$$

де вектори  $u$  та  $v$  визначають відхилення від заданих відстаней, і ці відхилення потрібно мінімізувати. Задача (2) є квадратичною та завжди має розв'язок.

Зведемо задачу (2) до напіввизначеної оптимізації (SDP) [2]. Для цього використаємо перетворення  $xAx^T = Axx^T = A \bullet X$ , де  $X$  – напіввизначена матриця рангу одиниця. Маємо наступну задачу:

$$\min \{ C \bullet X \mid A \bullet X = b, X \succeq 0 \}, \quad (3)$$

$$\text{де } X = \begin{pmatrix} 1 & x & u & v \\ x & xx^T & & \\ u & & uu^T & \\ v & & & vv^T \end{pmatrix}, \quad b = \begin{pmatrix} \bar{d}_{ij}^2 \\ d_{ij}^2 \end{pmatrix}, \quad C = \begin{pmatrix} & u & v & \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & I & 0 \\ 0 & 0 & 0 & I \end{pmatrix},$$

$$\bar{A}_{ij} = \begin{pmatrix} & i & j & v_{ij} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & -0.5 \\ 0 & I & 0 & -I & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & -I & 0 & I & \dots & 0 \\ \dots & & & & & \\ -0.5 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \end{pmatrix}, A_{ij} = \begin{pmatrix} & j & u_{ij} \\ \left\| a^i \right\|^2 & 0 & -a^i & 0 & \dots & -0.5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ -a^i & 0 & I & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ \dots & & & & & & \\ -0.5 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Для розв'язання задачі (3) відкидаємо умову того, що ранг матриці  $X$  повинен дорівнювати одиниці, та використовуємо напіввизначений симплекс-метод [3]. Проведені чисельні експерименти свідчать про ефективність напіввизначеного симплекс-методу для розв'язання даного класу задач.

### Література

1. Man-Cho A., Ye Y. Theory of Semidefinite Programming for Sensor Network Localization. – ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms, 2004. – 16 p.
2. Косолап А.І. Використання напіввизначеної оптимізації для моделювання складних систем / А.І. Косолап, А.С. Перетяцько // Математичні машини і системи. – 2012. – № 1. – с. 174-179.
3. Косолап А.І. Обобщение симплекс-метода для решения задач полуопределенной оптимизации / А.И. Косолап // Математичне та комп'ютерне моделювання. – 2010. – с. 99-106.

УДК 621.438:622

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБСЛУЖИВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ЛИНЕЙНОЙ ЧАСТИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

И.И. Остапюк

ООО «ИК «Машекспорт», Украина

Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа,  
Украина

С учетом отказов элементов линейной части магистральных газопроводов предлагается две альтернативные стратегии обслуживания сосредоточенных объектов, наиболее полно описывают процесс эксплуатации магистральных газопроводов в соответствии с требованиями действующих нормативных документов и реальной практики производства.

Стратегия контрольно-восстановительных мероприятий сосредоточенных объектов линейной части характеризуется совокупностью состояний объектов обслуживания и их структурно-логическими связями.

Первая стратегия контрольно-восстановительных мероприятий сосредоточенных объектов линейной части, которая называется "контроль-профилактика-ремонт" формируется следующим образом:

- на сосредоточенных объектах линейной части магистральных газопроводов осуществляется строго периодический контроль состояния объектов с периодом  $\delta$ , соединенный с профилактическими работами общей стоимостью  $Z_{\text{проф}}$ ;

- если на момент контроля объект отказал, выполняется восстановительный ремонт в необходимом объеме стоимостью  $Z_{\text{от}}$ .

Как предположение принимаем абсолютную вероятность обнаружения отказов (скрытых). После каждого ремонта объект представляется вполне восстановленным. Будем учитывать ущерб, прямо пропорционален длительности существования отказа от момента ее появления до момента обнаружения с удельным ущербом  $q$ . Степенная функция  $X(t)$ , описывающая процесс эволюции состояний сосредоточенных объектов линейной части входе обслуживание по данной стратегии выглядит [2]:

$$X(t) = \begin{cases} E_1 & - \text{исправное состояние объекта} \\ E_2 & - \text{контроль состояния объекта} \\ E_3 & - \text{отказ (или равноценное состояние)} \\ E_4 & - \text{восстановительный ремонт} \\ E_5 & - \text{профилактика} \end{cases}$$

Граф переходов состояний сосредоточенных объектов линейной части в ходе контрольно-восстановительных мероприятий по стратегии "контроль-профилактика-ремонт" представлен на рисунке 1, а.

В случае, когда нет необходимости в выполнении каких-либо дополнительных профилактических работ, целесообразно следовать второй стратегии (назовем ее "контроль-ремонт"), которая формулируется следующим образом:

- проводятся строго периодические проверки состояния сосредоточенных объектов линейной части магистральных газопроводов стоимостью  $Z_{\text{пр}}$  и вероятностью  $P$ ;

- если элемент трудоспособный (или признан по результатам проверки), то не проводится никаких воздействий (до следующей проверки);

- если элемент признан такой, что отказал, проводится соответствующий ремонт стоимостью  $Z_{\text{рем}}$ .

Если наличие отказа в течение времени с момента его появления до момента выявления в ходе проверки связано с какими-либо потерями, необходимо учитывать ущерб от пребывания объекта в состоянии отказа.

Процесс эволюции элемента в ходе контрольно-восстановительных мероприятий по второй стратегии определяется следующими состояниями:

$$X(t) = \begin{cases} E_1 & \text{- исправное состояние элемента} \\ E_2 & \text{- контроль состояния} \\ E_3 & \text{- отказ (или адекватное состояние)} \\ E_4 & \text{- ремонт} \end{cases}$$

Граф переходов (рисунок 1, б) отражает основные состояния элементов линейной части в ходе контрольно-восстановительных мероприятий.

В качестве показателя для оценки эффективности мероприятий по контролю и восстановлению сосредоточенных объектов линейной части принимаем средние суммарные удельные затраты  $\bar{z}_\Sigma$ ;

В рамках сформированной стратегии (расчетной схемы контрольно-восстановительных мероприятий) "контроль-профилактика-ремонт" показатель  $\bar{z}'_\Sigma$ , как функция от периодичности профилактических проверок  $\delta$ , определяется следующим образом:

$$\bar{z}'_\Sigma(\delta) = \frac{z_{\text{проф}} \cdot \bar{F}(\delta) + z_{\text{от}} F(\delta) + q \int_0^\delta (\delta - t) dF(t)}{\delta} = \frac{z_{\text{проф}} + (z_{\text{от}} - z_{\text{проф}}) F(\delta) + q \int_0^\delta F(t) dt}{\delta}, \quad (1)$$

где  $\bar{F}(\delta) = 1 - F(\delta)$  - функция надежности (вероятность безотказной работы объекта);  $z_{\text{проф}}$  - средние затраты на профилактические работы на элементах линейной части;  $z_{\text{от}}$  - средние затраты на восстановительные работы при ликвидации отказов и адекватных им состояний;  $q$  - удельный средний ущерб от нахождения элемента в состоянии отказа;  $\delta$  - периодичность контрольных проверок - профилактики.

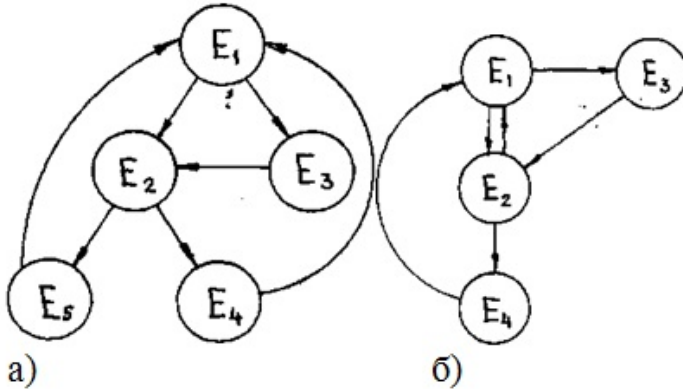


Рис. 1 - Графы переходов состояния элементов линейной части магистральных газопроводов в ходе контрольно-восстановительных мероприятий при стратегиях (а - "контроль-профилактика-ремонт"; б - "контроль-ремонт"; E<sub>1</sub> - исправное состояние; E<sub>2</sub> - контроль; E<sub>3</sub> - отказ (равноценное состояние); E<sub>4</sub> - ремонт; E<sub>5</sub> - профилактика.)

Следует отметить, что, из-за расширения нами понятия отказа элемента (сосредоточенного объекта) линейной части путем введения в расчетную схему скрытых и функциональных отказов, значения функции надежности  $\bar{F}(\delta)$  существенно отличаются от показателей безотказности, рассмотренных ранее. С учетом принятого ранее предположения о простейшем потоке появлений повреждений на объектах линейной части, функция распределения случайной наработки на отказ имеет вид:

$$F(t) = 1 - e^{-bt} \quad (2)$$

где  $b$  - интенсивность потока отказов (всех типов) на сосредоточенных объектах линейной части.

С учетом (2) величина  $3_{\Sigma}^I(\delta)$  определяется:

$$\bar{3} \frac{I}{\Sigma}(\delta) = q - \frac{q}{b\delta} + \frac{3_{om} - 3_{проф} + \frac{q}{b}}{\delta} e^{-b\delta} = \quad (3)$$

$$q + \frac{1}{\delta} e^{-b\delta} (3_{om} - 3_{проф}) - \frac{q}{b\delta} (1 - e^{-b\delta})$$

Планирование контрольно-восстановительных мероприятий проводится в условиях сложившейся структуры системы технического обслуживания и ремонта, известных показаний безотказности и ремонтпригодности обслуживаемых объектов. С учетом этого, задача повышения эффективности контрольно-восстановительных мероприятий сводится к оптимальному планированию режима функционирования

ремонтно-эксплуатационных подразделений. Режим функционирования в данном случае определяется периодичностью (графика) контрольно-восстановительных мероприятий на сосредоточенных объектах линейной части.

Таким образом, определение оптимальной периодичности контрольно-восстановительных мероприятий  $\delta^*$  сводится к стандартной экстремальной задаче, решение которой соответствует минимальному значению сложившейся в (3) функции цели  $\bar{Z}_\Sigma$  при условии:

$$\frac{d}{d\delta} \bar{Z}_\Sigma(\delta) = 0 \quad (4)$$

Анализируя (3) легко понять, что оптимальная периодичность контрольно-восстановительных мероприятий в рамках стратегии "контроль-профилактика-ремонт" находится как решение уравнения:

$$Z_{\text{проф}} + (Z_{\text{от}} - Z_{\text{проф}} - q\delta^*)F(\delta^*) + q \int_0^{\delta^*} F(t) dt = (Z_{\text{от}} - Z_{\text{проф}})f(\delta^*) \quad (5)$$

где:  $f(t) = \frac{d}{dt} F(t)$

Причем, значение функции цели в точке экстремума составляет:

$$Z_\Sigma(\delta^*) = (Z_{\text{от}} - Z_{\text{проф}})f(\delta^*) + qF(\delta^*) \quad (6)$$

Аналогичным образом рассмотрим порядок формирования показателя эффективности контрольно-восстановительных мероприятий на сосредоточенных объектах линейной части магистральных газопроводов при стратегии "контроль-ремонт".

**Выводы.** Предложенные математические модели контрольно-восстановительных мероприятий на объектах линейной части магистральных газопроводов (как линейно протяженных, так и сосредоточенных) позволяют перейти к решению частных задач по повышению эффективности обслуживания газотранспортных систем. На этом этапе можно синтезировать оптимальные организационно-технические решения при различных критериях оптимальности и других ограничениях.

## Литература

1. Васильев Г.Г. Вопросы планирования организации ремонта газопроводов/ Васильев Г.Г., Шибнев А.В., Яковлев Е.И. – М.: ВНИИЭГАЗпром, 1989. – 59 с.
2. Байхельт Ф. Надежность и техническое обслуживание. Математический подход./ Ф.Байхельт, П.Франкен Пер. с нем. – М.: Радио о связь, 1388. – 392 с.
3. Райбман Н.С. Построение моделей процессов производства./ Н.С.Райбман, В.Н.Чадаев – М.: Энергия, 1976. – 374 с.
4. Грудзь В.Я. Обслуживание газотранспортных систем/ Грудзь В.Я., Тымкив Д.Ф., Яковлев Е.И. – К.: УМК ВО, 1991. – 160 с.

5. Бразилович Е.Ю. Некоторые математические вопросы теории обслуживания сложных систем./ Е.Ю.Бразилович, И.А.Каштанов – М.: Сов. Радио, 1971. – 631 с.

УДК 004.9:693.54

## **ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЛАНИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ**

О.И. Бабина

*ФГОАУ ВПО Сибирский Федеральный университет, Россия*

Современная экономическая ситуация в большинстве стран характеризуется высоким уровнем динамики, плохой предсказуемостью, нестабильностью и неопределенностью развития внешних условий. Постоянно усиливающаяся конкуренция требует от предприятий быстрого реагирования на изменения, происходящие как в их внешней среде, так и внутри самих предприятий [2]. Своевременное принятие правильных решений при изменении экономической ситуации является одним из главных условий эффективного управления промышленным предприятием [1].

К процессу управления предъявляются всё более высокие требования, что связано с усложнением и совершенствованием технологических процессов, вследствие чего подготовка и принятие самих управленческих решений становится всё более трудной задачей. Наблюдается возрастание числа рассматриваемых альтернатив, эффективный анализ которых невозможен без компьютерной поддержки принятия решений [3].

Все это приводит к необходимости расширения области использования моделей, относящихся к классу имитационных. Метод имитационного моделирования является одним из самых точных и достоверных при анализе процессов планирования и управления на промышленном предприятии, так как при создании модели он позволяет в максимальной степени учесть условия функционирования реального производства, т.е. обеспечить требуемый уровень адекватности модели, отображающей конкретный объект исследования. При применении данного метода появляются новые возможности для совершенствования процессов принятия решений, улучшения экономических показателей предприятия и уменьшения рисков управленческих решений.

В докладе представлены заключительные результаты диссертационного исследования на тему «Применение имитационного моделирования для поддержки процессов планирования и управления на промышленном предприятии»:



- представлена классификация имитационных моделей промышленного предприятия, являющаяся дополнением и расширением уже существующих в литературе классификаций, позволяющая сгруппировать имеющиеся имитационные модели и выделить определенные категории, которые будут характеризоваться рядом общих свойств, в соответствии с принятым методом классификации.

- предложена и обоснована методика применения метода имитационного моделирования для поддержки процессов планирования и управления на промышленном предприятии, отличающаяся от известных: возможностью учёта специфики промышленных предприятий и ориентированностью на процессы планирования и управления; детализированной проработкой каждого из этапов с ориентацией на новые функциональные возможности, появившиеся в современных пакетах имитационного моделирования.

- исследованы основные парадигмы имитационного моделирования с указанием и обоснованием наименее разработанных аспектов и проведён сравнительный анализ наиболее распространенных подходов для моделирования деятельности промышленного предприятия, который позволит разработчику имитационной модели сделать её более качественной и уточнить особенности использования этих подходов на разных этапах разработки имитационной модели.

- разработана имитационная модель для решения задач планирования и управления на промышленном предприятии ООО «Бетон-М», позволяющая рассмотреть большее количество альтернатив, сократить длительность процесса планирования, оперативно вносить корректировки в случае необходимости, а также снизить затраты на осуществление производственно-хозяйственной деятельности предприятия. Проведены имитационные эксперименты с использованием прикладной имитационной модели, позволяющей оценить различные варианты развития, проанализировать результаты, и оценена работоспособность инструмента в целом.

## **Литература**

1. Аристов С.А. Использование многофункциональных имитационных систем поддержки принятия решений в управлении предприятием // Вестник Оренбургского государственного университета. 2006. № 8. С. 70–76.
2. Байрамукова Е.И. Использование методов имитационного моделирования при оценке рисков и оптимизации процессов управления на промышленных предприятиях // Экономика и право. 2008. № 2. С. 316–320.
3. Худякова Е.В., Липатов А.А. Имитационное моделирование экономических процессов в АПК. – М.: Издательский центр МГАУ, 2006. – 186 с.

**ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОРГАНІЗАЦІЇ  
УПРАВЛІННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИМИ  
КАМΠΑНИЯМИ АГРОФІРМ**

<sup>1</sup>І.В. Бальченко, <sup>1</sup>В.В. Литвинов, <sup>2</sup>В.П. Клименко, <sup>3</sup>В.В. Бегун  
<sup>1</sup>Чернігівський державний технологічний університет, Україна  
<sup>2</sup>Інститут проблем математичних машин та систем НАНУ, Україна  
<sup>3</sup>Національний технічний університет КПІ, Україна

У більшості сільськогосподарських підприємств, що використовують для автоматизації функцій планування системи операційного управління (розроблені на основі як типових, так і індивідуальних проектів) не можуть уникнути головного недоліку даного типу інформаційних систем: зміщення акцентів у бік поточного планування [3]. Така ситуація виникає через об'єктивні причини, пов'язані з використанням обчислювальних процесів в контексті опису поточного розвитку системи в рамках одного виробничого циклу. При такому підході практично відсутнє середовище автоматизації процесів довгострокового і середньострокового планування, а методика планування, що реалізовується, не дозволяє інтегрувати в інформаційну систему методи ефективного коректування відхилень з метою виходу на плановий рівень, що базуються на використанні оптимізаційних математичних моделей.

В даний час відсутність тактичного планування ходу кампаній, оперативного планування робіт з врахуванням реальної ситуації, єдиної системи оперативного управління взаємодією учасників кампаній, породжує наступні основні проблеми [1]:

- простої устаткування і техніки;
- неякісне виконання робіт;
- зрив термінів проведення робіт;
- великі витрати паливно-мастильних матеріалів (ПММ) та інших видів ресурсів.

Такі проблеми безперечно призводять до збільшення собівартості продукції, зниження якості продукції, збільшення антропогенного тиску на навколишнє середовище.

Планується розробити сучасний програмно-апаратний планово-диспетчерський комплекс керування агрофірмою в вигляді єдиного ситуаційного центру. Задачами такого комплексу є забезпечення економічно-обґрунтованими планами ведення господарства та покращення ефективності прийняття управлінських рішень в разі позаштатних ситуацій:

- планування всього циклу сільськогосподарських кампаній;

- планування необхідних ресурсів;
- оцінка стану виконання технологічних операцій;
- оцінка стану ґрунтів та посівів.

Як центральний об'єкт планування і управління доцільно виділити ділянку поля з єдиною сівозміною, щодо якої здійснюється вся система планування. Складність задач планування передбачає виокремлення декількох типів процесів, в розрізі яких відбувається автоматизація задач планування: сезон; кампанія; робота; операція. Така побудова основного плану, з одного боку, дає можливість ефективного контролю над виконанням кожної елементарної операції, а з іншого боку дозволяє «бачити картину в цілому», тобто забезпечувати контроль за виконанням основного плану.

Також для побудови основного плану потрібно визначити загальну потребу в ресурсах і підготувати розклад використання трудових ресурсів і матеріалів для випадку, коли операції забезпечуються як власними ресурсами, так і одержуються від сторонніх організацій.

Як відомо, неможливо досягти ідеального виконання планів, тому при побудові системи планування необхідно враховувати специфіку виникнення позаштатних ситуацій глобального характеру – це насамперед події, пов'язані з незадовільним станом посівів чи ґрунтів, зривом виконання операцій або навіть цілого комплексу робіт. На жаль, отримання вимірjuвальної інформації про стан сільськогосподарських об'єктів досить складна задача, що визначається великою протяжністю об'єктів робіт та іншими специфічними факторами. Однак, таке оцінювання найкраще провадити за допомогою обладнання спеціального призначення безпосередньо контактним шляхом, або безконтактним шляхом за допомогою засобів дистанційного зондування. Отримані дані, найкраще можуть бути проаналізовані з використанням геоінформаційних технологій [2].

Було визначено, що для здійснення ефективного планування та управління сільськогосподарськими кампаніями необхідно мати в розпорядженні новий організаційно-економічний механізм та швидкодіючий аналітичний інструмент забезпечення взаємодії учасників кампанії. В зв'язку з чим пропонується перейти від жорсткої «вертикальної» схеми планування (управління) до схеми планування (управління) «окремий плановик (диспетчер) – певна зона відповідальності». Крім того, структура організаційної моделі повинна забезпечувати оперативність і достовірність збору-передачі інформації, необхідної для прийняття ефективних управлінських рішень.

Проведені авторами дослідження дозволили знайти шлях усунення невідповідності форми організації, що склалася, та витратних методів ведення сільськогосподарських кампаній економічним настановам і виробничому потенціалу агроформувань. Застосування програмно-

апаратного планово-диспетчерського комплексу керування агрофірмою дозволить підняти управління взаємодією на великих територіях з великою кількістю учасників на новий якісний рівень – рівень науково-обґрунтованого організаційного управління процесами виробничо-технологічної взаємодії агроформувань в період сільськогосподарських кампаній і створити умови для значної економії матеріальних і грошових ресурсів в цілому.

### Література

1. Бакурадзе Л.А., Луценко Е.В. Теория, технология и практика автоматизации оперативного управления уборочно-заготовительными кампаниями в АПК: Под науч. ред. д.т.н., проф. В.И.Лойко. Монография (научное издание). – Краснодар: КубГАУ, 2008. – 550 с.
2. Бурачек В.Г., Железняк О.О., Зацерковный В.И. Геоинформационный анализ пространственных данных: монография. . – Ніжин: ТОВ “Видавництво “Аспект-Поліграф”, 2011. – 440с.
3. Улезько А.В. Информационное обеспечение адаптивного управления в аграрных формированиях /А.В. Улезько, Я.И. Денисов, А.А. Тютюников. – Воронеж: изд-во «Истоки», 2008. – 106 с.

УДК 658.52.011

## SIMULATION SYSTEMS DEVELOPMENT FOR AQUAD-ROTOR MICRO-UAV USING VISION SENSORS

Karam Jasim Mohammed, S.S. Stoyanchenko

*Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Ukraine*

**Abstract.** There are many applications for which small aerial vehicles are well suited, including surveillance, reconnaissance, search and rescue, convoy support, and short-range low-altitude perimeter patrol missions. The initial goal of the project was to stabilize the quad-rotor for flight. Control of pitch, roll, yaw, and altitude were necessary before any high-level autonomous control could be developed. A quad-rotor with attitude control could be given higher level commands by a user (increase altitude, maintain altitude, move left, move right, trim pitch, trim roll, etc.) The next goal was to hover within a limited area for at least 60 seconds without human intervention. A paramount requirement for a quad-rotor is to be able to fly indoors in a constrained area to avoid endangering people inside the building. This requirement is also a base for target tracking. If the quad-rotor were to lose a target it was tracking, or while it is waiting for a user to select a target, it must be able to maintain position fairly well while waiting for a new command or target.

**Introduction.** The major problem in stabilizing a quad-rotor is translational drift. While a three-axis inertial measurement unit (IMU) can stabilize the craft so that it stays level while in flight, outside forces may exert a

horizontal velocity upon the aircraft causing it to translate without changing pitch, roll, or yaw. Horizontal velocity is not detected by the IMU, and so the craft may be perfectly level and still manage to coast across the room and crash into a wall. The controller structure is shown down .Here we can see the General system architecture and Cascaded controller structure and main sensors used (name them). In order to achieve a stable flight behavior in GPS-denied areas, we used an altitude controller and a cascaded controller structure for position stabilization.

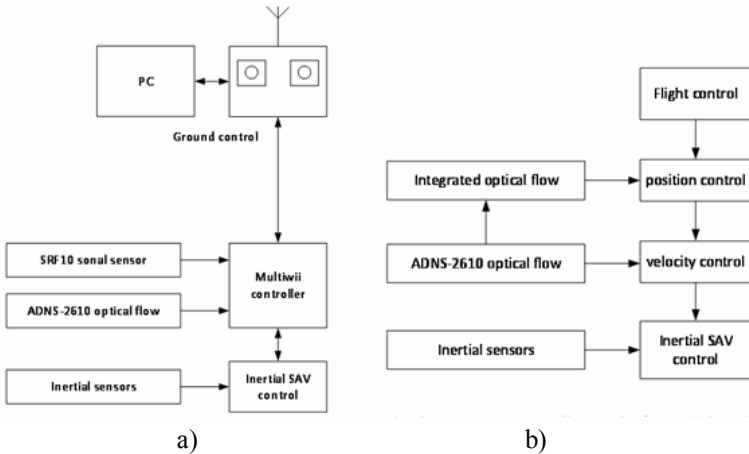


Fig. 1. a) – general system architecture; b) – cascaded controller structure and main sensors used

The altitude controller receives its inputs from the SRF10 sonar sensor. This off-the-shelf sensor commonly used in robotics projects provides accurate altitude information and offers considerable advantages because of its short minimum operation range of 3 cm. The controller itself is implemented is connected to a Multiwii board as a standard PID-controller. It is executed with 25 Hz and able to stabilize the SAV’s altitude with 3 cm accuracy.

**Drift.** The forward motion of a fixed-wing aircraft and the flow of air over and under the wings create stability such that small turbulences do not cause any long term deviations from the flight path. Rotor-based platforms in contrast, are inherently unstable. Keeping a helicopter (or quad-rotor) stable in a hovering state requires constant minute corrections to throttle, pitch, roll, and yaw. Turbulences that would not bother a fixed wing SAV can send a helicopter into a settling with power state. Hovering a helicopter has been compared to balancing yourself while standing on a large beach ball.

. Optical Flow Calculation. Optical flow is the apparent motion between an observer and the environment. The optical flow resulting from one step forward, in a simulated environment.

Calculating optical flow:

- differential Techniques are techniques to compute velocity from spatiotemporal derivatives of image intensity. They work because they have the assumption that intensity is conserved.
- region-Based Matching is a set of techniques which define velocity as the shift that has the best fit between image regions at different times.
- energy-Based Methods are based on the output energy of velocity-tuned filters.
- phase-Based Techniques are techniques which define velocity in terms of the phase behavior of band-pass filter outputs.

We can see in below in PID loop structures how the optical sensor work

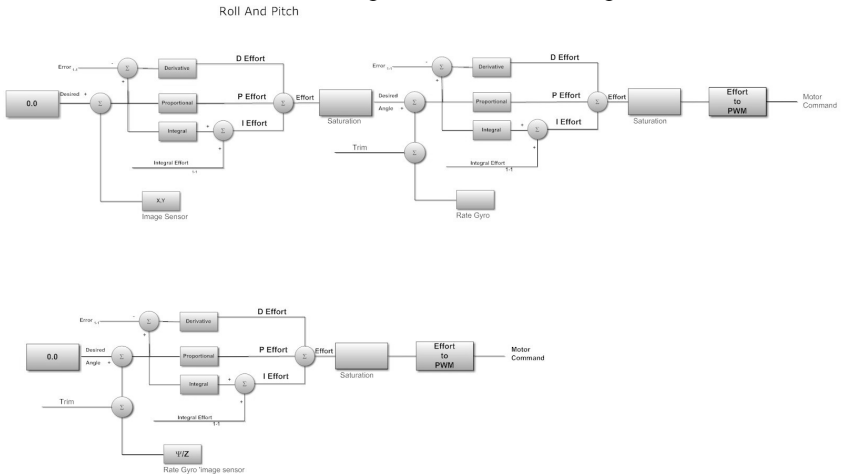


Fig. 2. PID structure

Initial PID structure for the quad-rotor was to compute PID corrections for pitch and roll, convert the effort into a PWM value, and sum the value into the overall throttle command for each motor. For example, a positive effort from the roll PID would be multiplied by the angle-to-PWM scalar and then added to m2 and subtracted from m4. The same process would be applied to pitch, with the values being added to m1 and subtracted from m3.

In order to allow the quad-rotor to always be able to level itself, a sliding throttle window system was implemented. Desired throttle (before altitude control from vision was added into the loop) could be set using MultiWii GUI. This throttle value was then saturated into a middle range of the possi-

ble throttle values for the quad-rotor. This saturation measure assured that the throttle value for all four motors allowed the potential to increase or decrease each of the motors enough for a large correction. For instance, consider the situation where the quad-rotor is carrying a large payload requiring a large throttle amount to maintain hover. If the throttle value requested correlated to the maximum output of the MultiWii PWMs, without this correction it would be impossible to speed up any of the motors to correct for any attitude deviation. In the system implemented on the quad-rotor however, the maximum throttle value would be saturated to a value low enough to still allow a corrective increase or decrease in throttle on any motor.

The PID summing solution worked well until drift corrections needed to be added. Initially the drift correction PID efforts were converted and then also summed into the overall throttle. This did not provide the desired performance, however, because corrective drift measures were then detected as errors by the attitude sensors and zeroed out in the next iteration by the effort of the pitch and roll PID controllers.

**Conclusion** .The MultiWiiCopter is a open source software project aiming to provide the brain of a RC controlled multi rotor flying platform. It is compatible with several hardware boards and sensors.

The first and most famous setup is the association of a Wii Motion Plus and a Arduino pro mini board.

List of supported features: multi Rotor type BICOPTER; TRICOPTER; QUAD +; QUAD X; HEX Y6; HEX FLAT +; HEX FLAT X; OCTO X8; OCTO FLAT +; OCTO FLAT X Gimbal.

When associated with an accelerometer, MultiWii is able to drive 2 servos for PITCH and ROLL gimbal system adjustment the gimbal can also be adjusted via 2 RC channels.

Camera trigger output a servo output can be dedicated to trigger a camera button. A servo travel pattern is defined in this case.

GUI Coded with processing, java core: Linux/MAC/PC compatible, USB connection exhaustive parameter configuration graphical visualization of sensors, motors and RC signal.

Flight mode - one of the following mode:

- angle velocity driven (accro mode);
- optional mode, compatible with the 2 previous one;
- altitude assisted mode (baro mode, compatible with the 2 previous mode);
- head lock assisted mode (magneto mode).
- Hardware compatibility
- receiver - any standard receiver with a minimum of 4 RC channels any PPM sum receiver.

- servo - up to 4 any standard 50Hz servos can be used motor ESCs up to 8 standard ESC can be used, boosted with a 488Hz refresh rate
- sensors - MEMS Gyro; 2x IDG-650, 1x ISZ-650 (genuine Wii Motion Plus); ITG3200; 3 MEMS Acc (optional); LIS3L02AL (genuine Nunchuk); BMA020; BMA180; 3 MEMS magnetometer (optional); HMC5883; HMC5843; 1 MEMS barometer (optional); BMP085.
- LCD for configuration of every parameters on the field any Sparkfun serial 9600 baud LCD 2x16 characters TEXTSTAR LCD 2x16 characters, with its 4 buttons supported

## References

1. R.S.Christiansen, "Design of an autopilot for small unmanned aerial vehicles" master's thesis, Brigham Young University, 2004. 7,27
2. M.A. bin ramli c.k wei. And G.Leng, "Design and development of an indoor UAV," in RSAF Aerospace Technology seminar. 2007.8
3. L.Beji. A.Abichou, and k.Zemalache, "Smooth control of an X4 bidirectional rotors flying robot", in Robot Motion and Control , 2005. RoMoCo '05 Proceedings of the Fifth International Workshop on, 23-25 June 2005, pp. 181-186.14

УДК 004.78:004.896 (043.2)

## **ВИКОРИСТАННЯ УЛЬТРАЗВУКОВИХ СЕНСОРІВ HC-SR04 ДЛЯ РОБОТИЗОВАНИХ АВТОМОБІЛЕЙ**

О.В. Панфьоров

*Національний Авіаційний Університет, Україна*

Нагальною проблемою проектування роботизованих систем є орієнтація в просторі. Винайдено чимало сенсорів, що спростують задачу побудови картини навколишнього середовища, але перед кожним, хто мав, або має, метою створення подібної системи, постає задача коректного розташування сенсорів. Залежно від призначення системи, від умов оточення, елементної бази та десятків інших властивостей, перед розробником виникає розмаїття варіацій, з яких не так вже й просто вибрати найкращий варіант.

То як же не розгубитись, і застосувати кращий з можливих варіантів розташування? Цією статтею я підсумував шлях до найоптимальнішої схеми розташування сенсорів виміру відстані в рухомій системі, над якою зараз працюю, з метою допомоги обійти ряд «підводних каменів» що обов'язково виникнуть у процесі.

Вимір відстані є найактуальнішим питанням для рухомої системи, адже уникання зіткнень є першою умовою цілісності під час руху. Типових рішень цієї задачі, навіть при існуючій елементній базі немає, з огляду на індивідуальність розробок. Механізм роботи сенсорів-дальномірів полягає у відправленні сигналу до об'єкта, та прийом його



відображення. Тобто, кожен сенсор виступає як передавачем, так і приймачем.

Після отримання сигналу сенсор повертає значення, тим більше, чим більше відстань до об'єкта. В залежності від типу вихідного сигналу, застосовується відповідний алгоритм конвертації в звичні величини, або у зручні умовні одиниці.

Кожен сенсор має ряд параметрів, для дальномірів основними є ефективна відстань розпізнавання об'єктів та кут спрацьовування. Приклад робочого кута ультразвукового сенсора в двомірній площині зображено на рис. 2.

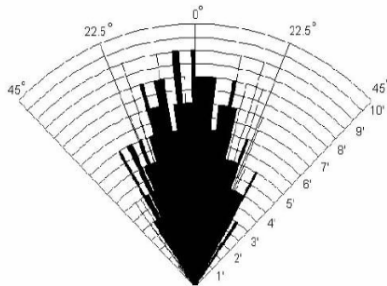


Рис. 1. Робочий кут сенсора HC-SR04

В просторі датчик охоплює конусоподібну область перед приймачем, тому саме приймач формує робочу зону сенсора. Також, як ми можемо бачити на малюнку, зона, що охоплюється значною мірою залежить від відстані.

Розглянемо ситуацію, коли необхідно реалізувати орієнтацію в двомірному просторі під час руху в одному напрямку.

Особливості конструкції сенсорів HC-SR04 накладають обмеження на використання – приймач та передавач розташовані на відстані двох сантиметрів один від одного, тобто робочий кут формується від приймача.

На сенсорі буквою T (від англ. “transmitter”) позначено передавач, буквою R (від англ. “receiver”) позначено приймач. Щоб адекватно оцінювати відстань попереду та з обох боків від системи використаємо три ультразвукових сенсори. Згідно до цього, маємо дві схеми розташування:

- випукла (рис. 2);
- увігнута (рис. 3).

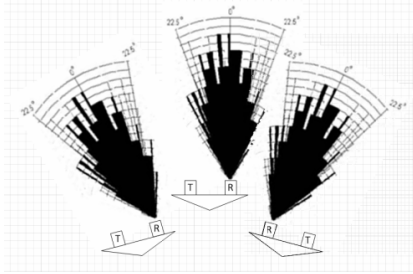


Рис. 2. Випукла схема розташування сенсорів

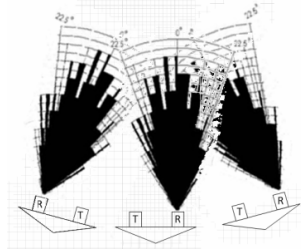


Рис. 3. Увігнута схема розташування сенсорів

Чорним кольором виділено зони, в яких об'єкт буде зафіксовано, вони формують конусоподібні робочі сектори, між якими маємо білу сліпу зону. Для увігнутої схеми розташування сліпі зони виникають справа та зліва, для випуклої навпаки, з обох боків фіксування об'єктів буде нормальним, а між сенсорами, ближче до центру – сліпі зони.

Частково ця проблема може бути вирішена встановленням сенсорів вертикально, або використанням сенсорів із поєднаними приймачами та передатчиками. Застосувавши ці рішення сліпі зони буде зменшено майже у два рази, незалежно від обраної схеми розташування.

Постає питання – чи можна покращити сприйняття об'єктів застосувавши більше сенсорів?

Так, але кількість не замінить якість. Збільшення кількості сенсорів навіть до п'яти призведе до ускладнення алгоритму обробки даних, сповільнення опитування сенсорів, не кажучи вже про підключення, при незначному збільшенні ефективності роботи. Опитування одного сенсора – 4 мс часу, і для систем, де швидкодія критична це неприпустимо.

Розглянемо аналогічну схему для п'яти сенсорів, із поєднаними приймачем та передавачем. Як можна бачити з рис. 4, із зображенням випуклої схеми з п'яти сенсорів, недоліки схеми зберігаються – сліпі зони поміж робочих секторів сенсорів. Єдиною перевагою можна вважати 180 градусів охоплення, з покращеним сприйняттям бокових об'єктів, з невеликими сліпими зонами.

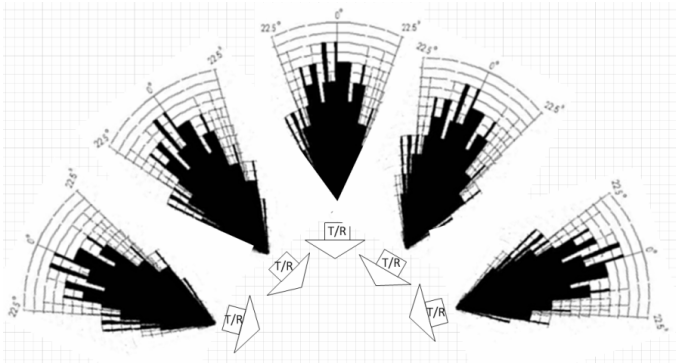


Рис. 4. Випукла схема для пяти сенсорів

Альтернативним рішенням, коли з певних причин немає можливості використати п'яти сенсорів, є схема чотирьох сенсорів, що нічим не поступається наведеній вище схемі і є нічим іншим як оптимізованим варіантом.

Розглянемо схему із використанням чотирьох сенсорів, що зображена на рис. 5. Встановлюючи сенсори вертикально, або із використанням поєднаних приймача та передатчика, маємо 120 градусів охоплення, з мінімумом сліпих зон, та достатнім кутом бокової фіксації об'єктів.

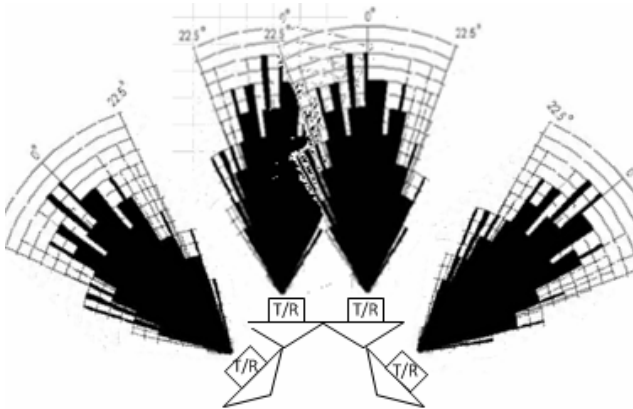


Рис. 5 – Випукла схема з чотирьох сенсорів

**Висновки.** В результаті проведеного дослідження було виявлено, що раціонально розташовані сенсори, незалежно від кількості, можуть формувати робочу зону з мінімальними сліпими зонами, в яких об'єкт не буде зафіксовано. Втім, кількість сенсорів значним чином впливають на сумарний кут, на якому сенсори будуть ефективно працювати.

Спосіб розташування сенсорів також має значення – вертикально розташовані сенсори демонструють кращі результати, ніж аналогічні, розташовані горизонтально. Також виявлено, що сенсори з поєднаними приймачем та передавачем ефективніші за сенсори з тими самими параметрами, але з відстанню між приймачем та передавачем.

### **Література**

1. Рябченко В.В., Дацун Н.Н. Программно-аппаратный комплекс управления роботами-манипуляторами фирмы Neuronics AG // Материалы 4-й международной научно-технической конференции "Моделирование и компьютерная графика – 2011". Донецк, 5-8 октября 2011 г. С. 295 – 299
2. Taghirad H.D., Bélanger P.R. Modeling and parameter identification of Harmonic Drive systems // Journal of Dynamic Systems, Measurements, and Control. – 22 p. [электронный ресурс].

УДК 539.3:534.1

## **ТОПОЛОГИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ ПЛАСТИН ИЗ ЭЛЕКТРОВЯЗКОУПРУГИХ МАТЕРИАЛОВ**

Е. В. Савченко

*Черниговский государственный технологический университет, Украина*

**Введение.** Рассматривается методика проектирования оптимальных композитных пластин из электровязкоупругих материалов. Предполагается, что пластины состоят из эквидистантных слоев вязкоупругих и электровязкоупругих материалов, соединенных без проскальзывания. Оптимальная конструкция многослойной пластины получена путем соответствующей компоновки слоев из материалов с различными свойствами для обеспечения заданных макрохарактеристик, в частности, высоких демпфирующих свойств, максимальных скоростей затухания колебаний, минимальных значений амплитуд колебаний, что, в конечном счете, определяет необходимые эксплуатационные характеристики и ресурс изделия, содержащего пластинчатые элементы.

Исследования, посвященные проектированию виброустойчивых тонкостенных конструкций, до недавнего времени развивались в направлении использования пассивных демпфирующих материалов в качестве накладок, вставок, прослоек, композиционных слоев [1]. С начала нынешнего столетия интенсивно изучаются возможности использования материалов со специальными свойствами, так называемых smart-материалов. Применительно к динамике конструкций такими перспективными материалами являются пьезоматериалы, обладающие способностью превращения механической энергии в электрическую и наоборот [2-4]. Использование таких материалов открыло возможности активного управления колебаниями и формой конструкции. Однако при этом увеличилось количество параметров, опреде-

ляющих эффективность конструкции, что потребовало использования адекватных методов оптимизации, отличных от классических, где количество оптимизационных параметров ограничено. Такими методами могут быть поисковые эволюционные методы оптимизации, в частности, генетические алгоритмы [5].

**Математическая модель.** В настоящей работе получены уравнения колебаний композитных пластин, состоящих из слоев пассивных и активных демпфирующих материалов, и предложена методика синтеза оптимальных структур путем соответствующей компоновки слоев с помощью генетических алгоритмов. Используются уравнения линейной электровязкоупругости. В отличие от опубликованных ранее работ задача колебаний рассматривается в пространстве преобразований Фурье, что позволяет корректно использовать комплексные модули материалов и анализировать нестационарные колебания, возникающие при импульсных электрических и силовых воздействиях. В большинстве опубликованных работ по этой тематике рассматриваются моногармонические колебания, что позволяет ввести комплексные модули во временной области.

Определяющие уравнения получены с использованием вариационного уравнения Лагранжа в свертках [1] с учетом слагаемых, определяющих работу электровязкоупругих элементов. Физические уравнения для материалов слоев принимаются в виде свертков:

$$\begin{aligned}\boldsymbol{\sigma} &= \mathbf{C} * \boldsymbol{\varepsilon} - \mathbf{e}^T * \mathbf{E}, \\ \mathbf{E} &= \mathbf{e} * \boldsymbol{\varepsilon} + \mathbf{g}^T * \mathbf{E},\end{aligned}\tag{1}$$

где  $\boldsymbol{\sigma}, \boldsymbol{\varepsilon}$  – тензоры напряжений и деформаций соответственно;  $\mathbf{D}, \mathbf{E}$  – векторы электрической индукции и напряженности электрического поля соответственно;  $\mathbf{C}, \mathbf{e}, \mathbf{g}$  – комплексные матрицы вязкоупругих, электро-вязкоупругих и диэлектрических модулей соответственно.

Для получения разрешающих уравнений используются зависимости Коши между деформациями и перемещениями, зависимости для векторов напряженности электрического поля и электрической индукции [2]:

$$\boldsymbol{\varepsilon} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{u}, \quad \mathbf{E} = -grad\varphi, \quad div\mathbf{D} = \mathbf{0},\tag{2}$$

где  $\mathbf{A}$  – матрица дифференциальных операторов;  $\varphi$  – потенциал электрического поля;  $\mathbf{u}$  – вектор перемещений.

Целесообразно, следуя предложению авторов монографии [2], использовать обобщенный вектор перемещений, включающий потенциал  $\varphi$ ,

$$\mathbf{u} = [u \quad v \quad w \quad \varphi]^T,$$

соответствующие обобщенные векторы напряжений  $\bar{\boldsymbol{\sigma}}$ , деформаций  $\bar{\boldsymbol{\varepsilon}}$  и матрицу  $\bar{\mathbf{C}}$ , объединяющую комплексные матрицы вязкоупругих, электровязкоупругих и диэлектрических модулей.

$$\bar{\boldsymbol{\sigma}} = \bar{\mathbf{C}} * \bar{\boldsymbol{\varepsilon}}, \text{ где } \bar{\boldsymbol{\sigma}} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{\sigma} \\ \mathbf{D} \end{bmatrix}, \quad \bar{\mathbf{C}} = \begin{bmatrix} \mathbf{C} & \mathbf{e}^T \\ \mathbf{e} & -\mathbf{g} \end{bmatrix}, \quad \bar{\boldsymbol{\varepsilon}} = \begin{bmatrix} \boldsymbol{\varepsilon} \\ \mathbf{E} \end{bmatrix}. \quad (3)$$

Введение указанных обобщенных объектов позволяет использовать далее разработанную ранее методику синтеза многослойных пластин и оболочек из пассивных вязкоупругих материалов [1].

В соответствии с методикой на первом этапе рассматривается монослой пластины. Для построения конечно-элементной модели монослоя используется аппроксимация перемещений по толщине (ось  $z$ ) в виде полиномов Лагранжа, а в двух других направлениях (оси  $x, y$ ) в виде ортогональных рядов Фурье.

С учётом принятой аппроксимации определяются матрицы динамической жесткости слоёв, глобальные матрицы динамической жесткости пластины, и записывается уравнение колебаний многослойной пластины в свёртках. Для дальнейшего анализа предлагается использовать прямое интегральное преобразование Фурье, после чего получим матричное уравнение относительно изображений обобщенных перемещений [1]. Решение уравнения дает возможность получить амплитуды колебаний и спектр собственных частот пластины. Для перехода во временную область используется обратное быстрое преобразование Фурье.

Полученные декременты, характеризующие демпфирование колебаний, частоты и амплитуды вынужденных колебаний далее используются как целевые функции или ограничения в блоке оптимизации. Программа оптимизации рассматривает комбинации слоев и выбирает наилучшую, удовлетворяющую поставленным условиям оптимальности. Применение методики рассматривается на примере расчета 15-слойной пластины из вязкоупругих и электровязкоупругих материалов.

**Методика оптимизации.** При проектировании многослойных конструкций можно использовать два пути получения оптимального проекта: модификация материала и модификация конструкции – так называемая топологическая оптимизация. В данной работе рассматривается процесс топологической оптимизации на примере проектирования многослойной пластины со слоями вязкоупругих и электровязкоупругих материалов.

Задача заключается в выборе порядка расположения слоев материалов с заданными параметрами, с целью обеспечения оптимума кри-

терия оптимизации, которым может быть декремент колебаний, первая частота, скорость затухания колебаний и т.п. Задача выбора последовательности слоев с заданными параметрами при наличии большого количества слоев не может быть решена простым перебором. Например, для 15-слойного пакета необходимо рассмотреть более  $1,308 \cdot 10^{12}$  вариантов. В связи с этим в последние годы активно развиваются поисковые методы, использующие принципы биологии и генетики. В первую очередь, это генетические алгоритмы [5], основная идея которых состоит в создании популяции индивидов, каждый из которых имеет вид хромосомы, состоящей из генов, которые представляют собой набор наследственных признаков – проектных параметров. Лучший из индивидов выбирается в процессе эволюционного поиска в соответствии с принятой функцией приспособленности. Процесс эволюционного поиска реализуется с использованием операторов, аналогичных биологическим процессам скрещивания, мутации, инверсии. Популяция обновляется с каждым поколением за счет генерации новых индивидов и удаления старых, в результате каждая новая популяция оказывается предпочтительней с точки зрения соответствия требованиям функции приспособленности (целевой функции). Генетические алгоритмы имеют существенные преимущества перед классическими поисковыми методами и позволяют с большой долей вероятности находить глобальные экстремумы.

Для определения оптимальной комбинации материалов слоев конструкции в работе используется классический генетический алгоритм [5]. Варианты построения конструкции кодируются векторами из  $N$  элементов, соответствующих слоям конструкции. Каждый из этих элементов содержит значения в диапазоне выбора материала для соответствующего слоя. В примененном в работе генетическом алгоритме рассматривается популяция индивидов – векторов, описывающих конструкцию. Для каждого поколения популяция осуществляется скрещивание набора пар особей, избранных с помощью рулеточного алгоритма, т.е. вероятность выбора некоторого индивида для скрещивания обратно пропорциональна его позиции в рейтинге по значению целевой функции. Для скрещивания используется оператор двухточечного кроссинговера. Кроме того, для некоторых индивидов осуществляется мутация, в случае которой один из генов индивида меняется на новое случайное число в диапазоне. Новая популяция состоит из индивидов, полученных путем скрещивания и мутации, а также части наиболее приспособленных точек предыдущей популяции, т.е. точек с лучшим значением целевой функции. Эта процедура повторяется в течение фиксированного количества поколений до получения оптимального проекта.

**Заключення.** Показана можливість застосування методики кінцево-елементного синтезу багаторівневих конструкцій у просторі перетворень Фур'є для аналізу нестационарних коливань, визначення динамічних характеристик і синтезу оптимальних конструкцій із в'язкоупругих і електров'язкоупругих матеріалів. Розглянуто приклад проектування оптимальної багаторівневої пластини із в'язкоупругих і електров'язкоупругих матеріалів.

### **Література**

1. Савченко Е. В. Пасивне демпфування коливань композитних конструкцій: монографія / Е. В. Савченко. – Нежин : Аспект-Поліграф, 2006. – 232 с.
2. Шульга Н. А. Колебания пьезоэлектрических тел / Н. А. Шульга, А. М. Болкисев. – Киев : Наукова думка, 1990. – 227 с.
3. Механика зв'язаних полів в елементах конструкцій. Т. 5. Електроупругість / В. Т. Гринченко, А. Ф. Улитко, Н. А. Шульга, отв. ред. А. Н. Гузь. – АН УССР, Ін-т механіки. – Киев : Наукова думка, 1989. – 280 с.
4. Термомеханічна зв'язана теорія гармонічних коливань шовкових оболонок з фізически нелінійними неупругими шарами і розподіленими пьезоелектрическими включеннями для контролю коливань / В. Г. Карнаухов, В. І. Козлов, Я. О. Жук, Т. В. Карнаухова // Математическі методи і фізико-механіческі поля, 2001. – 44. – № 4. – С.113-122.
5. Савченко О. В. Метод пошуку глобального екстремуму в задачах оптимізації конструкцій з композиційних матеріалів / О. В. Савченко, І. О. Савченко // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. – Чернігів : ЧДТУ, 2009. – № 36. – С. 72-81.

УДК 531.36:62-752+62-755

## **КОМПЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ ОБЕРТОВОГО НЕСУЧОГО ТІЛА З ДВОХМАЯТНИКОВИМ АВТОБАЛАНСИРОМ**

І.І. Філімоніхіна

*Кіровоградський національний технічний університет, Україна*

Процес усунення (чи збільшення) пасивними демпферами кута нутації космічних апаратів (КА), положення яких у просторі стабілізується обертанням, досліджується у рамках оберткових ізольованих механічних систем (ІС), складених з оберткового несучого тіла (НТ) і приєднаних до нього тіл, відносним рухам яких перешкоджають сили в'язкого опору. З часом рух таких ІС встановлюється і вони починають обертатися як одне ціле навколо осі, на якій лежить незмінний вектор кінетичного моменту системи. На основних усталених рухах НТ обертається навколо подовжньої осі, а на побічних – ні. Оскільки на практиці будуть здійснюватися тільки стійкі рухи, то дослідження таких систем зводиться до виділення всіх усталених рухів і дослідження їх



умовної стійкості (за умов, що мають місце закони збереження руху центра мас і кінетичного моменту системи).

В роботі [1] запропоновано використовувати у якості демпферів кута нутації КА пасивні автобалансири (АБ). На сьогодні це єдиний пасивний спосіб усунення кута нутації КА як від неточного надання йому початкового обертання, так і від незрівноваженості. Було встановлено [2-6], що АБ будь-якого типу здатні усунути кут нутації від цих двох факторів тільки у випадку сплуснутого, статично незрівноваженого НТ за умови, що площина зрівноваження АБ співпадає із площиною статичної незрівноваженості і відстань від центра мас НТ до площини зрівноваження не перевищує певного граничного значення.

В роботі [7] було досліджено залишковий кут нутації, що виникає при встановленні АБ на більшу за граничну відстань до центру мас. При перевищенні цієї відстані навіть маятники нескінченно малої маси приводять до втрати стійкості основного руху.

В цій роботі, у програмному середовищі SolidWorks з використанням модуля Cosmos Motion змодельована динаміка ІС, складеної з незрівноваженого обертового НТ і двохмаятникового АБ. Метою комп'ютерного моделювання є перевірка якісної поведінки ІС при певних співвідношеннях між її параметрами. Так, здійснювалася перевірка того, чи буде основний рух певної ІС стійким, якщо виконуються одержані теоретично умови стійкості, і нестійким – у протилежному випадку. Також спостерігали за тенденціями, що проявляються під час руху ІС.

Змодельовано рухи ІС у випадках, коли АБ знаходиться на відстані від центра мас, що не перевищує і перевищує граничну. При цьому моделювалися випадки відсутності незрівноваженості і статичної незрівноваженості у площині маятників.

Методика моделювання містить такі основні етапи.

1. Створення в SolidWorks окремих тіл (деталей), що утворюють ІС – незрівноважене НТ, приєднані тіла, що утворюють АБ. На рис. 1 показані створені окремі тіла ІС.

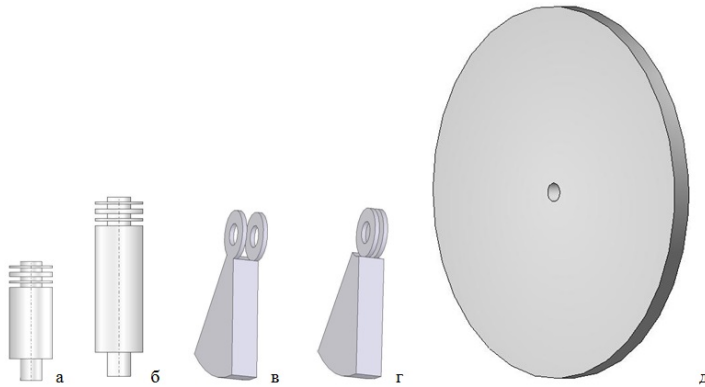


Рис. 1. Тіла, що моделюють статичне зрівноваження сплюсненого обертового НТ двома маятниковим АБ (а – вісь коротка, б – довга; в, г – пара маятників; д – диск)

2. Створення в SolidWorks зборки, у якій з'єднані разом тіла, що утворюють ІС. Варіанти ІС зображені на рис. 2.

3. Обробка зборки модулем Cosmos Motion і завдання: виду кріплення приєднаних тіл до НТ; виду відносних рухів, які можуть здійснювати приєднані тіла; сил, діючих на приєднані тіла при їх відносному русі; початкових умов.

4. Тестування моделі задачами, що мають відомі розв'язки.

5. Моделювання динаміки системи при різних співвідношеннях між параметрами системи та при різних початкових умовах.

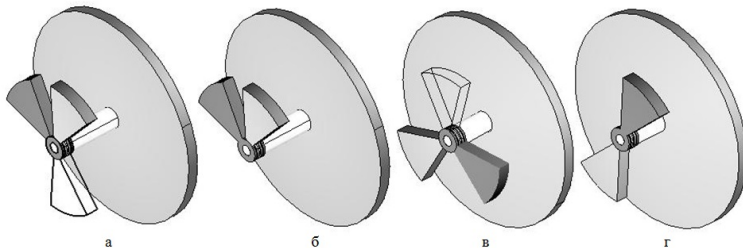


Рис. 2. Механічна система у зборі (зборка) (а – довга вісь, незрівноваженість статична (півпрозорий маятник); б – довга вісь, незрівноваженості немає; в – коротка вісь, незрівноваженість статична (півпрозорий маятник); г – коротка вісь, незрівноваженості немає)

У зв'язку з обчислювальними труднощами, виникаючими на межах областей, у всіх експериментах масо-інерційні і геометричні параметри системи змінювалися в межах, що забезпечують виконання відповідних умов із запасом 3% і більше.

Результати моделювання, висновки.

1. Для того, щоб з часом встановився рух ІС, у вигляді перманентного обертання навколо вектора кінетичного моменту достатньо, щоб сили в'язкого опору діяли принаймні на один маятник.

2. Величини моментів сил в'язкого тертя, діючих на маятники, впливають на час перебігу перехідних процесів, але не впливають на усталений рух системи, який з часом встановиться.

3. При русі системи проявляються дві тенденції – до демпфірування кута нутації у випадку сплюсненого складеного тіла і до автобалансування – у випадку сплюсненого складеного тіла з одним АБ, встановленим поблизу центра мас системи.

4. Дві тенденції проявляються разом тільки у випадку сплюсненого складеного тіла з одним АБ, встановленим поблизу центра мас системи. Тому тільки в цьому випадку повністю усувається кут нутації.

5. При встановленні маятників на відстань до центру мас НТ, більшу за граничну, з'являється залишковий кут нутації, викликаний незрівноваженістю ІС (не настає автобалансування).

## Література

1. Застосування пасивного автобалансира як демфера кута нутації сплюсненого обертового космічного апарата: Пат. на корисну модель № 28407 Україна, МПК В64G 1/00 / І. І. Філімоніхіна, Г.Б. Філімоніхін (Україна); КНТУ - № 200708020; Заявл. 16.07.2007; Опубл. 10.12.2007, Бюл. №20.
2. Філімоніхіна І.І. Умови зменшення автобалансирами кута нутації обертового супутника Землі // Всеукраїнський н.-т. журнал „Вібрації у техніці та технологіях”. –2007. №1 (46), С. 34-37.
3. Филимоных Г.Б. Стабилизация маятниковыми демферами пространственного положения оси вращения несущего тела / Г.Б. Филимоных, В.В. Пирогов, И.И. Филимоныхина // Прикладная механика, т.43, №10, 2007. – С.120-128.
4. Филимоныхина И.И. Условия уравнивания автобалансирами вращающегося тела в изолированной системе / И.И. Филимоныхина, Г.Б. Филимоныхин // Прикладная механика, т.43, №11, 2007. –С.113-120.
5. Філімоніхіна І.І. Усталені рухи і умови само зрівноваження одного типу ізольованої системи // Вісник Київського ун-ту. Серія: фізико-матем. науки. 2007. №3. –С.103-107.
6. Філімоніхіна І.І. Умови стійкості основних рухів чотирьох обертових ізольованих систем / І.І. Філімоніхіна, О.О. Горшко // Вісник Київського ун-ту. Серія: фізико-матем. науки. – 2008. №3. – С. 99-105.
7. Филимоных Г.Б. Устойчивость установившихся движений спутника, стабилизируемого вращением, с пассивным автобалансиrom-демфером угла нутации / Г.Б. Филимоныхин, И.И. Филимоныхина, В.В. Пирогов // Міжнародна конференція “Моделирование, управление и устойчивость (MCS-2012)”, Севастополь, 2012 р. – С. 151-153.

**АВТОМАТИЗОВАНА ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА «РЕЙТИНГ»  
МОНІТОРИНГУ ДІЯЛЬНОСТІ ЗАГАЛЬНООСВІТНІХ  
НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ УКРАЇНИ**

<sup>1</sup>М.Ф Гончаренко, <sup>1</sup>А.В. Бондар, <sup>2</sup>О.Л. Ляхов, <sup>2</sup>С.В. Вірьовкін, <sup>2</sup>С.О. Захаров,  
<sup>2</sup>Н.А. Фурсова

<sup>1</sup>*Державна інспекція навчальних закладів України*

<sup>2</sup>*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка,  
Україна*

Провідні країни світу розглядають сучасну й ефективну систему освіти як одну із важливих складових своєї економічної і політичної незалежності. Сучасна система управління сферою освіти розвивається як державно-громадська. Існує нагальна потреба у створенні системи аналізу та оцінювання процесів і явищ, які відбуваються у "внутрішньому" середовищі навчальних закладів, усіма групами споживачів освітніх послуг і результатів діяльності системи освіти, а також встановлення зворотного зв'язку із споживачами освітніх послуг. Саме цим обумовлена актуальність розроблення автоматизованої інформаційної системи «Рейтинг» моніторингу діяльності загальноосвітніх навчальних закладів України для створення інформаційної основи прийняття ефективних управлінських рішень і прогнозування розвитку освітньої системи.

Відповідно до наказу МОН від 10.12.09 №1121 «Про проведення всеукраїнського експерименту щодо здійснення моніторингу ефективності діяльності загальноосвітніх навчальних закладів із застосуванням автоматизованої інформаційної системи «Рейтинг» розпочато впровадження прототипу АІС «Рейтинг» у систему моніторингу діяльності ЗНЗ України. Проведення експерименту охоплює більшість загальноосвітніх навчальних закладів у всіх регіонах України. Реалізація проекту є складовою частиною процесу створення Національної автоматизованої інформаційної системи моніторингу діяльності загальноосвітніх навчальних закладів України.

Державною інспекцією навчальних закладів (ДІНЗ) України була поставлена задача розробити АІС «Рейтинг», призначену для неперервного й тривалого моніторингу діяльності загальноосвітніх навчальних закладів, оцінювання цієї діяльності на основі інформаційної рейтингової моделі і подання результатів у вигляді, зручному для аналізу й прийняття управлінських рішень щодо поліпшення якості освіти в державі.

На протязі 2010-2011 року проведені роботи по розробленню АІС «Рейтинг»:

- розроблено документ-концепцію життєвого циклу АІС, у якому закладено концепцію створення, введення в експлуатацію, супроводження й подальшого розвитку АІС;
- виконано аналіз проблеми і предметної області застосування системи, а також вихідних умов її розроблення;
- розроблено технічне завдання проекту, визначено основні етапи розробки системи;
- виконано вибір моделі життєвого циклу, стандартів і засобів розроблення;
- сформована й узгоджена із замовником (ДІНЗ) України система вимог до кінцевого продукту АІС «Рейтинг», виконано аналіз вимог замовника, визначені функціональні властивості й вимоги до надійності і безпеки, вимоги до інтерфейсу користувача тощо;
- на підставі аналізу вимог замовника здійснена структурна та функціональна специфікація системи вимог до АІС «Рейтинг», зокрема характеристики продуктивності середовища функціонування програмного забезпечення, зовнішніх інтерфейсів, специфікацій надійності: працездатності, безвідмовності, захищеності і безпеки, ергонометричних вимог, вимог до вихідних даних, інсталяції, приймання замовником документації користувача й супроводження;
- розроблені специфікації інтерфейсу користувача програмного забезпечення;
- розроблені структурні моделі та моделі управління АІС «Рейтинг», визначені й специфіковані потоки даних і процесів їх оброблення;
- визначено склад необхідного обладнання, програмного забезпечення, зовнішніх та внутрішніх умов його функціонування, операцій, що виконуватимуться користувачами;
- спроектована база даних й система управління базою даних для серверної частини АІС;
- розроблено редактор формул для серверної частини програмного забезпечення АІС «Рейтинг», а також його взаємодію із головною базою даних. Редактор формул надає можливість редагувати формули обчислення рейтингів загальноосвітніх навчальних закладів, змінювати коефіцієнти та показники у формулах розрахунків;
- розроблено майстер вводу початкових даних для серверної та локальної частини програмного забезпечення АІС «Рейтинг». Майстер включає модуль перевірки коректності даних, що вводяться користувачем. Також розроблені формати передачі даних

між локальною програмою та серверною частиною програмного забезпечення АІС «Рейтинг»;

- виконано проектування програмного модуля обробки статистики, що враховує початкові дані, показники, рейтинги та номінації;
- реалізовано довідкову систему програмного забезпечення АІС «Рейтинг». Підготовлено довідкову розділи щодо користування системою для звичайних користувачів та адміністраторів.

Інтерфейс користувача АІС «Рейтинг» розробленої і впровадженої в діяльність ДІНЗ України на протязі у 2010-2011 року зображено на рис. 1.

Наукові результати впровадження АІС «Рейтинг» моніторингу діяльності загальноосвітніх навчальних закладів України показали, що автоматизована інформаційна система:

- ефективно зі зменшеними фінансовими затратами налагоджує збір, оброблення і поширення інформації про результати діяльності загальноосвітніх навчальних закладів;
- забезпечує органи управління освітою інформацією про стан і динаміку розвитку загальної середньої освіти для прийняття обґрунтованих управлінських рішень;
- сприяє формуванню системи державно-громадського контролю та управління якістю середньої освіти;
- надає об'єктивну основу оцінювання діяльності навчальних закладів під час проведення їх атестації;
- забезпечує доступність громадськості, різних соціальних груп, суспільних організацій до результатів оцінювання діяльності навчальних закладів.



Рис. 1 Інтерфейс користувача АІС «Рейтинг» 2010-2011 рр

У 2012 році Державною інспекцією навчальних закладів України розроблені нові вимоги і поставлено задачу про розроблення нової версії АІС «Рейтинг» моніторингу діяльності загальноосвітніх навчальних закладів України з урахуванням попереднього досвіду функціонування програмного забезпечення. Під час реалізації нової версії виконані роботи:

- удосконалено інформаційні моделі моніторингу діяльності загальноосвітніх навчальних закладів України та управління АІС «Рейтинг», архітектуру її програмної частини за новими вимогами замовника;
- АІС «Рейтинг» переведена на сучасну технологічну програмну платформу Ruby on Rails, завдяки цьому підвищено рівень автоматизації системи та зручність користування системою, а також вирішені питання ліцензування програмної реалізації і закладений потенціал подальших модернізацій системи;
- АІС «Рейтинг» покращено завдяки впровадженню нової підсистеми «Динаміка розвитку». Підсистема унікальна, не має аналогів та дозволяє спостерігати динаміку розвитку ЗНЗ за окремими напрямками роботи та в цілому, що забезпечує своєчасне реагування на негативні чи позитивні зміни;
- розроблено більш досконалий та сучасний інтерфейс системи з урахуванням досвіду експлуатації системи;
- введено ряд нових функцій, які покращують роботу АІС «Рейтинг», а саме: функція архівування даних, підсистема зворотного зв'язку із користувачами автоматизованої системи, функція створення персональної сторінки ЗНЗ, де навчальний заклад має можливість розмістити найбільш важливу інформацію;
- впроваджено діаграми, які дозволяють на рівнях районних управлінь та державних інспекцій більш наглядно отримувати інформацію про хід роботи системи;
- відповідно до нових вимог майстер введення даних було інтегровано у загальну веб-систему, що дозволило відмовитись від відокремленого модуля «Майстер введення даних», що покращило оперативність управління й спростило роботу кінцевих користувачів.

Нову версію програмного комплексу АІС «Рейтинг» (рис. 2) розміщено у мережі Інтернет за адресою:

<http://monitoring.devstudio.com.ua/> та забезпечено цілодобову роботу серверної частини АІС «Рейтинг» у складі бази даних і СУБД, компонентів, що автоматично проводять обчислення та моніторингові спостереження, а також засоби візуалізації та друк результатів.

У 2013 році поставлено завдання впровадження нової версії АІС «Рейтинг» у роботу ДІНЗ України для моніторингу діяльності загальноосвітніх навчальних закладів.

Колективу розробників сформульовані нові вимоги до АІС «Рейтинг»: провести комплекс заходів із підготовки та впровадження удосконаленої системи; спроектувати та розробити новий компонент «Громадська думка» та «Регіональний компонент»; розробити нові інформаційні моделі моніторингу діяльності навчальних закладів, спроектувати та розробити нову підсистему для моніторингу внутрішньої діяльності навчальних закладів України. Передбачається розробити на основі якісно удосконаленої інформаційної моделі нову версію першої в Україні і прогресивної за характеристиками автоматизованої інформаційної системи моніторингу діяльності навчальних закладів України.



Рис. 2. Інтерфейс користувача АІС «Рейтинг» 2012 р. (головна сторінка)



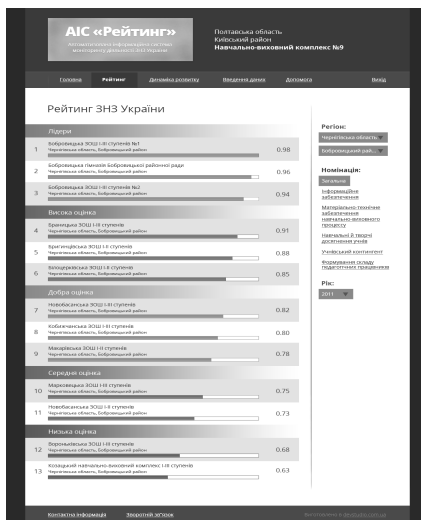


Рис. 3. Інтерфейс користувача AIC «Рейтинг» 2012 р. (рейтинги ЗНЗ у вибраній номінації)

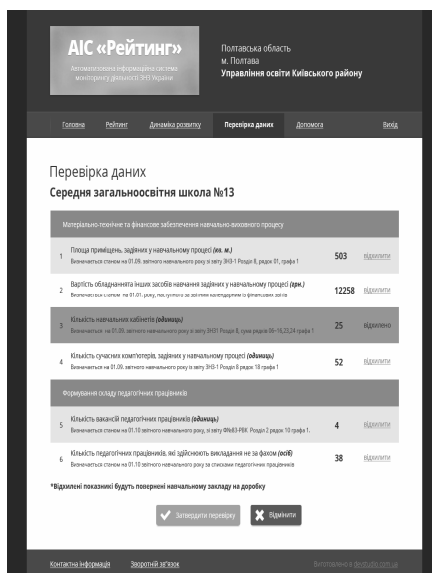


Рис. 4. Інтерфейс користувача AIC «Рейтинг» 2012 р. (майстер перевірки даних)

Огляд інформаційних джерел із проблеми моніторингу дає підстави для висновку, що розробка є новою за постановкою задачі, що розв'язуються, і не має аналогів у світі. Упровадження результатів

проекту забезпечує якісно новий рівень функціонування системи освіти України, а також є основою для розроблення АІС моніторингу діяльності професійно-технічних навчальних закладів й регіональних систем освіти в Україні.

### **Література**

1. Україна. Рішення колегії Міністерства освіти і науки України від 28.05.2009 р. (протокол № 6/5-17) [Текст]: [рішення: затверджено Міністром освіти України 28 травня 2009 р.] – К., 2009.
2. Україна. Наказ Міністерства освіти і науки України № 1121. «Про проведення всеукраїнського експерименту щодо здійснення моніторингу ефективності діяльності загальноосвітніх навчальних закладів із застосуванням Автоматизованої інформаційної системи «Рейтинг»». [Текст]: [наказ: затверджено Міністром освіти України 10 грудня 2009 р.] – К., 2009.
3. Інформаційно-методичний посібник користувача АІС «РЕЙТИНГ» / Під заг. ред. М.Ф. Гончаренко.–1-ше видання. – Полтава: ПолтНТУ, 2011. – 52 с.

УДК 332.143:004

## **ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УПРАВЛІННЯ ЕКОНОМІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ РЕГІОНУ**

Н.А. Фурсова

*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка,  
Україна*

Негативний вплив зовнішніх і внутрішніх загроз економічній безпеці, в умовах глобалізаційних процесів, дестабілізує економічний розвиток регіонів країни. Пріоритетними стають завдання регіональної політики, спрямовані на підвищення стійкості і стабільності розвитку економіки регіону. Збалансований соціально-економічний розвиток регіонів, в сучасному інформаційному просторі, можливий тільки за умови забезпечення високого рівня інформаційно-аналітичної складової. Інформаційно-аналітичне забезпечення стає постійним і необхідним атрибутом в управлінні регіональним розвитком від якості, якого залежить ефективність прийняття управлінських рішень.

Система економічної безпеки регіону повинна ґрунтуватися на інформаційно-аналітичному забезпеченні, враховуючи ризики загроз, що виникають на регіональному рівні [1]: зміна рівня і структури доходів і витрат населення; зміна демографічної ситуації; зростання соціальної напруги в суспільстві; зміна рівня економічної активності населення; зростання рівня бідності; зміна рівня добробуту населення; падіння обсягів виробництва; незбалансована галузева структура регіональної економіки; зниження конкурентоспроможності продукції регіону; низький рівень оновлення основних фондів; зміна стану науково-технічного потенціалу; зміна рівня інвестиційної активності; зміна

рівня відкритості економіки; нерациональна структура регіонального бюджету; зниження ефективності регіональної системи оподаткування; залежність від імпорту стратегічних ресурсів; криміналізація економіки; зміна екологічної ситуації.

Основними принципами формування інформаційно-аналітичного забезпечення економічної безпеки на регіональному рівні мають бути:

- системна узгодженість стратегічних цілей, завдань, матеріальних ресурсів забезпечення економічної безпеки регіону;
- своєчасне розпізнавання і діагностика дестабілізуючих факторів і виникнення ситуацій ризику на регіональному рівні;
- оперативне прогнозування економічної ситуації, достовірне та якісне оцінювання критичних ситуацій і сценаріїв їх розвитку;
- своєчасне формування та реалізація управлінських рішень в області економічної безпеки.
- Інформаційне аналітичне-забезпечення управління економічною безпекою регіону повинно включати усі складові економічної безпеки регіону: енергетичну, фінансову, соціальну, інноваційно-технологічну, продовольчу, зовнішньоекономічну, демографічну, екологічну [2].
- Використання інформаційно-аналітичного забезпечення економічної безпеки регіону дозволяє:
- здійснювати аналіз економічної ситуації, для формування дієвої моделі управління економічною безпекою регіону;
- визначати цілі і напрями соціально – економічного розвитку регіону;
- збирати показники (індикатори) стану зовнішнього і внутрішнього функціонування регіону, які впливають на його стабільність і стійкість;
- визначати причинно-наслідкові зв'язки між показниками економічної безпеки регіону та здійснювати їх оцінку;
- проводити постійний і безперервний моніторинг та діагностику соціально-економічної ситуації в регіоні;
- оцінювати наслідки загроз економічній безпеці та варіантів регіонального розвитку;
- визначати критерії оптимальності та ефективності рівня економічної безпеки регіону;
- моделювати прогнози та сценарії розвитку регіону;
- приймати управлінські рішення щодо протидії і подолання загроз економічній безпеці регіону.

Інформаційно-аналітичне забезпечення управління економічною безпекою регіону, дозволить надавати кількісні та якісні оцінки загроз, які характеризують ступінь зниження економічного потенціалу за

певний проміжок часу та забезпечить стабільність розвитку і досягнення цілей цього розвитку.

### **Література**

1. Пономаренко В.С., Клебанова Т.С., Чернова Н.Л. Экономическая безопасность региона: анализ, оценка, прогнозирование: Монография. – Х.:ИД «ИНЖЭК», 2004. – 144 с.
2. Моделювання економічної безпеки: держава, регіон, підприємство/ Геєць В.М., Кизим М.О., Клебанова Т.С., Черняк О.І. та ін.; За ред. Геєця В.М.: Монографія. – Х.: ВД «ІНЖЕК», 2006. – 240 с.

УДК 621.791

## **МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ СЕКЦІЙ ТЕЛЕСКОПІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ СТІЛІ КРАНІВ**

С.А.Могилевець, Т.Р. Ганєєв, І.О. Прибитько

*Чернігівський державний технологічний університет, Україна*

Вітчизняні підприємства випускають автомобільні крани, в яких застосовуються тенденції ще минулих десятиріч, що примушує будівельні організації закуповувати більш сучасні закордонні зразки. У той же час, розвиток будівельної галузі вимагає оновлення вітчизняного парку будівельних кранів, в тому числі і автомобільних кранів з телескопічними стрілами.

Проаналізувавши сучасні тенденції в проектуванні та виготовленні секцій телескопічних стріл, як найбільш навантажених та відповідальних елементів конструкції, було виділено два найбільш перспективні напрямки. По-перше, це зменшення власної ваги секцій за рахунок використання високоміцних металів, що викликає збільшення металоемності конструкції. А по-друге – раціональне проектування несучого профілю стріли.

За даними закордонних джерел [1] використання низьковуглецевих сталей (марок Ст3, Сталь 20) при всіх технологічних перевагах та низькій вартості – має ряд недоліків: недостатня міцність, ударна в'язкість, зносостійкість. Сучасні сталі за рахунок оптимального хімічного складу та термічної обробки мають покращені механічні властивості. Наприклад, високоміцна сталь Optima 700 QL виробництва компанії Ruukki, що використовується в аналогічних конструкціях російського виробництва, має границю міцності 770-940 МПа, границю текучості 690 МПа та ударну в'язкість 30 Дж (при -400С) при легуванні: С до 0,2%, Si до 0,8%, Mn до 1,7%, Cr до 1,5% та Мо до 0,7%.

При проектуванні несучої стріли конструктори завжди знаходяться в пошуку компромісу між її найкращими вантажними характеристиками і мінімальними витратами на її виготовлення. Тому на

сьогоднішній день на ринку така різноманітність профілів стріли: круглий, прямокутний, багатограний, овоїдний. Використання круглого перерізу – не найкращий варіант за наявності згинаючого моменту. З точки зору опору матеріалів, прямокутний профіль має більшу жорсткість в порівнянні з круглим. Суттєвим недоліком є значна маса та значні концентрації напружень по кутах профілю, що обмежує довжину вильоту стріли. Також суттєвою проблемою є те, що всі зварні шви знаходяться в найбільш напружених місцях, що висуває високі вимоги до якості зварних швів.

Лише при переході до значних скруглень можна досягти більш рівномірної картини розподілу напружень в найбільш проблемних місцях, що і приводить до еліпсоподібних та овоїдних профілів.

Еліпсоподібний профіль значно легше прямокутного за вагою і дає значні переваги за вантажопідйомністю й довжиною вильоту стріли. Крім того такий профіль ефективно працює не тільки на вертикальне навантаження від підйому вантажу, але й на додаткове бокове навантаження від вітру та переміщення вантажу в горизонтальній площині в порівнянні з прямокутним перерізом. Зварні шви при цьому розташовуються в нейтральній зоні напружень, що вирішує проблему стосовно високих вимог до якості зварних швів.

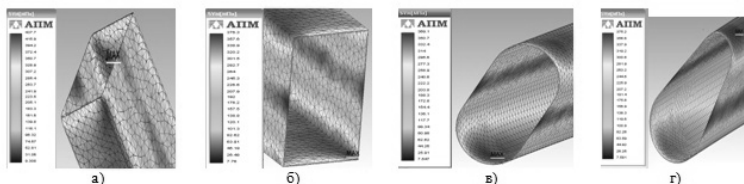


Рис. 1 – Розподіл напружень: а – в перерізі з кутників та пластин, б – в перерізі з двох напівкоробів; в – в еліпсоподібному перерізі, г – в овоїдному перерізі

Як відомо, при розрахунках на згин, пояси зі стискаючими зусиллями більш небезпечні в порівнянні з поясами, що працюють на розтяг у зв'язку з можливістю втрати стійкості. З наведеного вище, для зменшення металоємності при збереженні тих же механічних характеристик перерізу, як і в еліпсоподібного рекомендують використовувати овоїдні профілі (рис.2,г). Напруження по перерізу в овоїдній стрілі розподіляються більш рівномірно, вона володіє більшою жорсткістю в порівнянні з прямокутним перерізом при всіх інших рівних умовах (навантаження, довжина вильоту, кут нахилу).

### Література

1. Емельянов М.И. Современные высокопрочные стали - в основу российского машиностроения //Все Краны 2006. - №3. - С. 4-5.

## МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫМИ РЕШЕНИЯМИ

О.А. Слабоспицкая

*Институт программных систем НАНУ, Украина*

Актуальным фокусом интеграции организационного менеджмента с управлением знаниями и поддержкой принятия решений для общего повышения их эффективности становится сегодня *организационное решение* (ОР). Оно определяется как обоснованный выбор наиболее удовлетворительного из конечного числа сгенерированных вариантов (альтернатив) достижения поставленной цели – разрешения проблемы в организации. Выбор выполняется менеджером в его управленческих ролях (по Г. Минцбергу): предпринимателя, решателя проблем, распределителя ресурсов, посредника. Под проблемой при этом понимается несоответствие фактического положения дел (в пределах полномочий менеджера) или его динамики заданному желательному состоянию.

Три “родовые” дисциплины определяют особенности ОР: неполноту и противоречивость знаний о состоянии организации, целях, альтернативах и критериях его изменения, затрудняющие применение традиционных методов рационального выбора; необходимость согласования различных точек зрения и интересов; многоаспектность связей в поле принятых/вырабатываемых решений и его потенциальных влияний; новый статус управляемого интеллектуального ресурса повторного использования. Вместе они требуют интеграции отдельных актов выработки ОР в целостный процесс управления ими, подлежащий выделению в процессе управления знаниями организации. Он должен обеспечить: анализ и учет взаимосвязей ОР в поле решений и их ожидаемых последствий в организации; мониторинг показателей эффективности; повторное использование типизированных артефактов процессов выработки ОР; формирование информационной среды консультативной поддержки непрерывного повышения качества ОР по мере их принятия.

Попытка построения модели этого процесса – цель данной работы. Для ее достижения модель процесса экспертного оценивания в предметной области (ПрО) программной инженерии, предложенная автором в русле парадигмы Семейства процессов [1], развита с помощью системной методологии моделирования предприятия GRAI, включенной в ISO 15704 [2], и когнитивного моделирования слабоструктурированных ситуаций [3].

Предлагаемая модель процесса управления ОР – четырехэлементный структурированный кортеж

$$DM = \langle DE; CM; RA; MA \rangle; DE = \langle O; M; R \rangle; O = \langle DO, EO, IO, PO; MR \rangle; M = (sm, fm); \quad (1)$$

$$RA = \{EP, OP, IP\}; MA = \{stp, sip, fip, dpp, dep\},$$

где  $DE$  – его информационная среда, объединяющая онтологию знаний о ПрО принятия ОР в организации ( $O$ ); рамочные когнитивные карты [3] ситуации принятия ОР: четкую  $sm$  (R.Axelrod) и нечеткую  $fm$  (B.Kosko); управляемую  $O$  ретроспективу результатов процесса ( $R$ );  $CM$  – подмодель координации операций моделируемого процесса [1];  $RA$  и  $RM$  – множества типовых постановок задач анализа ретроспективы и, соответственно, когнитивных карт в поддержку операций  $CM$ : оценивания ( $EP$ ), оптимизации ( $OP$ ), идентификации структуры многомерных данных ( $IP$ ); анализа устойчивости процесса принятия решений ( $stp$ ) и влияний решения без учета времени ( $sip$ ) на основе  $sm$ ; анализа влияний ( $fip$ ), прогноза развития ситуации ( $dpp$ ) и нахождения управляющих воздействий, дающих заданные изменения значений факторов ситуации ( $dep$ ) для  $fm$ .

Онтология  $O$  в модели (1) фиксирует общепринятую в организации концепцию ПрО принятия ОР. Ее ядро – подонтология Решений ( $DO$ ) – служит средой сохранения принятых ОР на уровне организации в особых классах верхнего уровня, названных Центрами решений, согласно рамочной модели методологии GRAI. Центр уровня ( $h, p$ )  $DC(f, h, p)$  – множество типов ОР с общей длительностью выполнения (горизонтом)  $h$  и периодом контроля  $p$ , вместе поддерживающих функцию организации  $f$  и формирующих пространство решений: целевые показатели, переменные, критерии и ограничения. Расширяемый перечень функций включает управление целевыми продуктами/услугами, планирование и управление ресурсами с требуемой детализацией (риском, качеством, коммуникациями и т.д.). Согласованность ОР отображается с помощью связей координации (от верхнего к нижнему уровню для одной функции) и синхронизации (для одного уровня) центров., Содержательно, они описывают детализацию пространства решений в центрах, формируя их ”решетку” (grid). Эти ”ортогональные” связи дополнены ”перекрестными” связями вынуждения и запрещения, если ОР в одном центре инициирует (соответственно, исключает) ОР в другом. Кроме Центра, в  $DO$  выделены классы верхнего уровня: Решение ( $DS$ ); Целевой показатель ( $OB$ ); Переменная ( $VR$ ); Критерий ( $CR$ ), Ограничение ( $CN$ ); Правило ( $RL$ ); Индикатор

эффективности ( $PI$ ); Источник информации ( $IS$ ); Ресурс ( $RS$ ); Качество ОР ( $QL$ ).

Структуру  $DO$  поддерживают подонтологии Организации ( $EO$ ), ее целевой деятельности ( $PO$ ) и Информации ( $IO$ ) из  $O(1)$  – внешние источники данных для выработки ОР, отображающие аспекты моделирования корпоративной архитектуры в современных стандартах (ISO 15704, 19439, 19440). Первая включает классы: Деятельность (с подклассами Функция, Действие, Исполнитель и др); Организация (Сотрудник, Организационная единица, Ресурс...); Стратегия (Цель, Проблема, Оценочная характеристика); Время (Интервал, Момент). Для второй выделены универсальные классы: Объект управления, Агент, Коммуникация, Задание, Цель. Связи подонтологий  $O$  описываются выделенными отображениями ( $MR$ ) между их концептами.

Концепты  $O$  удобно представить абстрактными классами фрейм-овой модели Н.Ной аналогично [1]. Так, фрейм Центра решений включает слоты четырех групп:

- стандартные (параметры, над- и подклассы, целое, часть);
- структурные (функция, уровень, состав и слоты, одноименные с классами  $DO$  без  $QL$ );
- ограничивающие (над- и подклассы по координации и по синхронизации, перечни вынуждающих и вынуждаемых, запрещающих и запрещаемых Центров);
- представляющие предметные отношения в  $O$ .

Фрейм Решения дополняет структурные слоты Центра “Действием для ОР” и содержит ограничивающие слоты: вынуждающие и вынуждаемые, запрещающие и запрещенные Решения; затрагиваемые концепты  $O$ .

Стандартные слоты позволяют определить в  $O$  мета-отношения: род-вид ( $is\_a$ ), часть-целое ( $part\_of$ ) и метризованное сходство [1]. С помощью структурных и ограничивающих слотов  $DO$  представляется двумерным графом. Его первое измерение составляет решетка Центров, а второе – сети пар “ОР–Действие” в Центрах, причем и Центры, и ОР дополнительно связываются отношениями вынуждения/запрещения и мета-отношениями. Этот граф представляет разнотипные агрегаты Центров и ОР: скоординированные на разных уровнях для некоторой функции; синхронизированные для разных функций на некотором уровне; вынуждающие (в том числе взаимно); запрещенные к совместному принятию. Вместе они облегчают отслеживание последствий при выработке новых ОР и использование ранее принятых ОР относительно их объектов.



Факторы – элементы слотов  $OB, VR, CR, CN, PI$  из фреймов Центров решений являются вершинами взвешенных ориентированных графов в когнитивных картах  $sm, fm$  из (1), ребра которых представляют причинные связи между вершинами-факторами. Положительный вес ребра означает увеличение зависимого фактора с увеличением исходного, отрицательный – уменьшение. Структура и веса ребер  $sm$  ( $w \in \{-1;1\}$ ) и  $fm$  ( $w \in [-1;1]$ ) определяются экспертами с учетом агрегатов Центров и ОР, решетки Центров и сети ОР в  $DO$ .

Последний элемент среды процесса управления ОР в (1) – его ретроспектива  $R$  – множество Протоколов центров решений. Протокол фиксирует все результаты шести операций подпроцессов принятия ОР в центре, унифицированных на основе модели принятия решений Г.Саймона, в виде кортежа следов подпроцесса:

$$tr(P, G) = \langle gs(P, G); \langle ps_i(gs), al_i(ps_i), es_i(ps_i), i = 1, \dots, n, n \geq 1 \rangle; oa; ps \rangle,$$

где  $gs(P, G) = \langle o.G, C.o, OB.G, TR \rangle, OB.G \subseteq OB$  – общая постановка задачи принятия ОР по проблеме  $P$  для цели  $G$ ;  $o.G, OB.G$  – объект и критерии достижения  $G$ ;  $C.o, TR$  – изменяемые слоты  $o$  и типы их изменения;

$ps_i(gs) = \langle V_i, PC_i, PR_i, mg_i, [RS_i] \rangle, V_i \subseteq VR, PC_i \subseteq CN, PR \subseteq CR$  – детализированная постановка;  $V_i, PC_i, PR_i$  – переменные, ограничения, критерии ОР;  $mg_i, RS_i$  – модель группы и ресурсы его выработки;

$al_i(ps_i) = \langle \langle a_{ij}, j > 1 \rangle \rangle, a_{ij} = \langle V_{ij}^*, ac_j, D, C, S, b_j \rangle$  – альтернативы ОР;  $V_{ij}^*$  – значения  $V_i$ ;  $ac_j$  – действие, реализующее  $a_{ij}$  в роли ОР;  $AD$  – ОР, влияющие на  $a_{ij}$  и испытывающие его влияние;  $AC, AS$  – экземпляры объектов и субъектов  $O$ , потенциально изменяемые  $a_{ij}$ ;  $b_j$  – начало реализации  $a_{ij}$ ;

$es_i(ps_i) = \langle g_i, id_i, D^e, r^e \rangle$  – индивидуальные оценки альтернатив  $al_i(ps_i)$  по  $PC_i, PR_i$  группой  $g_i$ ;

$oa(es_n) = \langle g_n, gd_n, a^*, mc \rangle, a^* = mc(gd_n) \in al_i(ps_i)$  – оптимальная альтернатива;  $mc$  – метод ее выбора;

$PS = \langle ps(i), i = 1, \dots, [h/p] \rangle, ps \subseteq PI$  – показатель динамики эффективности ОР при его реализации.

Предложенная модель процесса управления ОР предоставляет его участникам возможности:

- 1) выполнения анализа “что, если...” на уровне:
  - онтологии *DO* – последствия добавления/удаления экземпляра ОР, ОР в некотором центре;
  - ретроспективы *R* – последствия выполнения новой операции либо повторного включения в процесс выработки ОР ранее выполненной операции относительно того же объекта, отказа от решения;
  - операций генерации альтернатив и выбора среди них оптимальной, определяющей ОР;
- 2) сопоставления двух типов оценок последствий и эффективности вариантов ОР, а также гипотез об актуализации *DO* : количественных, по прогнозным аналитическим моделям, получаемых при решении задач *IP* , и качественных – по когнитивным картам (результатов решения задач *sip* , *dpp* в модели (1));
- 3) постоянного взаимного уточнения аналитических моделей и когнитивных карт на основании результатов анализа причин значимых различий соответствующих им оценок и гипотез, а также фактических данных о реализации принятых и отдаленных последствиях реализованных ОР.

### **Литература**

1. Лаврищева Е.М., Слабоспицкая О.А. Подход к экспертному оцениванию в программной инженерии. – Кибернетика и системный анализ. – 2009. – № 4. – С. 151-168.
2. ISO 15704 Amd1:2005. Industrial automation systems – Requirements for enterprise-reference architectures and methodologies - Amendment 1: Additional views for user concerns.
3. Авдеева З.К. и др. Когнитивный подход в управлении – Проблемы управления – 2007. – № 3. – С. 2-8.

УДК 621.391

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ НАВИГАЦИИ УПРАВЛЯЕМОГО ПОДВИЖНОГО ДИНАМИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА**

С.Н. Шевцов, Д.С. Прошин

*Ростовский институт системной интеграции и наукоёмких технологий,  
Россия*

Опыт разработчиков авиационной промышленности показывает, что наиболее приемлемыми для подвижных динамических объектов являются слабо-, жестко- и глубоко интегрированные навигационные системы [1]. Это связано с наличием у этих систем ряда положительных качеств, которые особенно ярко проявляются на маневренных

летательных аппаратах (ЛА). Так, переход к слабо связанной системе позволяет при относительно небольших материальных затратах существенно повысить точность системы за счет постоянной коррекции БИНС по данным СНС. Использование жестко связанной системы дополнительно позволяет улучшить качество слежения за спутниковыми сигналами и снизить время восстановления после срыва слежения. Это особенно актуально для объектов с большими угловыми скоростями движения и большими амплитудами изменения углов крена, тангажа и курса. Организация системы по глубоко интегрированной схеме позволяет реализовать преимущества, описанные ранее, при меньших массогабаритных характеристиках и меньшем энергопотреблении, что чрезвычайно важно для малогабаритных объектов с дефицитом энергетических ресурсов. Однако необходимо отметить, что жестко- и глубоко связанные схемы оказываются менее функционально надежными и могут не обеспечить требуемое качество навигации при длительных перерывах в получении информации от СНС (например, при постановке помех).

Поэтому в настоящей статье рассмотрен пример реализации слабо-связанной интегрированной инерциально-спутниковой системы, как обеспечивающей более высокую точность, устойчивость слежения и надежность информационного обеспечения по сравнению с другими схемами. Будем считать, что такая навигационная система установлена на гипотетический ЛА. Предположим также, что точность СНС является достаточной для решения ЛА его функциональных задач. Поэтому модель погрешностей СНС рассматривается в самом общем виде – на уровне задания среднеквадратических погрешностей определения координат и скорости, без детализации причин возникновения указанных погрешностей. Основное внимание уделим определению ошибок БИНС и алгоритмам оптимальной фильтрации, обеспечивающим работу интегрированной навигационной системы. В числе ошибок инерциальной навигационной системы будем рассматривать инструментальные ошибки гироскопов и акселерометров, а также ошибки выставки и ввода начальных условий работы системы. Другие составляющие погрешностей, такие, как вычислительные ошибки и ошибки, обусловленные упрощением алгоритмов системы [3], будем считать пренебрежимо малыми.

Инструментальные погрешности ИНС будем моделировать постоянными составляющими, компонентами, зависящими от перегрузок, а также случайными величинами ошибок акселерометров и параметров, описывающих уход гироскопов. Ошибки выставки и ввода начальных условий задаются случайными переменными.

Известно, что слабо связанная схема интеграции ГЛОНАСС/GPS-приемника и ИНС впервые была реализована в 1987 году фирмой Вое-

ing в системе управления полетом крылатой ракеты CALCM AGM-86C. Штатная ИНС была сопряжена с одноканальным GPS-приемником, работающим по открытым и закрытым кодам. С процессора приемника, в котором был реализован фильтр Калмана для 8-мерного вектора состояния, с частотой 1 Гц снимались:

текущие координаты ракеты в геодезической системе координат WGS-84;

коэффициент качества радионавигационных измерений, измеряемый в баллах (от 1 – наилучшее качество до 9);

метки и шкалы времени (для синхронизации системы);

количество отслеживаемых НИСЗ.

Выходные данные ИНС, определяющей координаты и компоненты скорости в географической СК, с частотой 20 Гц поступали в центральный процессор СУ полетом ракеты. Там реализовывался расширенный фильтр Калмана для 15-мерного вектора состояния, компоненты которого включали составляющие ошибок дрейфа ИНС. В ходе работы интегрированной системы ИНС корректировала каналы слежения за НИСЗ с частотой 10 Гц. Это позволяло одноканальному приемнику захватывать сигналы спутника и осуществлять слежение за ними при любой пространственной ориентации ракеты.

Схема предусматривает 12-секундный цикл навигационного решения. Этого времени достаточно для исключения нестабильности решения, вероятность возникновения которой обусловлена каскадированием двух калмановских фильтров при их объединении. Устранение ошибок дрейфа ИНС осуществляется с частотой 1/12 Гц при условии приемлемого коэффициента качества радионавигационных измерений и слежения не менее, чем за тремя НИСЗ (что обеспечивает определение координат только в горизонтальной плоскости, высота полета находится по данным радиовысотомера). Выдача данных для коррекции ИНС осуществляется в начале 12-й секунды цикла выполнения калмановской фильтрации.

Достоинством такой системы является высокая надежность, а недостатком – возможная коррелированность ошибок оценок, поступающих от GPS-приемника на вход второго фильтра Калмана, и необходимость синхронизации измерений ИНС и GPS-приемника.

Примером реализации жестко- и глубоко связанных систем является семейство MIGITS (Miniature Integrated GPS/INS Tactical Systems) фирмы Rockwell International. На сегодняшний день это самые малогабаритные интегрированные системы. В таких системах фильтр Калмана оценивает вектор состояния, включающий 20 – 40 компонентов, и для его реализации требуется БЦВМ с высоким быстродействием. Характеристики интегрированных навигационных систем семейства MIGITS приведены в таблице 1.

Большое значение для точностных характеристик интегрированных комплексов с различными схемами сопряжения имеет выбор сложности фильтров Калмана, реализуемых в их процессорах. Этим определяется размерность оцениваемого вектора состояния, характеризующего количество учитываемых составляющих ошибок ИНС и ГЛОНАСС/GPS-приемника.

Вычислительные возможности первой половины 90-х годов позволяли реализовать фильтр Калмана для оценки 20-мерного вектора состояния в периодичностью обновления информации до нескольких раз в секунду. При этом в сильно связанной системе целесообразно учитывать до 100 составляющих ошибок. Как правило, ввиду ограниченности вычислительных мощностей выбирают минимально достаточную размерность оцениваемого вектора состояния и скорость обновления выходных данных, исходя из приемлемой точности навигационной информации. В системах высокой точности размерность оцениваемого вектора состояния может достигать 80, однако оптимальным считается фильтр для 25-мерного вектора состояния, а достаточно устойчивым – для 14-17-мерного.

*Таблица 1. Характеристики интегрированных навигационных систем семейства MIGITS*

Характеристики	C- MIGITS	P- MIGITS	M- MIGITS
Точность по координатам максимальная, м	76	19	16
Габариты, мм	146*130*109	146*130*158	-
Число каналов приемника	5L1, C/A	5L1, C/A	10L1, L2, P/X
Тип инерциального блока	GIC-100	IMU-202	DQI
Время наработки на отказ, ч	2700	3600	10000
Масса, кг	2	3,2	2,8
Мощность, Вт	18	20	20
Напряжение питания, В (постоянный ток)	28	28	28

Применительно к авиационным ЛА наиболее перспективной считается сильно связанная система, которая в большинстве новейших зарубежных бортовых навигационных системах реализуется в виде одного компактного блока. Прямое использование псевдодальностей в такой схеме дает более точное навигационное решение благодаря отсутствию накопления вычислительных и алгоритмических ошибок при «каскадной» фильтрации. При этом компенсация ошибок ИНС не пре-

ривається при втраті супроводження НИСЗ впродовж до одного залишаючого під наглядом супутника, оскільки дані по кожному з них обробляються в калмановському фільтрі як незалежні спостереження.

### **Література**

1. Доронин Д.В., Шевцов С.Н. Розробка алгоритмів інтегрованої системи навігації летального апарату з використанням GPS/ГЛОНАСС технологій, Москва, «Спутник+», 2011.
2. Шевцов С.Н., Доронин Д.В. Математична модель помилок безплатформеної інерціальної навігаційної системи в рамках розробки алгоритмів інтегрованої системи навігації летального апарату, Москва, «Спутник+», 2011.
3. Управление и наведение беспилотных маневренных ЛА на основе современных информационных технологий / Под ред. М.Н. Красильщикова и Г.Г. Себрякова. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005.
4. Системы управления летательными аппаратами / Г.Н. Разоренов, Э.А. Бахрамов, Ю.Ф. Титов. – М.: Машиностроение, 2003.
5. Матвеев В.В., Распопов В.Я. Основы построения безплатформенных инерциальных навигационных систем. – Санкт-Петербург «ЦНИИ «Электронприбор», 2009.

УДК 681.03

### **ДОСЛІДЖЕННЯ АГРЕГОВАНИХ ДИНАМІЧНИХ МОДЕЛЕЙ СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТІВ ДЛЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ**

О.М. Казачкова, В.Л. Косолапов, С.І. Суперсон, В.О. Ковтун  
*Институт проблем математических машин и систем НАН Украины*

Дослідження особливостей поведінки складних систем, у тому числі – потенційно небезпечних, мають важливе значення для ефективної, безпечної та якісної роботи спеціалістів та осіб, що приймають рішення. Знання про розвиток критичної ситуації, системний аналіз взаємодії параметрів складної природної чи техногенної системи з оточуючим середовищем, що можуть призвести до катастрофічних чи небажаних явищ та наслідків, важливі для якісного функціонування спеціалізованих систем прийняття рішень, які займають чинне місце у системах типу електронного урядування, наприклад, сучасних e-government систем управління на вищому рівні включно. Такі ідеї та підходи ґрунтуються на класичних працях академіка В.М. Глушкова [1, 2] та його учнів і численних послідовників.

Для агрегованої динамічної моделі верхнього рівня, яка визначена у тезах «Розробка агрегованих динамічних моделей складних об'єктів для проблемно-орієнтованих систем підтримки прийняття рішень» [3,

4] спочатку можна з апіорного досвіду визначити деякі можливі зв'язки параметрів системи.

Так, рівень культури безпеки може визначатися в діапазоні  $[0, 1]$ , де  $x_6 = 0$  відповідає абсолютно неможливому випадку повної відсутності культури безпеки, а  $x_6 = 1$  відповідає ідеальному випадку найвищого рівня культури безпеки, коли її подальший зріст вже неможливий. Тоді надалі віднесемо всі параметри системи до їх граничних значень і представимо модель потенційно небезпечного об'єкта у наступному безрозмірному вигляді:

$$\begin{aligned} \frac{dy_1}{dt} &= [b_{10} + b_{11}(1 - y_1) + b_{12}(1 - y_2) + b_{13}(1 - y_3)](1 - y_1), \\ \frac{dy_2}{dt} &= [b_{20} + b_{21}(1 - y_1) + b_{22}(1 - y_2) + b_{23}(1 - y_3)](1 - y_2), \\ \frac{dy_3}{dt} &= [b_{30} + b_{31}(1 - y_1) + b_{32}(1 - y_2) + b_{33}(1 - y_3) + b_{34}(1 - y_4) + \\ & b_{35}(1 - y_5) + b_{36}y_6](1 - y_3), \\ \frac{dy_4}{dt} &= [b_{40} + b_{43}(1 - y_3) + b_{44}(1 - y_4) + b_{45}(1 - y_5) + b_{46}y_6](1 - y_4), \quad (1) \\ \frac{dy_5}{dt} &= [b_{50} + b_{53}(1 - y_3) + b_{54}(1 - y_4) + b_{55}(1 - y_5) + b_{56}y_6](1 - y_5), \\ \frac{dy_6}{dt} &= [b_{60} + b_{61}(1 - y_1) + b_{62}(1 - y_2) + b_{63}(1 - y_3)](1 - y_6), \end{aligned}$$

де:  $y_i = x_i/N_i, b_{ij} = a_{ij}N_j, b_{i0} = a_{i0}, y_6 = x_6$  (відповідно до змінних згаданої вище статті).

Будемо говорити, що границі зміни параметрів складної системи визначаються взаємним впливом всіх параметрів системі та їх близькістю до гранично можливих значень (властивість насичення). Система нелінійних диференціальних рівнянь (1) з відповідними початковими даними надає можливість моделювання динаміки розвитку потенційно небезпечних об'єктів у часі до моменту досягнення ними запланованих показників або режимів, наприклад, режимів насичення, критичних моментів у розвитку об'єкта, катастрофічних ситуацій, тощо.

У подальшому розвитку досліджень та аналізу такі параметри надають можливість встановити основні особливості системи та розрахувати характерні чисельні показники, за якими особа, що приймає відповідальні рішення, може правильно співставити різні можливі варіанти та за результатами проведеного аналізу прийняти оптимальне у певному сенсі рішення з точки зору поставлених критеріїв управління складною системою.

Параметри  $x_i$  можуть описувати, наприклад, чисельність працюючого на об'єкті персоналу та управлінців, вихід продукту, що виробляється, витрати на ремонт та підтримання підприємства на належному сучасному рівні, ліквідацію забруднень оточуючого середовища внаслідок виробництва та оновлення забруднених територій, підвищення рівня безпеки, а також рівня культури безпеки на об'єкті і т. ін.

Змінні, що фігурують у системі диференціальних рівнянь (1), можуть змінюватись в діапазоні від 0 до  $N_i$  (можна обрати  $N_0=1$  для спрощення розгляду задачі, оскільки систему завжди можна нормувати за обраним масштабом). За величини  $N_i$  маємо відповідні граничні значення кожного з параметрів.

Перший етап в моделюванні потенційно небезпечного об'єкта полягає в обчисленні констант системи рівнянь (1), базуючись на відомих статистичних даних про об'єкт, що вивчається. Також корисно перевірити точність одержаної моделі на інших статистичних даних, щоб впевнитись в адекватності побудованої моделі реальному об'єкту. На жаль, для багатьох потенційно небезпечних об'єктів таких даних недостатньо, тому їх моделювання є досить тривалим процесом, у ході якого відбувається перевірка та вдосконалення розробленої моделі. Наприклад, константи в рівнянні (1) можна визначити різними підходами: методом найменших квадратів, різними регресійними підходами, тощо.

Потрібно визначити константи моделі, виходячи з вимоги максимального погодження моделі наявним статистичним даним про об'єкт.

Етап перевірки даних вимагає розрахунку параметрів системи для різних ситуацій, для котрих наявні статистичні дані, базуючись на розробленій моделі з визначеними коефіцієнтами. Потім отримані результати знову співставляються з реальними даними для інших відомих випадків та критеріїв безпеки. Цей процес носить назву відпрацювання та уточнення моделі і може бути досить довготривалим та складним.

Одержана система диференціальних рівнянь (1) з відповідними початковими умовами є задачею Коші. Задача, як правило, може бути розглянута також при деяких обмеженнях на систему, що виникають з різних причин, природних чи виробничих, або ще якихось. То ж подальший розгляд моделі може проводитись з позицій побудови теорії керування об'єктом, що вивчається. При цьому керівні параметри  $a_{ij}(t)$  можемо обирати оптимальними, виходячи з якихось обраних критеріїв керування та оптимізації системи.

Складний об'єкт, що досліджуються, може по-різному виходити на заданий режим роботи за прийнятими критеріями або за набором пев-



них критеріїв, зокрема, наприклад, мінімальний час виходу на заданий режим, максимальна продуктивність, мінімальна шкода навколишньому середовищу та працівникам і т. ін.

Показники рівня безпеки об'єкта можна запропонувати у вигляді:

$$V = q \frac{1 + \alpha_1 y_1 + \beta_1 y_2}{1 + \alpha_2 y_1 + \beta_2 y_2} \cdot \frac{y_3 y_4 y_6}{y_5}, \quad (2)$$

де  $q$  - показник поточного наявного рівня суспільного виробництва,  $\alpha_i, \beta_i$  - коефіцієнти.

Вважається, що рівень безпеки пропорційний рівню суспільного виробництва, оскільки чим вищий рівень суспільного виробництва, тим більше засобів контролю та діагностики стану об'єкта, більше можливостей запобігти критичним та аварійним ситуаціям і відхиленням у нормальній роботі об'єкта за рахунок застосування більш сучасної техніки, більш високої культури безпеки і т.д.

Аналізуючи вираз (2) приходимо до висновку, що при  $y_3, y_4, y_6 \rightarrow 0$  маємо  $V \rightarrow 0$ , а при  $y_5 \rightarrow 0$  отримуємо  $V \rightarrow \infty$ .

При  $y_1, y_2 \rightarrow 0$  індикатор загального рівня безпеки визначається не тільки кількістю кваліфікованого персоналу, але й рівнем як індивідуальних, так і соціальних інтересів (наприклад, доцільністю прийняття відповідальних рішень, враховуючи наслідки прийнятті рішень щодо оточуючого середовища.. Таким чином, досліджувана модель не протирічить відомим уявленням та фактам розвитку і функціонування складного соціального об'єкта, загалом правильно відображає його найбільш загальні риси.

Відповідальним етапом створення механізму формалізації управлінської діяльності є розробка спеціалізованих СППР із урахуванням специфіки самої інформації та змісту адекватного управлінського завдання на засадах наукових досліджень агрегованих динамічних моделей складних об'єктів для спеціалізованих систем підтримки прийняття рішень. Таким чином задачі спеціалізованих СППР виділяються згідно з напрацьованими моделями. Це дає змогу формувати вибір завдань для сучасних e-government систем управління різного рівня, згрупованих за функціональною ознакою. При цьому практикується виділення завдань за пріоритетом. Критеріями тут виступають безпека, вигідність, ефективність, доцільність, матеріальні можливості тощо.

## Література

1. Глушков В.М. Основы безбумажной информатики. Изд. 2-е, испр.- М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987.-552 с.
2. Глушков В.М. Проблемы и перспективы создания ОГАС. – М.: Вопр. Кибернетики, 1977, вып. 21, с. 3-12.

3. Косолапов В.Л., Казачкова О.М., Суперсон С.І., Ковтун В.О. Розробка агрегованих динамічних моделей складних об'єктів для проблемно орієнтованих систем підтримки прийняття рішень // МОДС-2012 – 2012. – С. 288-291.

4. Казачкова О.М., Косолапов В.Л., Суперсон С.І. Сучасні задачі комп'ютерного моделювання складних систем для підтримки прийняття рішень . // МОДС-2011 – 2011. – С. 333-336.

УДК 004.9:371.3

## **СТВОРЕННЯ ЕЛЕКТРОННОГО НМКД З ДИСЦИПЛІНИ «ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ» ДЛЯ СТУДЕНТІВ ЕКОНОМІЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ**

Т.А. Дмитренко, Т.М. Деркач, С.І. Волков, В.Т., Матевосян

*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка,  
Україна*

Інформаційні технології забезпечують збільшення ефективності виробництва та управління будь-якої галузі народного господарства. Для їх використання необхідно мати кваліфікований персонал, який має необхідні знання. Для підвищення ефективності надання освітніх послуг при викладанні дисципліни «Інформаційні технології», для студентів економічних спеціальностей, необхідно впроваджувати в навчальний процес новітні комп'ютерні технології. Одним з варіантів – є створення навчально-методичного комплексу дисципліни, засобами системи управління курсами Moodle.

Вивчення сучасних досліджень показало недостатню теоретичну та практичну розробку навчально-методичного комплексу з дисципліни «Інформаційні технології» для студентів економічних спеціальностей. Ціллю статті є запропонувати для введення в навчальний процес навчально-методичного комплексу дисципліни створеного на платформі Moodle.

На даний час можна виділити 4 основні моделі організаційних структур дистанційного навчання в сфері вищої освіти.

1. Доповнення традиційної університетської освіти.
2. Консорціуми.
3. Угоди.
4. Віртуальні університети.

Найбільш розповсюдженою моделлю виявлено перша, яка пропонує у рамках ДН деякі дисципліни або навіть цілі програми. Студенти такої форми навчання зараховуються в університет за традиційною схемою, працюють з тими самими викладачами, що й студенти денного відділення. Різниця полягає лише в спілкуванні: викладачі створюють сайти в мережі Інтернет, які доповнюють їхні курси та забезпечу-

ють доступ до знань студентам, які перебувають за межами навчального закладу (off-campus).

На підставі описаної моделі в Полтавському національному технічному університеті імені Юрія Кондратюка було створено навчально-методичний комплекс дисципліни «Інформаційні технології» для студентів економічних спеціальностей, який включає як звичайну, так і дистанційну форми навчання.

При розробці комплексу було виділено п'ять етапів, які включають:

1. Визначення основ дистанційного навчання
2. Проектування дистанційного курсу
3. Інформаційні матеріали дистанційного курсу
4. Контроль у дистанційному навчанні
5. Практикум «т'ютора».

На першому етапі було розроблено комплект базових документів в форматах \*.pdf та \*.html в яких визначено необхідність створення курсу, глосарій дисципліни та розроблено робочу програму, в якій визначено мету та завдання дисципліни. Програма включає в собі п'ять тем, з визначенням кількості годин, які необхідні для засвоєння курсу. На підставі робочої програми побудовано потижневий графік вивчення дисципліни.

Для повноцінного проходження та засвоєння курсу дисципліни «Інформаційні технології» для студентів економічних спеціальностей було запропоновано методичне забезпечення. Яке включає в себе допоміжні матеріали для самостійної роботи та рекомендації по роботі з дистанційним курсом та для виконання тестових завдань в форматі \*.pdf. Також визначення посилання на літературні джерела, які допоможуть студентам при вивченні дисципліни.

Лекційний матеріал, який є базовим при вивченні дисципліни, наданий у вигляді електронних підручників з розширенням \*.chm.

Після проходження повного курсу користувачу запропоновано пройти загальне тестування по дисципліні «Інформаційні технології». За результатами проведених тестових опитувань виставляється підсумкова оцінка.

Розроблений навчально-методичний комплекс дисципліни «Інформаційні технології» для студентів економічних спеціальностей реалізовано в web-орієнтованому середовищі Moodle.

Moodle - це система управління курсами (CMS), також відома як система управління навчанням (LMS) або віртуальна навчальна середовище (VLE). Це безкоштовний Web-додаток, що надає можливість викладачам створювати ефективні сайти для online-навчання.

Для його роботи потрібно:

Web-сервер з підтримкою PHP (наприклад Apache2);

сервер баз даних (за замовчуванням використовується MySQL).

## Література

1. Anderson, L.W. A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives [Текст] / L.W. Anderson, D.R. Krathwohl. – New York: Addison Wesley Longman, 2001. – 302 p.
2. Иванов В.Л. Структура электронного учебника [Текст] // Информатика и образование. – 2001. – № 6. – С. 63–71.
3. Кречетников К.Г. Особенности проектирования интерфейса средств обучения К.Г. Кречетников // Информатика и образование. – 2002. – № 4. – С. 65–74.
4. Околелов О.П. Процесс обучения в виртуальном образовательном пространстве [Текст] / О.П. Околелов // Информатика и образование. – 2001. – № 10. – С. 66–70.
5. Соболев Н.Н. Электронный учебник нового поколения [Текст] / Н.Н. Соболев, Н.Н. Гомулина, В.Е. Багин и др. // Информатика и образование. – 2002. – № 6. – С. 67–76.
6. "Дистанционные методы обучения. Состояние, проблемы, перспективы." // Дайджест педагогичних ідей та технологій "Школа - парк". - 2001. - № 3-4. – С. 81 – 103.
7. Curiskis N.J. Online Course Planning //MERLOT Journal of Online Learning and Teaching – Vol. 2. – No. 1. – March 2006.
8. Hensley G. Creating a Hybrid College Course: Instructional Design Notes and Recommendations for Beginners // MERLOT Journal of Online Learning and Teaching. – Vol. 1 – No. 2. – December ,2005.

УДК 681.3, 519.81

## МОДЕЛИ И КАЧЕСТВО ОРГАНИЗАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ

Е.П. Ильина

*ИПС НАН України, Україна*

Рассмотрение концепта Решение и процесса его жизненного цикла становится одним из ключевых пунктов для менеджмента организаций в условиях новой экономической реальности. К попыткам модельной унификации знаний о решениях можно отнести рекомендации стандарта [1] 2005-08-15 и результаты рабочей группы W3C [2]. В [1] рекомендуется модель, основанная на центрах решений в организации и направленная, прежде всего, на анализ координации в рамках основных функциональных сфер и временных горизонтов управления. Результаты [2] касаются принципов разработки стандартного языка для описания решений произвольного типа, назначения и содержания – с целью размещения и использования соответствующих знаний в SEMANTIC WEB.

Исключительная роль проблематики управления качеством в современном менеджменте делает актуальным рассмотрение модели качества организационных решений (ОР) как ключа для выявления мно-

жеств элементов знаний о таких решениях, необходимых и достаточных для их представления и анализа в СППР.

Однозначный взгляд на систему показателей качества решений не выработан, однако приемлемыми основаниями для такой системы могут служить:

- необходимые и предпочтительные свойства организационных решений, декларированные в теории и практике менеджмента;
- принципы, составляющие платформу тотального управления качеством (TQM);
- имеющиеся модели качества производства, как процессно-базируемые, так и продуктно-базируемые.

В данной работе анализируется целесообразное проецирование перечисленных оснований в структуры знания, ориентированные на использование в СППР, и соотношение последних с имеющимися рачмочными моделями.

Для обеспечения поддержки механизмов менеджмента, основанных на решениях, в условиях изменчивости среды и целевых приоритетов, формализованные знания MD о решении должны отражать наиболее полную совокупность этапов  $E_i$ , процессов его жизненного цикла  $\{E_i\}$   $i=1, \dots, 5$ , где  $E_1$  – Анализ проблемной ситуации,  $E_2$  – Постановка проблемы,  $E_3$  – Генерация и первичный отсев вариантов,  $E_4$  – Компромиссный выбор варианта и его обоснование,  $E_5$  – Анализ результатов выполнения решения.

Пусть

$$MD = \langle \{ME_i\}, ADP, RDP \rangle, \quad (1)$$

где  $ME_i$  – модель этапа  $E_i$ ,  $ADP$  – априорный процесс решения,  $RDP$  – реальный процесс решения.

$$ME_i = \langle \{Z_{ji}\} j = (1, JI), EC, EF, ECA = \{eca \in EC\}, EFA = \{efa \in EF\}, PN, PA, FZ, PQ, IN \rangle, \quad (2)$$

где  $Z_{ji}$  – j-й тип задачи, которая может решаться при выполнении этапа;

$KS$  – множество типов структур знания о решении;

$(EC, EF) \in KS$  – соответственно, контекст выполнения этапа и его результаты;

$eca, ecf$  – элементы структур знания, соответственно, содержащие актуальную информацию либо получающие значения в ходе этапа;

$PN: ECA \rightarrow (0,1)$  – предикат включения  $E_i$  в схему  $ADP$  из (1);

$PA: (ECA \cup EFA) \rightarrow (0,1)$  – предикат выполнимости  $E_i$  в составе  $ADP$ ;

$FZ(ECA, \{Z_{ij}\})$  – функция определения актуального подмножества задач этапа;

$PQ$  – функция диагностирования неудовлетворительного завершения этапа, определяющая номер  $X$  этапа, на который следует перейти, формируя схему  $RDP$  из (1),

$$PQ(ECA \cup EFA) = \langle X, IN \rangle; X=I+1 \text{ при } IN=1, \quad X=J \leq I \text{ при } IN=0.$$

К множеству  $KS$  относится ряд структур знания, являющихся иерархическими концептами, листья которых подразделяются, согласно их функциональным ролям для процесса принятия решения: классифицирующие, формирующие контексты, соотносящиеся с онтологией организации, оценочные, предписываемые извне.

Элементами  $KS$  являются следующие структуры:

$KS1$  – паспорт решения, включающий его класс, параметры регламентации, функциональную сферу, уровень, временной горизонт, ЛПР.

$KS2$  – модель решаемой проблемы, объединяющая проблемную ситуацию и постановку проблемы. Первая характеризуется: объектами и их характеристиками, дисбаланс которых определяет или предсказывает проблемность; обнаруженными трудностями деятельности. Вторая включает источники проблемы, цель воздействия на ситуацию и иерархическую детализацию последней – до непосредственно достижимых целей.

$KS3$  – модель выбираемого управления, связывающая его, с одной стороны, с непосредственно реализуемой целью из  $KS2$ , а с другой стороны, с мероприятием, с его плановыми характеристиками и (или) оптимизационно устанавливаемыми значениями параметров деятельности. В таком виде задаются все элементы множества альтернатив. Сделанный на нем выбор (аналитический либо экспертный) описывается использованной моделью ценности, учтенными точками зрения и характеристиками достигнутого компромисса. Все это служит аргументацией выбора.

$KS4$  – модель поддержки принятия решения, описывающая процессы  $ADP$  и  $RDP$  из (1) и использованные для решения их задач ресурсы (методические, информационные, программные, экспертные).

$KS5$  – модель результатов реализации решения, учитывающая показатели процесса выполнения, эффективность для достижения поставленной цели, соответствия ожидаемому эффекту, вклад решения в основные показатели эффективности организации, неожиданные эффекты.

В таблице показана взаимосвязь между предлагаемыми характеристиками качества ОР, обеспечивающими их аналитическими действиями и структурами знания, актуальными для них. Состав характеристик качества предлагается на основе соотнесения свойств ОР, маркированных как базовые в работах по менеджменту, с характеристиками модели качества [3]. Спектр аналитических действий сформирован при

анализе процесса принятия решения в ключе принципов TQM и интерпретации, для этого процесса, процессных областей модели [4].

По результатам проведенного анализа можно сформулировать следующие выводы.

Предложения [2] по модели унифицированного языка описания решений могут рассматриваться для задач менеджмента ОР только при расширении рамочной модели проблемной ситуацией, связями с целями, параметрами компромиссности, оценками результатов выполнения.

Модели семейства GRAI [1] целесообразно развить типами отношений между решениями, которые актуальны для анализа их взаимовлияний и их качества.

Вопросы рационального усечения пространства знаний об ОР для внекорпоративного использования в SEMANTIC WEB нуждаются в отдельном исследовании.

Таблица 1

Характеристики качества ОР	Аналитические действия оценки и поддержки характеристик	Используемые структуры знания
Актуальность и точность постановки решаемого вопроса	Анализ опыта аналогичных проблемных ситуаций и управляющих воздействий Поиск целей воздействия на ситуацию Детализация цели Формирование адекватной модели предпочтений Оценка достигнутого целевого влияния	KS1, KS3, KS5  KS2 KS2, KS4 KS4, KS5 KS5
Функциональность	Выявление затрагиваемых интересов и их носителей Анализ уровня влияния Выявление и оценка конфликтов, противоречий и путей гармонизации Оценка отношений с другими решениями организации	KS2, KS3, KS5 KS3, KS5 KS1, KS3 KS1, KS2, KS3
Надежность процесса выработки решения	Паспортизация решения и формирование <i>ADP</i> Выбор и оценка средств поддержки Анализ полезности привлекаемой информации Подбор и оценка команды Моделирование и оценка характеристик хода процесса Анализ результата этапов и формирования <i>RDП</i> Анализ представительности и согласованности точек зрения, оценка конфликтов и компромиссов	KS1, KS4 KS1, KS3, KS4 KS2, KS4 KS2 – KS5 KS2, KS4 KS4 KS3, KS4
Эффективность	Оценка вклада решения в показатели эффективности деятельности организации Оценка соотношения ожидаемых и достигнутых эффектов Оценка приемлемости соотношения Эффект – Ресурсные затраты Оценка негативных последствий и мероприятий по предотвращению	KS2, KS3, KS5  KS3, KS5 KS4, KS5 KS2, KS3, KS5
Выполнимость	Создание и оценка практик формирования общего понимания участников Оценка ресурсных потребностей и мероприятий по их обеспечению Разработка и оценка рациональных схем распределенности Оценка рисков	KS3 KS3, KS4 KS1, KS3, KS5 KS2, KS3, KS4
Адаптируемость	Формирование системы лучших практик и банка отложенных возможностей Ведение знаний в точках зрения Анализ динамики вызовов и угроз Прогноз состояния внешней среды и внутреннего потенциала Выявление и оценка источников проблем и трудностей деятельности	KS4, KS5  KS3, KS4, KS5 KS1, KS2 KS2 KS2

## Литература

1. ISO 15704:2000 Industrial automation systems – Requirements for enterprise – reference architectures and methodologies. Amendment 1 – 2005 – 08 – 15.

2. Towards a Semantic Decision Representation Format // W3C Incubator Group Report 17 April 2012
3. <http://www.w3.org/2005/Incubator/decision/XGR-decision/>
4. ISO/IEC 9126 – 1:2001 Software Engineering – Product quality – Part1: Quality model
5. ISO/IEC 15504 – 1:2004 Information technology – Process assessment – Part1: Concepts and vocabulary.

УДК 004.02

## ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ МАРШРУТИЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ МАРШРУТІВ ДЛЯ ДЕКІЛЬКОХ МАШИН З УРАХУВАННЯМ ЧАСОВИХ ВІКОН

В.Г.Бережной, О.Г. Жданова, О.О.Селезньова

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний  
інститут», Україна*

**Вступ.** Однією з актуальних логістичних проблем є складання маршрутів транспортних засобів (ТЗ) мінімальних за цінovими витратами та які б задовольняли всім обмеженням задачі Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW) [1]. Даний тип задач маршрутизації транспортних потоків ставить за мету мінімізувати час у дорозі, а також кількість ТЗ. Тож дану задачу можна сформулювати як двокритеріальну, розв'язок якої доцільно розбити на два етапи. Перший етап був описаний у роботі [2], де було запропоновано розв'язок задачі VRPTW, а у якості методу вирішення першого критерію, яким є мінімізація часу, було обрано метаевристичний алгоритм мурашиних колоній (АСО), для якого було описано особливості різних правил побудови допустимих розв'язків і наведені результати досліджень щодо оцінки ефективності запропонованих евристик. Дана робота присвячено другому етапу двокритеріальної задачі, яким є мінімізація загальної кількості задіяних машин, отриманих на першому етапі, тож для мінімізації цього критерію була сформульована оптимізаційна задача «склеювання» максимальної кількості маршрутів ТЗ із збереженням допустимості (по часовим вікнам) отриманого розв'язку на першому етапі.

**Математична постановка задачі.** Маємо  $n$  часових відрізків (наприклад,  $[a_i, b_i]$  –  $i$ -ий відрізок, де  $a_i$  – час початку часового відрізка,  $b_i$  – кінець,  $i = \overline{1, n}$ ). Змінна  $x_{ij} = 1$ , якщо  $i$ -ий відрізок склеєний з  $j$ -им, в протилежному випадку –  $x_{ij} = 0$ . Таблиця потенційних склейок  $C_{ij}$  приймає значення 0, якщо потенційно  $i$ -ий відрізок не може бути склеєний з  $j$ -им з двох причин: нестача товару в ТЗ або закінчилися часові вікна;  $C_{ij} = 1$  – якщо потенційно може бути склеєний. Задача



полягає у побудові матриці склейок так, щоб виконувались всі обмеження та досягалася цільова функція. Математична модель задачі представлена наступними формулами:

$$\sum_i \sum_j C_{ij} x_{ij} \rightarrow \max,$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} \leq 1, j = \overline{1, n}, \quad \sum_{j=1}^n x_{ij} \leq 1, i = \overline{1, n}, \quad \forall x_{ij} \in \{0, 1\}.$$

**Алгоритм розв'язання задачі.** На вхід алгоритму розв'язання задачі подається початковий розв'язок VRPTW для декількох ТЗ, побудований АСО [3]. З метою мінімізації загальної кількості було розроблено алгоритм, основна ідея якого полягає у тому, що в процесі «склеювання» маршрутів корегується матриця потенційних склейок і процес завершується тоді, коли  $C_{ij} = 0$  :

Крок 1. Визначення маршрутів, що потенційно можуть бути склеєні.

1. Цикл по всім  $i, i = \overline{1, n}$ .

1.1 Обрати поточний  $i$ -ий відрізок.

Цикл по всім  $j, j = \overline{i+1, n}$ .

1.1.1 Перевірити можливість склейки  $i$ -ого відрізка з  $j$ -им по обмеженню на часові вікна.

1.1.2 Перевірити можливість склейки  $i$ -ого відрізка з  $j$ -им на наявність товару.

1.1.2 На основі результатів п.1.2.1–1.2.2 відмітити у  $C_{ij}$  ті відрізки, які потенційно можуть бути склеєними.

Крок 2. Розв'язання задачі.

2. Цикл по всім  $i, i = \overline{1, n}$ .

Обрати поточний  $i$ -ий відрізок.

Цикл по всім  $j, j = \overline{i+1, n}$

2.2.1 По сформованій  $C_{ij}$  перевірити поточні відрізки  $i$  та  $j$  на можливість потенційно бути склеєними. Якщо вони не можуть бути потенційно склеєними, то перейти на п.2.2.4.

2.2.2 Якщо  $i$ -ий відрізок має найбільшу кількість обслугованих клієнтів серед всіх інших потенційних відрізків, які можуть бути склеєними з поточним  $i$ -им відрізком, то запам'ятати цей  $j$ -ий відрізок та відповідну цільову функцію.

2.2.3 Обрати серед всіх збережених відрізків з п.2.2.2 один з найменшою цільовою функцією, склеїти його з  $i$ -им відрізком ( $x_{ij} = 1$ ). Збільшити  $i$  на 1 та перейти на п.2.1. Якщо  $i > n$ , то кінець алгоритму.

2.2.4 Збільшити  $j$  на 1.

**Висновок.** В статті розглянута оптимізаційна задача «склеювання» транспортних маршрутів з урахуванням часових вікон, наведено математичну постановку задачі та запропоновано алгоритм її розв'язання.

### Література

1. B. Kallehauge, J. Larsen, O. B. G. Madsen, M. M. Solomon. Chapter 3 Vehicle routing problem with time windows. - Springer US, 2005. - P. 67-98.
2. Бережной В.Г., Жданова О.Г., Селезньова О.О. Модифікація мурашиного алгоритму для задачі маршрутизації транспортних потоків з урахуванням часових вікон (прийнято до публікації у збірнику праць міжнародної наукової конференції «Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту (ISDMCI'2013)»).
3. M. Dorigo, T. Stutzle. Ant Colony Optimization: Overview and Recent Advances. May, 2009. - P. 1-34.

УДК 330:51

## АДАПТИВНА МОДЕЛЬ НЕЛІНІЙНОГО ОПИСУ ПРОЦЕСІВ СОЦІОДИНАМІКИ

<sup>1</sup>Ю. В. Коляда, <sup>2</sup>В. О. Тукало

<sup>1</sup>Київський національний економічний університет ім. В. Гетьмана, Україна

<sup>2</sup>Ягеллонський університет, Україна

До розгляду пропонується математична модель (ММ) типу Вайдліха, але на відміну від класичного її варіанту, де функції впливу стандартно є артангенси аргумента [1](1), пропонується альтернативна множина їх вибору. Таким чином, відбувається адаптивне комп'ютерне моделювання процесів нелінійної соціодинаміки, яке ґрунтується на використанні математичної моделі гнучкої структури, що принципово відрізняється від загальноприйнятого підходу – вивчення явища на підґрунті моделі жорсткої структури.

$$\begin{cases} \dot{x} = x \left( s \frac{\pi}{2} \arctan \left( k \left( y - \frac{s}{2} \right)^2 \right) - x \right); \\ \dot{y} = y \left( s \frac{\pi}{2} \arctan \left( k \left( x - \frac{s}{2} \right)^2 \right) - y \right). \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} \dot{x} = x \left( s \frac{e^{2y} - e^{-2y}}{e^{2y} + e^{-2y}} - x \right); \\ \dot{y} = y \left( s \frac{e^{2x} - e^{-2x}}{e^{2x} + e^{-2x}} - y \right). \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} \dot{x} = x \left( s \exp \left( -k \left( y - \frac{s}{2} \right)^2 \right) - x \right); \\ \dot{y} = y \left( s \exp \left( -k \left( x - \frac{s}{2} \right)^2 \right) - y \right). \end{cases} \quad (3)$$

Приведемо деякі результати комп'ютерного моделювання, на основі всіх трьох моделей. ММ (1) за початкових даних вектора  $x_0 = \begin{pmatrix} 5 \\ 1 \end{pmatrix}$  та значень параметрів  $k=0.9$ ,  $s=3$  показує наступні результати:

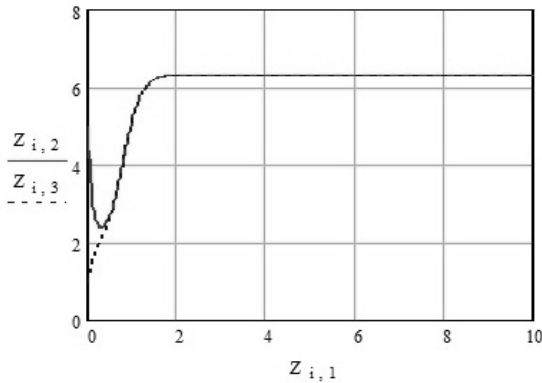


Рис. 1. Інтегральні криві

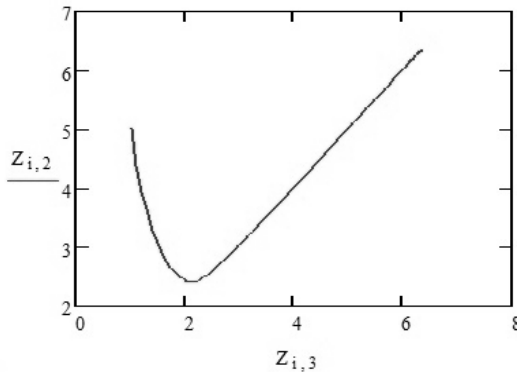


Рис. 2. Фазовий портрет

де  $Z_{i,1}$  використовується для позначення мовного часу,  $Z_{i,2}$  відображає позицію суспільства, а  $Z_{i,3}$  – характеризує владу. Моделі аналізуються на основі вихідних даних – інтегральних кривих, що показують розвиток процесу в часі, а також фазових портретів – взаємозалежностей змінних між собою.

Поведінка кривих ММ (2), за схожих числових значень параметрів, а саме  $x_0 = \begin{pmatrix} 5 \\ 1 \end{pmatrix}$ ,  $s=4$  набуває наступного кшталту:

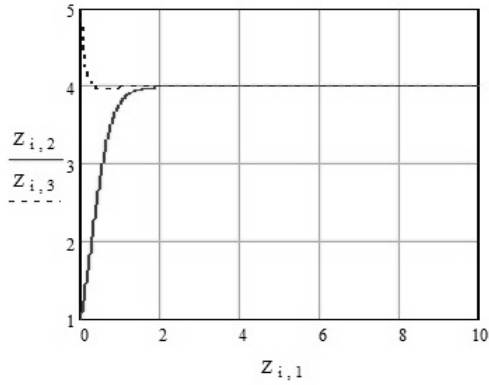


Рис. 3. Інтегральні криві

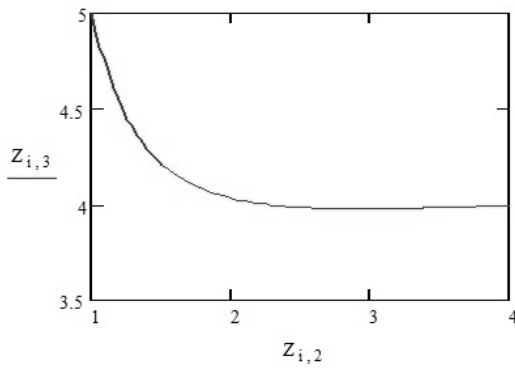


Рис. 4. Фазовий портрет

За подібних числових значень вектора початкових умов та параметрів  $k$  і  $s$  ( $x_0 = \begin{pmatrix} 5 \\ 1 \end{pmatrix}$ ,  $k=0.6$ ,  $s=5$ ), ММ (3) демонструє схожість з попередніми моделями:

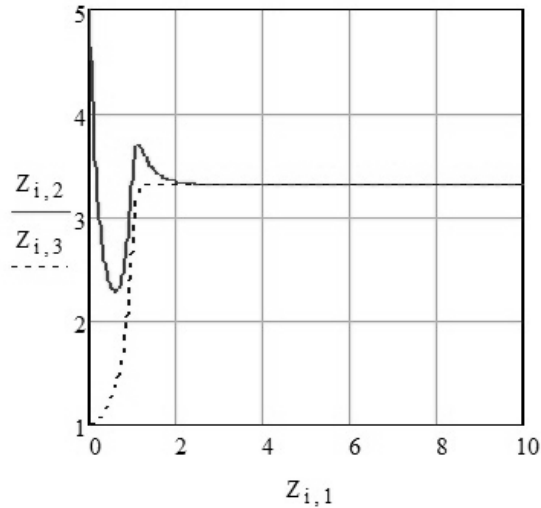


Рис. 5. Інтегральні криві

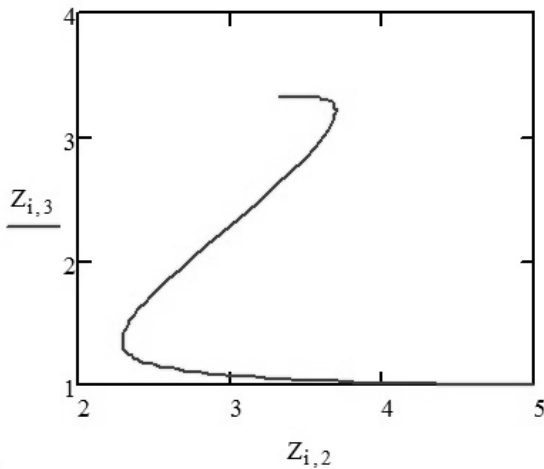


Рис. 6. Фазовий портрет

Як видно з наданих результатів, при невеликій різниці в значеннях параметрів, всі три моделі показують тенденцію до збалансування системи, про що небагато значно свідчать інтегральні криві, які після певних змін коливного характеру набувають форми прямої, хоча і стабілізуючись на різних значеннях ординат. Схожі тенденції представлені також і на фазових портретах, де подібність взаємодії відрізняється лише різністю у числових значеннях змінних.

Представлені три моделі належать до одного виду, натомість різняться між собою апроксимуючими функціями (апроксиматами). В той час, як перша математична модель (ММ) апроксимована функцією арктангенсу  $\arctan\left(k\left(y - \frac{a}{2}\right)\right)$ , друга ММ має в якості апроксимати гіперболічний тангенс  $\frac{e^{2y} - e^{-2y}}{e^{2y} + e^{-2y}}$ , а третя ММ – функцію експоненти. Змінні всіх трьох моделей означають, відповідно,  $x$  – дії суспільства, а  $y$  – чинності влади чи правлячих еліт.

При виконанні широкого обчислювального експерименту за допомогою комп'ютерних програм моделювання процесів соціально-економічного характеру, моделі (1)-(3) показали результати, які збігаються в основних тенденціях, натомість різняться в часткових випадках.

### Література

1. Плотинский Ю.М. Модели социальных процессов: [учебное пособие для вузов] / Ю.М. Плотинский. – М.: Логос, 2001. – 296 с.
2. Коляда Ю. В. Адаптивна парадигма моделювання економічної динаміки: монографія / Ю. В. Коляда. – К. : КНЕУ, 2011. – 297 с.

УДК 539.3

## АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ГРАНИЧНЫХ ЗАДАЧ ДЛЯ НЕОДНОРОДНОГО ПОКРЫТИЯ

В.В. Можаровский, Е.М. Березовская

*Гомельский государственный университет им.Ф.Скорины, Беларусь*

Интерес к разработке проблем моделирования нестационарного деформирования, прочности тонкостенных и стержневых конструкций непрерывно возрастает, так как пластины, оболочки и стержневые элементы являются основными несущими элементами конструкций авиационной и космической техники. На современном этапе развития всё чаще используются численные методы, обладающие возможностью получать решения практически любых задач с некоторой заданной точностью. Для применения этих методов необходимо получить основные аналитические зависимости и разработать алгоритмы.

Приводится методика исследования напряженно-деформированного состояния (НДС) экспоненциально-неоднородной ортотропной полосы при действии прилагаемых усилий. Пусть бесконечная упругая ортотропная экспоненциально-неоднородная полоса свободно без трения лежит на жестком основании. Требуется найти НДС этой полосы при действии нормальных и касательных сил.

Граничные условия задаются в виде

- для верхней границы полосы                      - для нижней границы при  $y=h$

$$\sigma_y|_{y=0} = \theta_1, \quad \tau_{xy}|_{y=0} = \theta_2; \quad \partial v/\partial x|_{y=h} = 0, \quad \tau_{xy}|_{y=h} = 0.$$

$$\text{Здесь } \theta_1 = \begin{cases} p(x), & \text{при } |x| \leq a \\ 0, & \text{при } |x| > a \end{cases}, \quad \theta_2 = \begin{cases} q(x), & \text{при } |x| \leq a \\ 0, & \text{при } |x| > a \end{cases},$$

$a$  – полуширина площадки контакта,  $h$  – толщина полосы. При действии нормальных сил  $\theta_2 = 0$ , а касательных сил  $\theta_1 = 0$ .

Решение исходной задачи ищется с помощью функции Эри, которая в нашем случае удовлетворяет уравнению совместности [1]. Решение последнего при действии симметричных нормальных усилий представляется в виде

$$\Phi(x, y, k, l) = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} (A(\alpha) \cosh(\alpha t_2 y) + B(\alpha) \cosh(\alpha t_4 y) + N(\alpha) \sinh(\alpha t_2 y) + K(\alpha) \sinh(\alpha t_4 y)) \frac{\cos \alpha x}{\alpha^2} d\alpha, \quad (1)$$

где  $k, l$  – параметры неоднородности материала,  $t_i$  ( $i=2,4$ ) – корни соответствующего характеристического уравнения. Коэффициенты  $A(\alpha), B(\alpha), N(\alpha), K(\alpha)$  определяются исходя из граничных условий, при этом действующие усилия представляются интегралом Фурье. Если нормальная нагрузка равномерно распределена  $p(x) = P_0 = \text{const}$ , то преобразование Фурье примет вид  $\check{p}(\alpha) = P/\pi a \times \sin(\alpha a)/\alpha$ ; а при действии сосредоточенной силы  $P\delta(x)$  имеем

$$\check{p}(\alpha) = P/\pi \int_{-\infty}^{\infty} \delta(x) \cos \alpha x dx = P/\pi \quad (\delta(x) - \text{дельта-функция}).$$

При действии касательных усилий  $q(x) = fp(x)$ , где  $f$  – коэффициент трения, следует заменить в (1)  $\cos(\alpha x)$  на  $\sin(\alpha x)$  и к граничным условиям применить косинус-преобразование Фурье

$$\check{q}(\alpha) = 2/\pi \int_0^{\infty} q(x) \cos(\alpha x) dx.$$

Для действительных корней  $t_i$  ( $i=2,4$ ), учитывая вышесказанное, например, формулы для перемещений  $v$  по оси  $Oy$ , имеют вид  
- при действии нормальных сил

$$v = \frac{e^{kx+ly}}{\pi} \int_0^{\infty} (AQ_2(\alpha)\rho_2(\alpha, y) + BQ_4(\alpha)\rho_4(\alpha, y) + NQ_2(\alpha)r_2(\alpha, y) + KQ_4(\alpha)r_4(\alpha, y)) \cos \alpha x da + q(x), \quad (2)$$

где  $Q_i = P_i / (l^2 - \alpha^2 t_i^2)$ ,  $\rho_i(\alpha, y) = l \cosh(\alpha t_i y) - \alpha t_i \sinh(\alpha t_i y)$ ,  
 $r_i(\alpha, y) = l \sinh(\alpha t_i y) - \alpha t_i \cosh(\alpha t_i y)$ , ( $i = 2, 4$ );

- при действии касательных сил в (2) необходимо заменить  $\cos(\alpha x)$  на  $\sin(\alpha x)$  с учетом новых значений коэффициентов  $A, B, N, K$ .

Полученные результаты согласуются с результатами из [2] для однородной полосы и результатами из [1] для случая неоднородной полуплоскости.

### Литература

1. Bikartas I. The contact problem of an orthotropic non-homogeneous elastic half space// Int.J. Eng. Sci. 22, 1984. – 347-359С.
2. Можаровский В.В., Старжинский В.Е. Прикладная механика слоистых тел из композитов: Плоские контактные задачи. Минск: Наука и техника, 1988. – 271с.

УДК 004.9

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КООРДИНАЦІЇ СТРУКТУРИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ СОЦІОГІГІЄНИЧНОГО МОНІТОРИНГУ

<sup>1</sup>С.В. Голуб, <sup>2</sup>В.Ю. Немченко

<sup>1</sup>Черкаський національний університет ім. Б. Хмельницького, Україна

<sup>2</sup>Черкаський державний технологічний університет, Україна

При забезпеченні інформацією процесу прийняття рішень, використовуються моніторингові системи. Для моделювання властивостей, закономірностей об'єкту моніторингу використовуються інформація, отримана в результаті збору числових характеристик даного об'єкту. Складна моніторингова система потребує декомпозиції глобальної задачі системи, оскільки складність завдання таких систем перевищує можливість існуючих методів.

При застосуванні декомпозиції глобальної задачі, складна інформаційна система багаторівневого перетворення інформації (ІСБП) складається з сімейства моделей, кожна з яких розглядає поведінку системи з різних точок абстрагування.

Розробка технології соціогігієнічного моніторингу проводиться з метою забезпечення прийняття рішень в організації навчального процесу. Інформаційні системи соціогігієнічного моніторингу дозволяють спроектувати навчальний процес загальноосвітніх шкіл на основі інформації про умови навчання, фізичний та психологічний стан учнів, а також особливостей їх виховання [1].

Глобальна функція перетворення інформації:

$$Z = f(X), \quad (1)$$



де  $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_n\}$  – вектор показників інтелектуального стану учня,  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  вектор характеристик умов навчання.

Структура підсистеми перетворення інформації формується шляхом ієрархічного поєднання моделей об'єктів моніторингу, які використовуються в якості типових агрегатів. Підвищення ефективності координації структури інформаційної системи соціогігієнічного моніторингу досягається шляхом застосування нового методу формування структури, що називається адаптивне формування дублюючих рівнів. Процес формування адаптивних дублюючих рівнів при перетворенні інформації окремої страти висхідним синтезом елементів полягає у виключення із вищого дублюючого рівня тих елементів, значення критерію регулярності яких гірша за значення цього критерію на попередньому рівні. При цьому побудова дублюючих рівнів відбувається до тих пір, поки характеристики вихідних сигналів покращуються [2].

В табл. 1 подані результати побудови моделей багаторівневих ієрархічних систем без дублювання рівнів, з дублюванням рівнів та з адаптивним дублюванням рівнів. При побудові моделей використовувався багаторядний алгоритм МГУА [3] в якості опорних функцій використовувався лінійний поліном.

Таблиця 1. Результати випробувань

Змодельований показник	Значення критерію регулярності, %		
	Без дублювання рівнів	З дублюванням рівнів	З адаптивним дублюванням рівнів
Реактивна тривожність (y02)	29,00	27,50	22,27
Особистісна тривожність (y03)	16,14	15,11	13,15
Загальна тривожність у школі (y04)	26,92	23,96	22,86
Переживання соціального стресу (y05)	28,87	28,13	22,54
Фрустрація потреби в досягненні успіху (y06)	19,35	17,18	13,76
Страх самовираження (y07)	33,91	33,52	31,95
Страх ситуації перевірки знань (y08)	35,37	33,20	32,54
Страх невідповідності очікуванням оточуючих (y09)	37,03	36,21	36,20
Річна успішність (z_01)	11,77	11,46	10,89

Таким чином, застосування методу адаптивного формування дублюючих рівнів в порівнянні із методом дублюючих рівнів дозволяє знизити значення критерію регулярності результатів моделювання в середньому на 9,2 %.

## Література

1. Голуб С.В., Сисоєнко Н.В., Немченко В.Ю. Інформаційна технологія соціогігієнічного моніторингу // Обчислювальний інтелект (результати, проблеми, перспективи). – 2011. – С. 297.
2. Голуб С.В. Адаптивне формування дублюючих рівнів в структурі ієрархічних систем багаторівневого соціогігієнічного моніторингу / Голуб

- С.В., Немченко В.Ю. // Індуктивне моделювання складних систем. – 2011. – Вип. 1. – С. 41-48.
3. Ивахненко А.Г., Степашко В.С. Помехоустойчивость моделирования. – К.: Наук. думка, 1985. – 216 с.

УДК 004.9+681.5.017

## **ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПРОЦЕСУ МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ УПРАВЛІННІ МОБІЛЬНИМ РОБОТОМ**

<sup>1</sup>С.В. Голуб, <sup>2</sup>В.В. Немченко

<sup>1</sup>*Черкаський національний університет ім. Б. Хмельницького, Україна*

<sup>2</sup>*Київський національний авіаційний університет, Україна*

Створення нового покоління мобільних роботів, що володіють високою маневреністю й інтелектуальними властивостями, продовжує залишатися одним із пріоритетних напрямків розвитку сучасної техніки [1].

Заради автономності в невизначеному наперед середовищі, мобільні роботи повинні володіти досить суттєвими інтелектуальними можливостями. Наявність яких передусім пов'язане з необхідністю швидко змінювати траєкторії й параметри руху, стратегію поведінки з метою пристосування до умов функціонування. Очевидно, що для реалізації зазначених функцій необхідно наділяти мобільний робот властивостями адаптації й навчання (самонавчання), причому не тільки в процесі прийняття рішення, але й на етапах обробки інформації. При цьому ключова роль відводиться саме процесу обробки вхідної інформації та прийняттю на її основі потрібного рішення [2].

З цією метою було запропоновано використовувати багаторівневу систему перетворення форми інформації при управлінні мобільним роботом [3] з висхідним методом координації її структури [4], метод групового врахування аргументів та нейронні мережі з метою побудови моделей елементів структури перетворення інформації.

В процесі її побудови, необхідно враховувати, що інформація, отримана з навколишнього середовища, може носити частковий характер. Тобто її може бути недостатньо для формування моделей необхідної якості.

В таких умовах стоїть завдання пошуку шляхів підсилення різноманітності засобів перетворення інформації. Тобто необхідно підсилити здатність засобів формування структури підсистеми перетворення інформації відтворювати інформацію, якої нестачає в первинному, описі за рахунок підвищення ефективності формування зв'язків між елементами цієї структури.

В роботі [5] було запропоновано використовувати принцип рециркуляції при формуванні багат шарових технологій синтезу окремих моделей. При якому кількість інформації, відображеної в моделі, збільшується шляхом використання результатів моделювання як додаткового параметра первинного опису та повторення процесу синтезу моделі за одним і тим же алгоритмом.

На основі даного принципу була запропонована технологія дублювання рівнів структури підсистеми перетворення інформації [6].

Її суть полягає в тому, що вихідні сигнали агрегатів (моделей елементів) нижчого рівня подаються на вхід агрегатів вищого рівня, вихідні параметри якого дублюють виходи агрегатів попереднього рівня.

На рис. 1 подана обчислювальна технологія процесу формування дублюючих рівнів.

Передбачається, що багаторівнева система перетворення інформації для формування рішення оперує даними, отриманими з зображень за допомогою методів стерео зору [7,8], а саме: карти глибини – зображення, на якому для кожного пікселя, замість кольору, зберігається його відстань до камери.

Карта глибини може бути отримана за допомогою спеціальної камери глибини, або (як в даному випадку) – по стереопарі зображень.

Для забезпечення процесу прийняття рішення при управлінні мобільним роботом, пропонується розділити карту глибини на фрагменти з кроком  $d$  і шириною  $b + \Delta b$ , де  $b$  – ширина робота, а  $\Delta b$  – безпечний зазор для проходу робота.

Далі, отримані фрагменти оцінюють в діапазоні від 0 до 1, де 0 – наявність неприпустимої перешкоди, а 1 – її відсутність.

Крім того, до даних додають значення відхилення кожного фрагменту від центру зображення. Це необхідно для того, щоб мати можливість з кількох фрагментів без перешкод вибрати найближчий до робота, для забезпечення швидшої реакції на перешкоду.

Таким чином глобальна функція багаторівневої системи перетворення форми інформації, може бути представлена у вигляді залежності

$$Z = f(X), Y = f(X), X \in \{D, z\},$$

де  $D$  – карта глибини зображення, представлена у вигляді одновимірною масиву,  $z$  – коефіцієнт відхилення від центральної осі зображення,  $Y$  – оцінка фрагменту.

Для побудови моделей багаторівневої системи перетворення інформації з метою підтвердження застосованої технології дублювання рівнів було проведено експеримент, в результаті якого було отримано та оцінено кілька десятків фрагментів карт глибини для перешкод різного типу.

У таблиці 1 подано результати дослідження значення оцінки критерію регулярності моделей з використанням дублюючих рівнів на основі даних проведеного експерименту.

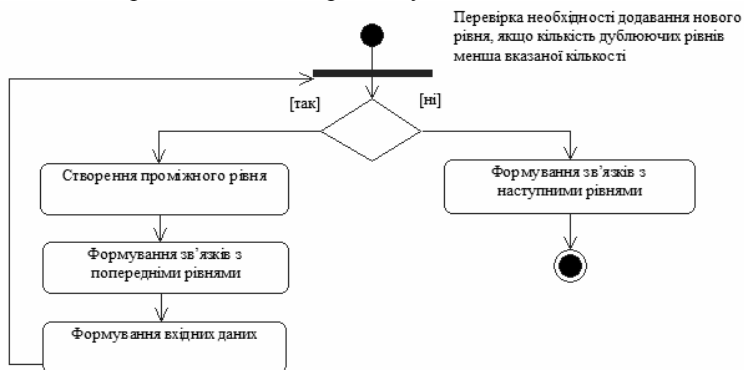


Рис. 1. Обчислювальна технологія процесу формування дублюючих рівнів

Таблиця 1. Результати дослідження значення критерію регулярності моделей з використанням дублюючих рівнів

Вихідний сигнал (параметр)	Критерій регулярності, %					
	Початкового рівня	1-го дублюючого рівня	2-го дублюючого рівня	3-го дублюючого рівня	4-го дублюючого рівня	5-го дублюючого рівня
Фрагмент 1	17,60	14,34	13,66	10,61	10,26	10,03
Фрагмент 2	15,86	13,70	12,49	10,19	10,06	10,46
Фрагмент 3	14,35	15,47	12,79	12,39	12,39	11,83
Фрагмент 4	17,97	16,78	14,48	13,66	13,08	13,03
Фрагмент 5	19,26	17,53	15,50	14,78	14,06	14,31
Фрагмент 6	20,15	18,06	15,95	14,85	14,18	14,86
Фрагмент 7	19,49	17,69	16,18	15,50	14,54	14,46
Фрагмент 8	17,87	15,91	13,58	13,46	12,82	12,40
Фрагмент 9	18,41	16,32	14,29	13,21	12,99	11,94

Таким чином, результати експерименту дозволяють стверджувати, що використана технологія дублювання рівнів структури підсистеми перетворення форми інформації при управлінні мобільним роботом дозволяє поступово знизити значення критерію регулярності, тобто покращити вихідні показники системи в цілому.

## Література

1. Теоретические основы робототехники. В 2 кн. / А.И. Корендясев, Б.Л. Саламандра, Л.И. Тывес, отв. Ред. С.М. Каплунов; Ин-т машиностроения им. А.А. Благодрава РАН. – М.: Наука, 2006. – Кн1. – 383с.
2. Ahmed Philip Chen CJL. An Efficient Obstacle Avoidance Scheme in Mobile Robot Path Planning using Polynomial Neural Networks // Proc. of the IEEE National Aerospace and Electronics Conf. – 1993. – 2. – P. 848-850.
3. Немченко В.В. Багаторівневі системи прийняття рішення в робототехніці / В.В. Немченко // «Обработка сигналов і негаусівських процесів»: наук.–практ. конф.: тези допов. – Ч.: ЧДТУ, 2011. – С. 211–212.

4. Голуб С.В. Координація взаємодій локальних агрегатів в структурі систем багаторівневого перетворення моніторингової інформації / С.В. Голуб // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2009. – № 6(136). – Частина 1. – С. 325–329.
5. Голуб С.В. Використання аналогії при проектуванні багаторівневих технологій інформаційного моделювання / С.В. Голуб // Вісник Черкаського державного технологічного університету. – 2007. – № 3–4. – С. 69–71.
6. Голуб С.В. Формування дублюючих рівнів в ієрархічних структурах автоматизованих систем багаторівневого перетворення інформації / Голуб С.В., Немченко В.В., Нечипоренко В.Ю. // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2011. – №9. – С. 294–297.
7. R. Hartley, Andrew Zisserman Multiple View Geometry in Computer Vision Second Edition. – Cambridge University Press, 2004.
8. Bradski G. Learning OpenCV / Bradski G., Kaehler A. – O'Reilly Media, 2008. – 580с.

УДК 004.946

## **ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ ВЕДЕННЯ ДОГОВОРІВ МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ**

М. О. Сперкач, С. Т. Даниш

*Національний Технічний Університет України «Київський Політехнічний Інститут», Україна*

Система ведення договорів призначена для автоматизації діяльності підприємства, тому, останнім часом все більше підприємств усвідомлюють необхідність впровадження даної системи за для поліпшення контролю та прискорення бізнес-процесів, можливості їх відстеження та отримання метрик, що характеризують якість виконання бізнес-процесів.

У своїй договірній роботі організація може зіткнутися з деякими істотними проблемами: відсутністю стандартного підходу до процесу ведення роботи з договорами; неможливістю оперативного доступу до оригіналу договору і супроводжуючим документам; тривалим процесом узгодження договорів; відсутністю достовірної інформації про зміни умов договору та про виконання зобов'язань; відсутністю єдиного корпоративного репозитарію, забезпечує зберігання всіх документів, пов'язаних з виконанням договірних зобов'язань.

Ефективна робота з договорами дає такі переваги, як скорочення витрат на оперативну роботу з договорами, чіткий розподіл і закріплення відповідальності за складання, висновок і виконання договору, збереження договорів та супутніх документів, оперативна оцінка доцільності угод.[1]

Велика увага в даний час приділяється договірним процесам на підприємствах. Ця предметна область розглядається в роботах вчених і

фахівців-практиків Антонової З.Г., Несмеянова Є.І., Хомініч І.П., Шиткіна І.С. та інших.

Питанням розробки та аналізу характеристик інформаційних систем і моделювання бізнес-процесів в рамках окремих одиниць присвячені роботи С.В. Баранова, Г. Буча, А.А. Ємельянова, Є.М. Єфімова, С.М. Щербакова та інших.[2]

Однак, незважаючи на велику увагу, яку приділяють договірним процесам на підприємствах, нами не виявлено досліджень, математичного аналізу і моделювання процесів ведення договірної діяльності на підприємствах.

Математичне моделювання дозволяє до створення реальної системи (об'єкта) або виникнення реальної ситуації розглянути можливі режими роботи, вибрати оптимальні керуючі впливи, скласти об'єктивний прогноз майбутніх станів системи.

Обчислювальні експерименти, проведені на основі математичних моделей, допомагають побачити за приватним загальне, розвинути універсальні методи аналізу об'єктів різної фізичної природи, пізнати властивості досліджуваних процесів і систем.

Розглянемо математичне моделювання системи ведення договорів на основі ансамблю квазіперіодичних джерел. Перерахуємо деякі з основних факторів, які можуть викликати у системі фрактальні випадкові процеси: поведінка користувача; генерація структури і пошук даних; об'єднання договорів; засоби управління системою; механізми управління, засновані на зворотному зв'язку; розвиток системи.

Розглянемо генерацію системи, як сукупність незалежних парціальних джерел. Проведемо моделювання парціального джерела системи, як джерела періодичного або квазіперіодичного сигналу зі значеннями амплітуди  $A(t)$  і частоти  $\omega$ , еквівалентними статистичними параметрами системи парціальних джерел при постійному навантаженні.

Математичну модель, що описує синтез системи в результаті злиття безлічі парціальних джерел, з урахуванням роботи протоколу TCP з управління навантаженням, можна представити у вигляді розкладання в ряд Фур'є, квазіперіодичною, формованої багатьма парціальними джерелами навантаження.

$$C(\tau_i) = \sum_{k=1}^{N_1} A_k(\tau_i) \cdot e^{j\varphi_{ik}} \quad (1)$$

Однак говорити про запропоновану модель, як про модель системи, що володіє властивостями самоподібності, повною мірою не можна, хоча експериментально показано, що дана модель може характеризуватися масштабною інваріантністю статистичних характеристик і повільно спадною залежністю (ПСЗ) авто кореляційної функції.

Випадкова величина  $Z$ , що характеризується ПСЗ, найчастіше володіє розподілом з так званим «важким» хвостом, яке можна представити аналітично як

$$P[Z > x] \approx cx^{-a}, x \rightarrow \infty \quad (2)$$

називається індексом хвоста або параметром форми;  $c$  - позитивна константа. Для опису процесів в автоматизованих системах в якості таких розподілів найчастіше використовують розподіл Парето або Вейбулла, що володіє перерахованими властивостями.

Описана модель зручна для аналізу причин виникнення збоїв у системі за рахунок роботи механізмів управління.

### Література

1. Система ведення договорів і контролю документів для генпідрядної організації на базі програмного забезпечення Primavera Expedition [Електронний ресурс]: (підсумки 8-ї Міжнар. конф. «Автоматизовані системи підприємства») / М.Т. Локонов, М.М. Бровкін // Бібліотечний вісник. – 2011. – № 3. – С. 72. – Режим доступу до журн.: [http://cased.ru/doc\\_b2\\_186\\_cased.html](http://cased.ru/doc_b2_186_cased.html). – Назва з екрана.
2. Баранова С.В. Моделирование бизнес процессов [Текст] / С.В. Баранова. – М. : Наука, 1999. – 351 с.

УДК 519.876.5; 656.072

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА СРЕДСТВАМИ GPSS

В.Н. Томашевский, Т.О. Морозовский, К.О. Лукьяненко  
*НТУУ «КПІ», Україна*

Транспортная система является одной из важнейших составляющих экономики любого города. Системными проблемами развития транспорта являются низкое качество обслуживания населения общественным транспортом и недостаточная эффективность использования транспортной системы, особенно в больших городах. Одним из путей повышения эффективности является моделирование городских транспортных сетей и на основе его результатов выдача соответствующих рекомендаций по ее улучшению.

При создании близких к реальности моделей систем пассажирского транспорта необходимо учитывать ряд усложняющих факторов, среди которых:

- временные характеристики движения транспорта и кинетики пассажиров;
- изменение интенсивности прибытия пассажиров на остановки в зависимости от времени суток;

- проблема, связанная с тем, что и транспортные средства, и пассажиры, ими перевозимые, являются движущимися объектами (транзактами).

В работе [1] были сформулированы гипотезы и выведены общие уравнения временных характеристик движения транспорта и уравнения кинетики пассажиров:

- временные параметры движения экипажей на линии;
- возможные отклонения от запланированного времени прибытия транспортного средства на остановку и связанное с этим изменение числа пассажиров, ожидающих на остановке;
- изменение во времени заполнения транспортного средства;
- перемещение пассажиров внутри транспортного средства (смещение в зону с меньшей плотностью, стремление приблизиться к объектам притяжения – дверям, кабине водителя и т.п.);
- влияние движения пассажиров внутри транспортного средства на время стоянки;
- зависимость скорости посадки (высадки) от скопления пассажиров на остановке и от заполненности транспортного средства.

Применение этих результатов при разработке GPSS-моделей позволит получать более реалистичные модели.

В зависимости от целей моделирования (например, если от модели требуется определить стратегию выпуска на линии транспортных средств – расписание их движения) в модели может потребоваться учёт изменения интенсивности прибытия пассажиров на остановки в зависимости от времени суток. Эта интенсивность является функцией от модельного времени [2]. Стоит отметить, что в некоторых случаях (например, если целью моделирования является определение максимального числа транспортных средств на маршрутах) учёт изменения интенсивности прибытия пассажиров на остановки может и не требоваться, поскольку моделирование будет проводиться только для часа пик.

В большинстве работ по пассажироперевозкам принято моделировать подвижный состав многоканальными системами обслуживания. Это целесообразно только при аналитическом моделировании. Имитационная модель должна отображать структуру моделируемого объекта, в которой транспортные средства являются динамическими объектами, так же как и пассажиры. Проблема заключается в том, как посадить динамический объект пассажира на динамический объект транспортное средство, которое движется между остановками.

Модель, построенная на языке GPSS, представляет собой набор блоков, между которыми по определённым правилам перемещаются движущиеся объекты – транзакты. Сложность построения модели



функционирования пассажирского транспорта средствами GPSS состоит в том, что как транспортные средства, так и пассажиры в ней представляются транзактами, и необходимо смоделировать перемещение одних транзактов другими. Для этого в GPSS применяются списки пользователей. Списки пользователей позволяют заблокировать транзакт до тех пор, пока он не будет «выпущен» обратно в модель (блоки LINK и UNLINK соответственно) [3].

Предлагаемый подход был предложен в работе [3] и рассматривался в некоторых публикациях – в частности в работе [4], в которой использовался единственный список пользователя для всех транзактов-пассажиров. Это не удовлетворяет принципу соответствия модели и системы: в реальности на каждой из остановок пассажиры ожидают прибытия транспорта отдельно от пассажиров на других остановках. Кроме того, использование единой очереди для пассажиров на всех остановках может привести к большему числу вычислений во время моделирования, поскольку приведёт к необходимости каждый раз во время прибытия транспортного средства на остановку выбирать из этой очереди именно тех пассажиров, которые ожидают на данной остановке, и никаких других. В отличие от подхода, рассмотренного в работе [4], предполагается использование отдельного списка пользователя для каждой остановки транспорта.

Данный подход к моделированию движения пассажирского транспорта средствами GPSS основывается на следующих положениях:

- каждая остановка имеет свой уникальный идентификатор и соответствующий ему список пользователя для хранения ожидающих на этой остановке транзактов-пассажиров;
- все пассажиры в данной модели представляются транзактами, и во время прибытия пассажира на остановку транзакт помещается в соответствующий этой остановке список пользователя;
- каждое транспортное средство представляется транзактом и имеет свой уникальный список пользователя, в котором хранятся транзакты-пассажиры, находящиеся в транспортном средстве;
- остановка, на которой транспортное средство находится в некоторый момент времени, определяется одним из параметров соответствующего транзакта;
- остановка, на которой пассажир покинет транспортное средство, хранится в одном из параметров его транзакта, либо может быть вычислена из них;
- если на момент прибытия транспортного средства на некоторую остановку в списке пользователя этого транспортного средства обнаруживаются транзакты-пассажиры, которые «выходят» на

данной остановке, они высвобождаются из этого списка пользователя;

- если после прибытия транспортного средства на остановку и высадки пассажиров в списке пользователя данной остановки обнаруживаются транзакты-пассажиры, желающие и имеющие возможность войти в данное транспортное средство, они извлекаются из списка пользователя этой остановки и помещаются в список пользователя данного транспортного средства;
- для получения доступа к нужному списку пользователя (остановки или транспортного средства) используется косвенная адресация, что позволяет моделировать транспортную сеть в виде виртуальных узлов, уменьшив объем кода GPSS-программы.

Рассмотрим данный подход на следующей упрощенной модели. В ней предполагается, что 15 транспортных средств – микроавтобусов – двигаются по кольцевому маршруту, включающему в себя 10 остановок, на каждую из которых пассажиры прибывают в соответствии с экспоненциальным законом распределения со средним значением 2 минуты. Каждый вошедший в микроавтобус пассажир может проехать от 3 до 7 остановок, время движения микроавтобуса между каждой парой остановок на этом кольцевом маршруте равномерно распределено в интервале  $5 \div 8$  минут.

Для моделирования этой транспортной системы был применен описанный выше подход. В модели было использовано 25 списков пользователя: 15 списков (с номерами от 1 до 15), соответствующих микроавтобусам, каждый из которых «хранит» пассажиров, находящихся в данном транспортном средстве, и 10 списков (с номерами от 16 до 25), соответствующих остановкам, в которых транзакты-пассажиры «ожидают» прибытия транспортного средства. Для обращения к этим спискам была использована косвенная адресация.

На рис. 1 представлена гистограмма времени нахождения пассажиров в пути ( $T_1$ ) при моделировании 16000 часов непрерывной работы системы пассажирского транспорта (столь большое время моделирования было выбрано с целью получения гистограммы, максимально точно отображающей распределение времени поездки пассажиров). По оси ОХ – время нахождения пассажиров в пути (в секундах); по оси ОУ – количество пассажиров, которые находились в пути данное количество времени (ширина одного столбца гистограммы соответствует 10 секундам)

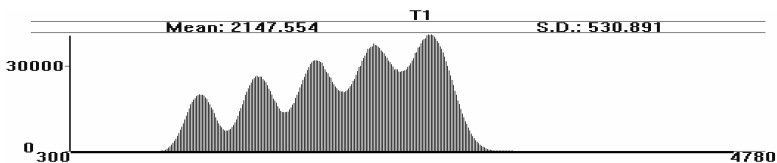


Рис. 1. Гистограмма времени нахождения пассажиров в пути

Пики на представленной выше гистограмме соответствуют количеству остановок (3, 4, 5, 6 или 7), которые проехал пассажир. Так, для трех остановок среднее время поездки пассажира составляет  $3 \cdot \frac{5+8}{2} \cdot 60 = 1170$  секунд, что соответствует координате  $X$  вершины первого пика на рис. 1.

### Литература

1. Регирер С. А., Смирнов Н. Н., Ченчик А. Е. Математическая модель взаимодействия движущихся коллективов: общественного транспорта и пассажиров [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.mathnet.ru/links/a61e0e7fb6004fe9e59bb923c0330134/at1021.pdf>
2. Кельтон В., Лоу А. Имитационное моделирование. Классика CS. 3-е изд. – СПб.: Питер; Киев: Издательская группа BHV, 2004. – 847 с.
3. Томашевский В., Жданова Е. Имитационное моделирование в среде GPSS. – М.:Бестселлер, 2003. – 416 с.
4. Матвеева М.В., Стоянченко С.С., Мозжухина Г.Л. Имитационная модель маршрута городского пассажирского транспорта [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://archive.nbuv.gov.ua/portal/Soc\\_Gum/vsunu/2011\\_14/Matveeva.pdf](http://archive.nbuv.gov.ua/portal/Soc_Gum/vsunu/2011_14/Matveeva.pdf)

УДК 519.866:004.83

## АГЕНТНАЯ МОДЕЛЬ СТАДНОГО ПОВЕДЕНИЯ НА ФИНАНСОВЫХ РЫНКАХ

С.В.Солодухин

*Запорожская государственная инженерная академия, Украина*

Концепции классической теории функционирования финансовых рынков сосредоточены на анализе фундаментальных факторов, однако практически не рассматривают поведенческие аспекты принятия решений экономическими агентами. Безусловными преимуществами классической теории финансов остаются внутренне согласованная методологическая основа и непротиворечивость взаимосвязанного комплекса выводов, методик и рекомендаций, альтернативы которым еще не разработано, что в значительной степени объясняет широкое использование классических моделей на практике. В настоящее время наблюдается усложнение основ функционирования финансовых рын-

ков, что проявляется в уменьшении значимости фундаментального и технического анализа рынка. Для агентов, принимающих решения на финансовых рынках становится характерным массовое стадное, подражательное поведение, связанное с ограниченной информированностью экономических агентов [1], что может приводить к негативным последствиям - образованию финансовых «пузырей», падению индексов финансовых рынков, банкротству компаний.

Стоит отметить, что в настоящее время в современной экономической литературе уделяется значительное внимание изучению феномена иррациональных мотивов при принятии решений агентами на финансовых рынках в условиях ограниченной информированности. Аспекты коллективного поведения агентов исследовано в работах Х. Лебенстайна, Л. Фестингера, И. Джанис, М. Грановеттера, нобелевских лауреатов Г. Саймона, Д.Акерлофа, Д. Стиглица, Т. Шеллинга, Д. Канемана, изучающих информационный и психологический влияние на принятие решений экономическими агентами. В последние годы активно развивается рефлексивный агентно-игровой подход в исследовании процессов принятия решений трейдерами на финансовых рынках, который описан в работах С. Бикчандани, А. Банерджи, Дж. Сороса, Д. Сорнетте, Лефевра В.А., Новикова Д.А., Чхартишвили А.Г., Лепы Р.Н. и др.

Стадное поведение можно определить [2] как стратегию, которая заключается в подражании поведения более опытных и авторитетных участников рынка или присоединения к господствующему на рынке тренда под воздействием ряда поведенческих факторов: недооценка собственных аналитических способностей и переоценка аналитических способностей других инвесторов, чрезмерные опасения относительно нанесения вреда собственной репутации, переоценка достоверности и важности информации, которой обладают другие участники рынка, ограниченность времени и имеющихся ресурсов для поиска информации и т.п.

Для моделирования таких рыночных взаимодействий предлагается использовать аппарат агентного моделирования [3] – активно развивающегося направления имитационного моделирования сложных адаптивных систем. Для описания поведения отдельного трейдера будем использовать терминологию и свойства агентных систем: агенты – это автономные объекты, которые могут самостоятельно реагировать на внешние события и выбирать соответствующие действия.

Основные свойства агента достаточно описывают поведение трейдера на финансовом рынке:

- автономность (агент – самостоятельная единица, ставящая себе цели и реализующая их достижение);
- адаптивность (способность агента к обучению);

- коллаборативность (взаимодействие с другими агентами);
- коммуникативность (способность агентов общаться между собой);
- склонность к рассуждениям (генерирование решений на основе логического вывода).

На финансовых рынках взаимодействие экономического агента с средой выражается в восприятии и анализе внешних новостей, аналитических отчетов, слухов, влияющих на решение агента относительно покупки/продажи некоторого актива с определенным уровнем доверия. Взаимодействие с другими агентами выражается в наблюдении трейдера за принятыми решениями других агентов и степени склонности к стадному поведению.

Инвестиционную стратегию трейдеров на финансовом рынке можно выразить на основе агентной модели, построенной на базе модификации физической модели Изинга [4]:

$$S_i(t) = \text{sign} \left\{ V_i(t) + g_i G(t) + \sum_{j=1}^{N_i} K_{ij} S_j(t) + \varepsilon(t) \right\}, \quad (1)$$

согласно которой возможно решение агента относительно операции с определенным активом в момент времени  $t$  рассматривается как «покупать  $S_i(t)=1$ , «продавать»  $S_i(t)=-1$  или «выжидать»  $S_i(t)=0$ . На принятие решения  $i$ -м агентом влияют собственные априорные ожидания относительно данного актива  $V_i(t)$ , внешний фон (новости, отчеты, слухи) на рынке  $G(t)$ , а также шум  $\varepsilon(t)$ . В условиях ограниченной информации важным фактором повышения обоснованности решения выступают сигналы внешнего окружения агента, т.е. действия других агентов  $S_j(t)$  относительно данного актива и уровень доверия к ним  $K_{ij}$ , который является мерой имитации или стадности:

$$K_{ij}(t) = \beta_i + \beta K_{ij}(t-1) + \beta_{iG} G(t-1), \quad (2)$$

где  $\beta_i$  показывает, насколько агент подвержен влиянию стадности,  $\beta$  выражает влияние предыдущих решений,  $\beta_{iG}$  отражает чувствительность агента к внешним новостям.

Будущее изменение цены актива пропорционально сумме решений агентов относительно данного актива, то есть

$$P(t+1) = P(t) e^{-\sum S_i(t)/N} \quad (3)$$

Другими словами, лучшее инвестиционное решение для трейдера состоит в том, чтобы принять его на основе собственных ожиданий, влияния внешних новостей, решений большинства соседей с определенной степенью неопределенности (шумом). По результатам моделирования установлено, что существует определенный критический уровень стадности  $K_c$ , меньше которого для агентов присущи низкая чув-

ствительность к незначительным возмущениям, имитация распространяется только между близкими соседями. При увеличении уровня стадности и приближении его к  $K_c$  трейдеры становятся чрезвычайно чувствительны к малым возмущениям, рынок становится когерентным, обладающим длительной памятью, агенты соглашаются друг с другом, формируя большие кластеры продавцов или покупателей, что может вызвать значительные критические колебания рынка: образование и разрушение финансовых «пузырей».

Анализ проведенного агентного моделирования взаимодействия трейдеров на финансовом рынке дает основания для следующих выводов: во-первых, формирование каскадов заявок на покупку (продажу) актива увеличивается с ростом коэффициента стадности и вмешательством в процесс принятия решений информированных агентов (экспертов), во-вторых, образованные каскады заявок влияют на изменение цен. Локальные каскады приводят к «спокойному» типу рынка с незначительными колебаниями цен актива. При увеличении неопределенности для агентов характерно повышение значимости иррациональных факторов в принятии решений, что выражается в модели ростом коэффициента стадности. При этом участники рынка становятся невосприимчивы к внешним новостям, а поддерживают доминирующий тренд. В этом случае каскады формируются быстрее, особенно с участием экспертов, ценовая волатильность увеличивается и появляется вероятность образования спекулятивных финансовых пузырей.

Таким образом, проблема повышения информированности при принятии решений на финансовых рынках является актуальной и требует разработки соответствующих моделей, учитывающих как традиционные рациональные факторы при информационном обеспечении сделок, так и нерациональные, в том числе уровень стадности особенно в условиях неопределенности и недостаточной информированности. Использование агентного моделирования позволяет описать процессы рыночного взаимодействия трейдеров на финансовых рынках, исследуя при этом проявление стадного поведения и его влияния на динамику основных рыночных показателей.

## **Литература**

1. Bikhchandani S. Herd Behavior in Financial Markets: A Review/ S. Bikhchandani, S. Sharma // IMF Working paper.–2001.–Vol. 47. No 3.– P.279-310.
2. Солодухин С.В. Принятие решений на финансовых рынках в условиях стадного поведения агентов // Рефлексивные процессы в экономике: концепции, модели, прикладные аспекты: моногр. / под ред. Р.Н. Лепы; НАН Украины, Ин-т экономики пром-сти. – Донецк: АПЕКС, 2012. – с.218-235.
3. Борщёв А.В. От системной динамики и традиционного ИМ – к практическим агентным моделям: причины, технология, инструменты // URL: <http://www.gpss.ru/paper/borshevarc.pdf>.

4. Zhoë W.X. Self-fulfilling Ising Model of Financial Markets // W.X. Zhoë, D.Sornette. // European Physical Journal.– 2007. – В 55(2). – P. 175-181.

УДК 681.32.019.3

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ АЛГОРИТМА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И НАДЕЖНОСТИ АПС-ЭГ СРЕДСТВАМИ ПАКЕТА MATLAB SIMULINK**

А. А. Муха

*Институт проблем математических машин и систем НАНУ, Украины*

В рамках разработки автоматической переездной сигнализации АПС-ЭГ [1], с целью повышения уровня безопасности и надежности одним из необходимых этапов является проведение предварительного моделирования ее функционирования и надежности. Так как сегодня вычислительные комплексы и сети становятся мощными средствами для исследования сложных систем с использованием технологий имитационного моделирования [2], было проведено моделирование системы АПС-ЭГ. Целью моделирования системы являлось исключение из ее алгоритма работы конфликтных состояний, которые могут возникнуть вследствие отказов элементов системы или подачи ложной информации вследствие их неисправности. Также осуществлена отладка внедренных методов обеспечения отказоустойчивости и гарантоспособности, среди которых:

- определение «подозрительных» элементов системы за счет сравнения и согласования входной информации с другими элементами;
- выявление отказавших элементов системы после повторного определения элемента, как «подозрительного»;
- маскирование сигнала отказавших элементов системы для дальнейшего недопущения искажения информации в системе.

Для удобства моделирования использовалась система MATLAB Simulink с применением пакета Stateflow, что позволило выполнить описание модели в виде состояний и переходов, используя принцип конечных автоматов.

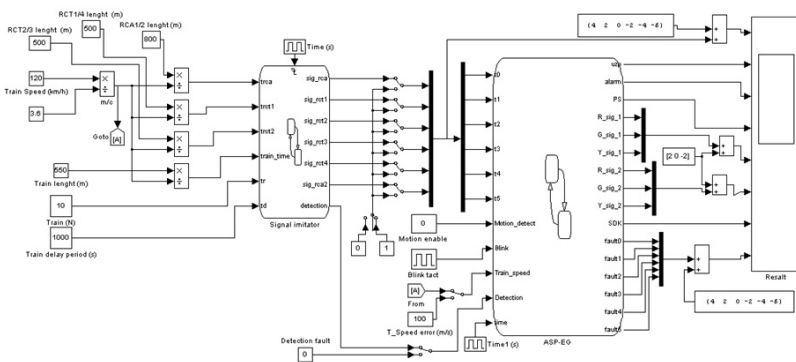


Рис. 1. Модель системы АПС-ЭГ

В результате моделирования был синтезирован работоспособный алгоритм функционирования АПС-ЭГ путем проведения большого количества тестирований и запусков системы (порядка 8000 запусков). В алгоритме реализовано:

- выявление отказавших элементов системы;
- маскирование сигнала отказавших элементов для дальнейшего недопущения искажения информации в системе;
- безопасное отключение системы после критического отказа;
- информирование обслуживающего персонала об отказах системы и ее элементов.

В работе также проведен статистический эксперимент, который позволил приблизительно спрогнозировать частоту отказов и время наработки на отказ системы АПС-ЭГ в сравнении с работой датчиков входных сигналов путевых реле рельсовых цепей ПР РЦ.

## Литература

1. А.В. Федухин, А.В. Гладков, Ар.А. Муха Новый подход к автоматизации поездов на жд транспорте // Математичні машини і системи. № 3 – 2011. - 138 с.
2. А.Я. Калужный Моделирование систем передачи сигналов в вычислительной среде MATLAB-Simulink //Учебное пособие «Издательство Политехник», 2004. – 5с.



## АНАЛИЗ НАДЁЖНОСТИ СЕТЕВЫХ СТРУКТУР БОЛЬШОЙ РАЗМЕРНОСТИ

Е.И. Сукач, Т.Я. Каморникова, Ю.В. Жердецкий

УО «Гомельский государственный университет им.Ф.Скорины», Беларусь

Рассматривается абстрактная структурно-сложная система (ССС), имеющая графовую структуру и включающая множество элементов  $K = \{K_i\}, i = \overline{1,104}$ . Предполагается, что СССР включает 6 подсистем, которые имеют свою структурную организацию и могут быть соединены различным образом.

В ходе формализации подсистемы  $Z = \{Z_i\}, i = \overline{1,6}$  интерпретируются как подструктуры-четырёхполюсники, то есть имеют по два входа и два выхода. Предполагается, что элементам подсистем  $Z_i(K, N), N = \overline{1, n}, K = \overline{1, k}$  соответствуют вершины графов (схема формализации «элементы-вершины»), четыре из которых выбраны в качестве полюсов  $K_1, K_2, K_3, K_4$  [1].

Предполагается, что графовые структуры подсистем  $Z_i, i = \overline{1,6}$  попарно совпадают. Рассматриваются два варианта соединений подсистем, выделенных в процессе декомпозиции исследуемой сетевой структуры. Варианты соединений подсистем представлены на рисунках 1 и 2. На схемах номерованными вершинами отмечены элементы исследуемых подсистем, связи между которыми представлены рёбрами графа.

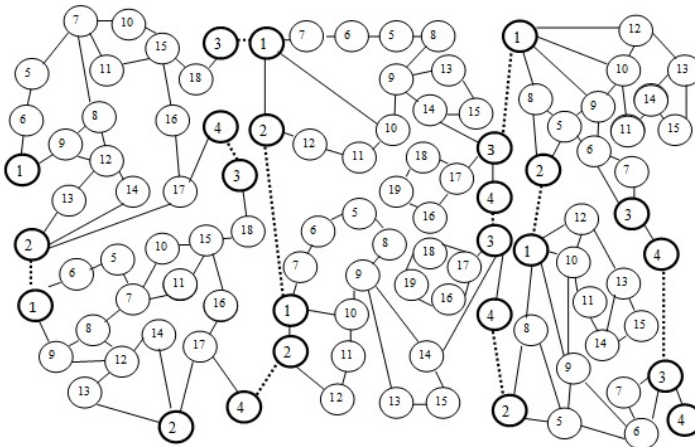


Рис. 1. Схема многоэлементной сложной системы с выделением структурных подсистем (вариант 1)

Решается задача оценки надёжности всей сетевой структуры для различных соединений её подсистем.

Элементы системы имеют вероятностные значения надёжности  $\{P^i = (p_1^i, p_2^i)\}$ ,  $i = \overline{1,104}$ . Предполагается, что значения надёжности элементов известны: с вероятностью  $P_1^i$  элемент работоспособен, а с вероятностью  $P_2^i$  – отказал. Расчёт надёжности подсистем  $Z_i, i = \overline{1,6}$  производился с использованием аппарата вероятностно-алгебраического моделирования и средств его автоматизации PALS [1].

Вычисления проводились при условии, что вероятности работоспособности всех элементов подсистем одинаковы, то есть  $p_1^i = 0,9, i = \overline{1,104}$ . Были получены результирующие вектора вероятностей, характеризующие 15 состояний надёжности подсистем и результирующие значения вероятностей состояний для двух вариантов организации исследуемой системы (таблица 1).

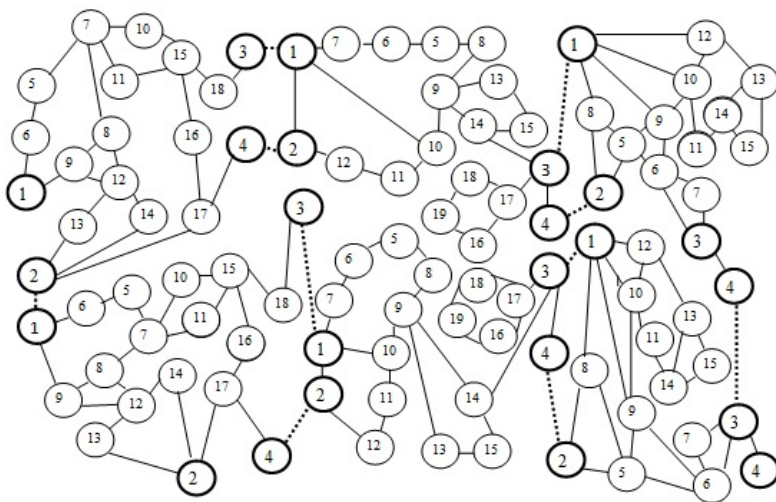


Рис. 2 – Схема многоэлементной сложной системы с выделением структурных подсистем (вариант 2)

Таблица 1- Результаты расчёта надёжности двух вариантов организации исследуемой системы

Номер состояния	Графическая интерпретация	Значения вероятностей подструктур $Z_i, i = 1, 2$	Значения вероятностей подструктур $Z_i, i = 3, 4$	Значения вероятностей подструктур $Z_i, i = 5, 6$	Значения вероятностей системы (вариант 1)	Значения вероятностей системы (вариант 2)
S <sub>1</sub>		0,035002419	0,024981664	0,02413063	0,05378884	0,100297219
S <sub>2</sub>		0,043542506	0,096881695	0,08720298	0,118742735	0,153009014
S <sub>3</sub>		0,021709488	0,006335367	0,00774198	0,015253112	0,034783142
S <sub>4</sub>		0,009635535	0	0	0,023037877	0,022796872
S <sub>5</sub>		0,013191818	0,004782969	0,00715149	0,01395191	0,014879987
S <sub>6</sub>		0,094774133	0,057018305	0,06377292	0,08842888	0,10023874
S <sub>7</sub>		0	0	0	0	0
S <sub>8</sub>		0,037244783	0	0	0,021200826	0,043609927
S <sub>9</sub>		0,004785047	0	0	3,10E-06	0,009971012
S <sub>10</sub>		0,167934096	0	0	0,133957744	0,138258973
S <sub>11</sub>		0,012066293	0,053834974	0,03232467	0,043058108	0,03568221
S <sub>12</sub>		0	0,142935256	0,06967782	0,080386748	0,047174338
S <sub>13</sub>		0,041077807	0,057018305	0,06967782	0,052829151	0,042221678
S <sub>14</sub>		0,069321766	0,043046721	0,06436341	0,048495395	0,040081352
S <sub>15</sub>		0,449714308	0,513164744	0,57395628	0,306865568	0,216995535
$P(K_1 \rightarrow K_2)$		0,668361746324428	0,5701830489	0,6436341	0,516690341	0,420273058

## Литература

1. Сукач, Е.И. Вероятностно-алгебраическое моделирование сложных систем графовой структуры /Е. И. Сукач; М-во образования РБ, Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2012-224 с.

УДК 536.2.01

## ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ПОЛЯ В ТОНКОЙ ПЛАСТИНКЕ ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ НА НЕЕ

К.С.Курочка, Е.В.Комракова

Гомельский государственный технический университет им.П.О.Сухого,  
Беларусь

Во многих технических устройствах часто встречаются детали, которые можно рассматривать как пластины. Очень часто эти конструктивные элементы подвергаются воздействию динамических нагрузок. При прочностном расчете этих элементов, работающих в нестационарных тепловых режимах при воздействии динамических нагрузок, необходимо знать, как распределены температуры и механические напряжения по сечению пластины [1]. При рассмотрении процессов деформации необходимо учитывать внутреннее трение в твердых те-

лах. Данное свойство относится к числу неупругих, которые не описываются теорией упругости.

При деформировании с конечной скоростью в теле возникает отклонение от термодинамического равновесия, вызывающее соответствующий релаксационный процесс, сопровождаемый диссипацией (рассеиванием) упругой энергии, т.е. необратимым ее переходом в теплоту. Например, при изгибе равномерно нагретой пластинки, материал которой расширяется при нагревании, растягиваемые волокна охлаждаются, сжимаемые – нагреваются, в следствие чего возникает поперечный градиент температуры. Выравнивание температуры путем теплопроводности представляет релаксационный процесс, сопровождаемый необратимым переходом части упругой энергии в тепловую.

Как известно колебания тонкой пластинки под действием динамической нагрузки будут определяться следующим дифференциальным уравнением[2]:

$$[K]\{\delta\} + [C]\frac{\partial}{\partial t}\{\delta\} + [M]\frac{\partial^2}{\partial t^2}\{\delta\} + \{F\} = 0 \quad (1)$$

где  $M$  – матрица масс,  $C$  – матрица демпфирования,  $K$  – матрица жесткости,  $F$  – внешние силы,  $\delta$  – перемещения,  $t$  – время.

Для решения уравнения (1) будем применять метод конечных элементов. Воспользуемся вариационным принципом минимума энергии [3], тогда (1) примет вид:

$$[M]\ddot{g} + [C]\dot{g} + [K]g = \{P\} + \{R\} \quad (2)$$

где  $P$  – вектор приведенных массовых сил,  $R$  – вектор приведенных узловых сил,  $g$  – узловые перемещения.

Решение уравнения (2) осуществим с помощью методов прямого интегрирования, в результате получим [4]:

$$g_{k+1} = g_k + [(1 - \beta)\ddot{g}_k + \beta\ddot{g}_{k+1}]\Delta t$$

$$g_{k+1} = g_k + \dot{g}_k \Delta t + [(1/2 - \alpha)\dot{g}_k + \alpha\dot{g}_{k+1}]\Delta t^2 \quad (3)$$

где  $\alpha$  и  $\beta$  определяют интегральную схему,  $\Delta t$  – шаг интегрирования.

Выражения (3) реализуют пошаговую численную процедуру, на каждом шаге которой по существу решается статическая задача.

Уравнение нестационарной теплопроводности, применительно к однородным телам ( $c = const$ ,  $\rho = const$ ,  $\lambda = const$ ) имеет вид [2]:

$$c\rho \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right) + q \quad (2)$$

где  $T$  – температура, °C;  $t$  – время, с;  $c$  – удельная теплоемкость, Дж/(кг·°C);  $\rho$  – плотность, кг/м<sup>3</sup>;  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°C).

Величина  $q$  определяется из величины деформации и граничных условий.

В данной работе будем использовать наиболее общую теорию Больцмана-Вольтерры[1] (теория упругого последействия), отражающую практически все особенности динамического поведения материалов.

В качестве примера расчета рассматривалась пластина размерами: длиной 1 м, шириной 1 м и толщиной 0.02м, заземленная по периметру. Пластина изготовлена из дюралюминия марки Д16Т.

Конечным результатом работы является матрица распределения температур и матрица перемещений по узлам расчетной сетки конечных элементов. Верификация программы проводилась путем сравнения полученных результатов с результатами в [3]. Максимальная погрешность составляет 9%.

Полученные численные результаты могут быть применены, например, для расчета алгоритма работы, кузнечнопрессового оборудования, т.к. позволяют связать температуру пластины, температуру окружающей среды и внешние силы, действующие на тело.

### **Литература**

1. Тарасик, В.П. Математическое моделирование технических систем. Учебник для вузов / В.П.Тарасик – Дизайн-Про, 2004. – 370 с.
2. Исаченко, В.П. Теплопередача / В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел – М.:Энергоиздат, 1981 – 416 с.
3. Зенкевич, О. Метод конечных элементов в технике / О. Зенкевич – М.: Мир, 1975 – 541 с.
4. Старовойтов, Э.И. Основы теории уругости, пластичности и вязкоупругости / Э.И. Старовойтов – Гомель: БелГУТ, 2001 – 344 с.

УДК 631.333

## **МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОЗСІВАННЯ ТВЕРДИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ НА ПОВЕРХНЮ ПОЛЯ В ПОВІТРЯНОМУ СЕРЕДОВИЩІ В УМОВАХ ВІТРУ**

П.О. Косик

*Національний науковий центр “Інститут механізації та електрифікації сільського господарства”, Україна*

Загальновідомо, що вітер суттєво впливає на дальність розсівання твердих мінеральних добрив, а відповідно і на рівномірність їх розподілу на поверхні поля. В зв’язку з цим в умовах агропромислового виробництва рекомендується проводити операцію внесення добрив в

умовах, коли швидкість вітру не перевищує 3 м/с. Такий підхід часто призводить до розтягування строків виконання польових робіт, що суттєво знижує ефективність їх проведення. Для розроблення науково обґрунтованих рекомендацій з внесення мінеральних добрив в умовах вітру необхідно вивчити закономірності протікання процесу розсівання добрив з врахуванням напрямку та швидкості вітру, параметрів розсівальних органів та фізико-механічних властивостей мінеральних добрив.

Вплив вітру, направлений перпендикулярно до напрямку руху агрегату, більше всього погіршує показники внесення добрив. Розглянемо рух добрив, сходячих з робочого органу (РО), до поверхні поля в умовах впливу на них вітру, в двох конкретних випадках: вплив вітру проти траєкторії руху частки добрив ( $\beta = 0^\circ$ ), вплив вітру за напрямком траєкторії руху частки добрив ( $\beta = 180^\circ$ ) (рис.1.).

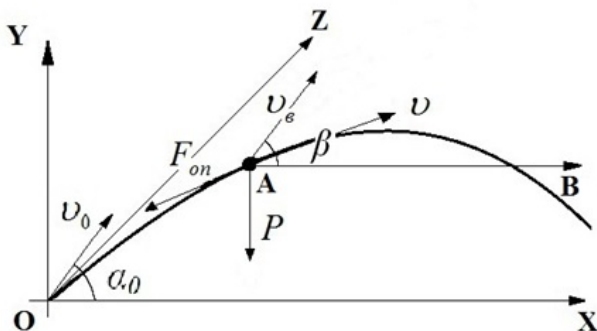


Рис. 1. Загальна схема до досліджу руху частки мінеральних добрив в умовах вітру

Розробивши загальну графічну схему польоту частки добрив, тобто політ частки при впливі на неї зустрічного вітру і за напрямком руху, та розглянувши які саме сили на неї впливають, можна змоделювати процес польоту частки добрив, описавши його системою рівнянь (1):

$$\left. \begin{aligned} m \frac{dv_x}{dt} &= -K(v_x \pm v_e \cos \beta) \sqrt{(v_x \pm v_{ex})^2 + v_y^2 + (v_z \pm v_{ez})^2}, \\ m \frac{dv_y}{dt} &= -Kv_y \sqrt{(v_x \pm v_{ex})^2 + v_y^2 + (v_z \pm v_{ez})^2} - mg, \\ m \frac{dv_z}{dt} &= -K(v_z \pm v_e \sin \beta) \sqrt{(v_x \pm v_{ex})^2 + v_y^2 + (v_z \pm v_{ez})^2}. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Аналогічно можна змоделювати залежність дальності розсівання в умовах вітру і для інших видів мінеральних добрив, маючи початкові

дані. Ріст швидкості та зміна напрямку вітру в усіх досліджуваних варіантах приводить до зміни дальності розсівання добрив, будь то далі, або ближче відносно агрегату. При цьому супутній вітер відносно напрямку сходження добрив с РО збільшує дальність їх розсівання, а направлений назад – зменшує. Вплив вітру приводить до зміни робочої ширини захвату агрегату в порівнянні з його роботою при  $v_a = 0$ . (рис. 2.).

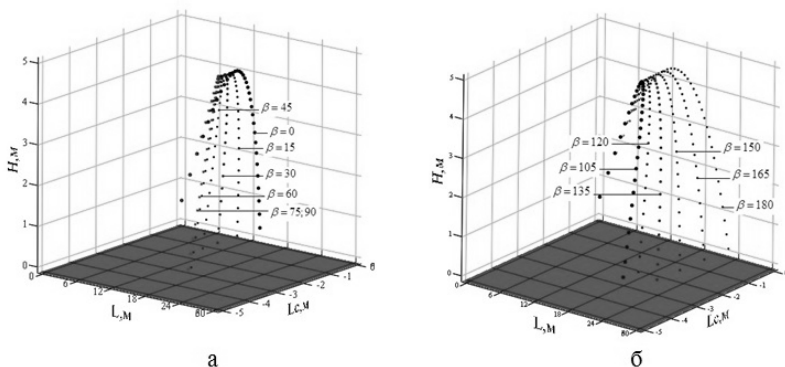


Рис. 2. Траєкторія польоту частинки мінеральних добрив  $d = 1 \text{ мм}$  при  $v_a = 3 \text{ м/с}$ , при різних кутах  $\beta$  (а – проти напрямку вітру; б – за напрямком вітру)

Розглядаючи графіки траєкторії руху частинки зображені на рисунку 2, зазначимо, що при збільшенні кута впливу вітру, дальність польоту ( $L, \text{м}$ ) і дальність зносу ( $L_c, \text{м}$ ) частинки змінюється, а значить і змінюється ширина захвату. Тому при визначенні робочої ширини захвату ( $B_a$ ) необхідно вводити її поправку, враховуючу вплив вітру як  $\Delta B_a$ . Найбільш доцільним є шлях, передбачаючий корегування робочої ширини захвату з урахуванням дальності розсівання добрив, сходячих з РО проти напрямку вітру і сходячих – за напрямком вітру. Однак при такому підході буде мати місце асиметричне розподілення добрив по ширині захвату агрегату відносно його повздовжньої осі. В результаті цього виникає необхідність створювати спеціальні автоматизовані системи управління процесом розкидання твердих мінеральних добрив в умовах вітру.

Результати математичного моделювання підтверджують, що по можливості, напрямок руху агрегату відносно напрямку вітру необхідно вибирати таким чином, щоб кут між ними був мінімальним. Це дозволить суттєво зменшити  $\Delta B_a$ .

## Література

1. Адамчук В.В. Дослідження руху частинки технологічного матеріалу в повітряному середовищі в умовах вітру і супроводжуючого повітряного струменя // Механізація та електрифікація сільського господарства: міжвід. темат. наук. зб. – Глеваха: ННЦ “ІМЕСГ”, 2005. – Вип. 89. – С. 27 – 49.
2. Адамчук В.В. Теоретичне дослідження руху частинки технологічного матеріалу в повітряному середовищі в умовах вітру і супроводжуючого повітряного струменя // Промислова гідравліка і пневматика. – 2005. – №1(7). – С.47 – 52.
3. Адамчук В.В. Обґрунтування моделі внесення мінеральних добрив // Механізація та електрифікація сільського господарства: міжвід. темат. наук. зб. – Глеваха: ННЦ “ІМЕСГ”. – 2002. – Вип.86. – С.90 – 99.
4. Василенко П.М. Об уравнениях транспортировки частиц в сопротивляющихся средах // Докл. ВАСХНИЛ. – 1970. – №4. – С.44 – 46.
5. Вожик Ю.Г. Об определении некоторых физико-механических свойств сыпучих минеральных удобрений // Химия в сельском хозяйстве. – 1968. – № 9. – С.17-20.

УДК 631.3.004

### ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ МЕХАНІЗОВАНОГО РОСЛИННИЦТВА

В.В. Адамчук, В. Г. Мироненко, П.О. Косик

*Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації  
сільського господарства», Україна*

У сучасному землеробстві все гостріше проявляються проблеми економічного та екологічного плану і за останні 100 років коефіцієнт ефективності використання ґрунту при промислому веденні сільськогосподарського виробництва зменшився з 4 до 1,5-2 раз.

Традиційні фактори підвищення ефективності механізованого рослинництва – збільшення продуктивності та підвищення надійності сільськогосподарської техніки, в значній мірі вичерпані.

**Ціль досліджень** - підвищення ефективності землеробства за рахунок якісного виконання механізованих процесів.

Аналіз можливих шляхів подальшого підвищення ефективності рослинництва вказує на перспективність впровадження новітніх технологій на основі керованого розвитку рослин

Очевидно, що сучасні системи „людина – машина - поле” не можуть забезпечити виконання поставленої задачі і потребують створення техніки п'ятого технологічного рівня, який передбачає насичення техніки засобами інформатизації, комп'ютеризації та електротехніки. Такі системи більш високого рівня можуть бути названі системами з керованою якістю виконання технологічних процесів. Їх основна особливість полягає в цілеспрямованій зміні режимів роботи робочих



органів на основі оперативної інформації для досягнення оптимального фазового стану об'єкту, що обробляється.

Створення систем з керованою якістю виконання технологічних процесів полягає в доданні до базової структури системи контуру оперативного керування (рис.1).

Додатковий контур оперативного керування повинен виконувати наступні функції: отримання поточної інформації про стан поля  $I_{Pi}(t)$ , режими роботи робочого органу  $I_{Mi}(t)$  і у процесі виконання технологічної операції; формування з отриманої інформації значення показника якості; порівняння дійсного показника якості  $I_{Aj}(t)$  з бажаним (розрахованим) і обчислення на цій основі відповідної управляючої дії  $U_{Ti}(t)$ , або сигналу оператору на зміну параметрів робочого органу (управляючого пристрою)  $U_{oi}(t)$  для досягнення бажаного показника якості.

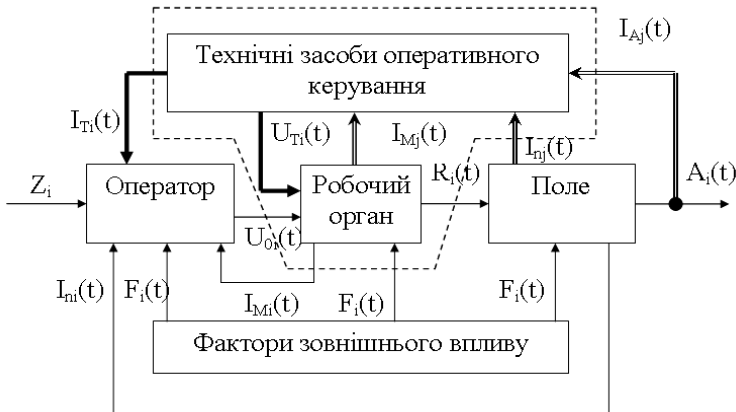


Рис. 1. Модель системи „людина – засоби оперативного керування - машина - поле” з керованою якістю роботи

Задача синтезу системи з керованою якістю виконання технологічного процесу полягає у визначенні алгоритму функціонування керуючого пристрою, тобто його структури і параметрів, при відомих рівняннях роботи базової системи і характеристиках вхідних сигналів.

Відносно показника якості, що піддається керуванню, узагальнений об'єкт управління (базова система) може бути описаний наступним рівнянням

$$y^{(n)} + \sum_{i=0}^{n-1} a_i(t)y^{(i)} = \sum_{j=0}^m b_j(t)x^{(j)}, \quad (1)$$

де  $x$  – керуюча дія;  $y$  – вихідна координата показника якості;  $a_i(t)$ ,  $b_j(t)$  – перемінні у часі коефіцієнти.

З позиції керування рівняння базової системи має наступний вид:

$$y^{(n)} + \sum_{i=0}^{n-1} [a_i(t) + c_i(t)] \cdot y^{(i)} = \sum_{j=0}^m [b_j(t) + c_{xj}(t)] \cdot x^{(j)}. \quad (2)$$

Перестроюванні коефіцієнти  $c_i(t)$  і  $c_{xj}(t)$  можна представити у вигляді суми двох складових

$$\begin{aligned} c_i(t) &= c_i + \Delta c_i(t); \\ c_{xj}(t) &= c_{xj} + \Delta c_{xj}(t), \end{aligned} \quad (3)$$

де  $c_i, c_{xj}$  – постійні величини;  $\Delta c_i(t), \Delta c_{xj}(t)$  – перестроюванні складові.

В процесі проведених в Інституті механізації та електрифікації сільського господарства експериментальних досліджень по створенню машин нового покоління [3] були отримані практичні результати (табл. 1).

Таблиця 1. Результати досліджень машин з автоматично керованою якістю виконання технологічних операцій

Технологічний процес	Склад машинно-тракторного агрегату	Контрольовані показники технологічної операції	Зміна показника
Основне внесення мінеральних добрив	Т-150К + МВУ-8 + ГПВ + ПДД	Продуктивність Рівномірність внесення Витрати добрив і палива	Більше на 10-25 % Більше до 30 % Менше на 5-20 %
Оранка (по спіралі)	Т-150К + ПНИ-5-40 + МПВ + ПЗКП	Продуктивність Витрата палива Захист ґрунту від ерозії	Більше до 18 % Менше до 10 % Більший за рахунок замкнутих борозен
Посів	Т-150К + 3 СЗ-3,6А + ПКВ	Довжина просівів Затрати праці	Менше в 19 разів Менше в 2 рази
Хімічний захист рослин	МТЗ-82 + ОП-2000-2 + ППШ	Рівномірність внесення	Більше на 4-8 %
Збір врожаю	ДОН-1500 + ПВЗ	Втрати зерна	Менше до 30 %

Прийняті наступні позначення: ГПВ – гіроскопічний пристрій автоматичного водіння; ПДД – пристрій автоматичного дозування добрив; МПВ – гідромеханічний пристрій автоматичного водіння по борозні; ПЗКП – пристрій автоматичної зміни положення корпусів плуга; ПКВ – пристрій автоматичного контролю висіву зерна; ППШ – пристрій автоматичного підтримування заданого положення штанги обприскувача; ПВЗ – пристрій визначення відносних втрат зерна.

Розрахунковий ефект від комплексного впровадження машин з керованою якістю виконання технологічних процесів, наприклад, в межах системи локально-дозованого обробітку, може становити понад 150 гривень на один гектар за рік.

## Висновки

1. Подальше зростання ефективності механізації рослинництва пов'язане з підвищенням якості виконання технологічних процесів.

2. Забезпечення необхідної якості виконання технологічних процесів можливе за використання техніки нового покоління з додатковим контуром керування роботою машини на основі технічних засобів оперативного контролю технічного стану і робочих процесів машин, точності водіння мобільних агрегатів, оперативного керування робочими органами машин за раціональним алгоритмом.

3. Розроблені зразки техніки нового покоління з керованою якістю виконання технологічних процесів дозволяють забезпечити збільшення продуктивності праці – до 20%, зменшення витрат палива і технологічних матеріалів на 15-20%, одержати економічний ефект – понад 150 грн./га та зменшити шкідливий антропогенний вплив техніки на навколишнє середовище.

4. Оснащення МТА засобами оперативного контролю та керування має стати пріоритетним напрямком подальшого розвитку сільськогосподарського машинобудування.

### **Література**

1. Понтрягин Л.С., Болтянский В.Г., Гамкрелидзе Р.В., Мищенко Е.Ф. Математическая теория оптимальных процессов. М.: «Наука», 1983, - 392 с.
2. Адамчук В.В., Мойсєєнко В.К., Кравчук В.І., Войтюк Д.Г. Техніка для землеробства майбутнього. / В зб.: Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глевах: ННЦ „ІМЕСГ”. – 2002. – Вип. 86. – С. 20-32.
3. Мироненко В.Г. Технічні засоби забезпечення якості виконання технологічних процесів у рослинності. Монографія.- К.: НАУ, 2005. – 202с.

УДК 004.93

## **ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ДЛЯ ОЦІНКИ ЯКОСТІ МІКРООБРОБКИ СКЛЯНИХ ПЛАСТИН**

А.В. Ярмілко

*Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, Україна*

Технологічні процеси сучасного виробництва у багатьох випадках потребують прецизійного управління з використанням складних моделей. До таких процесів відноситься електронно-променева мікрообробка оптичного скла. Суттю даного процесу є усунення тріщин та згладжування мікрорельєфу поверхні скляних виробів. Для обробки використовують електронно-променеву гармату Пірса, розташовану у вакуумній установці, яка генерує стрічковий електронний потік питомої потужності  $10^1 \text{ Вт/см}^2 \leq P_{\text{птт}} \leq 10^5 \text{ Вт/см}^2$ . Електронна стрічка може переміщуватися по поверхні виробу зі швидкістю  $v_{\text{птт}} = 0 \dots 20 \text{ см/с}$ . При цьому скляна поверхня спочатку оплавляється електронним потоком на глибину до 160 мкм, а потім охолоджується задля

формування модифікованого поверхневого шару. При цьому важливим є забезпечення необхідного температурного профілю печі (з точністю  $\pm 0,5^\circ\text{C}$ ) при максимальній робочій температурі нагріву печі  $800^\circ\text{C}$  [1]. Сформований поверхневий шар відрізняється від основного матеріалу структурою, хімічним складом, оптичними властивостями, мікрогеометрією.

Якість електронно-променевої мікрообробки визначають наступні параметри [2]:

- середньостатистичний нанорельєф поверхні;
- середньостатистична глибина модифікованого поверхневого шару;
- оптична однорідність (бездефектність, залишкові термонапруження) поверхневого шару;
- площинність поверхні та відхилення від неї;
- залишковий рівень вихідної поверхні.

Фактори, які впливають на якість мікрообробки, пов'язані зі станом технологічного середовища (залишковим тиском, температурою нагріву та охолодження виробів), досконалістю інструмента обробки – електронного потоку, можливостями обладнання та програмного забезпечення підтримати гнучкі та якісні режими мікрообробки. Для забезпечення керування цими параметрами задля забезпечення потрібної глибини проплавлення оптичної поверхні використовуються математичні моделі, побудовані за теплофізичними характеристиками матеріалу, параметрами електронного потоку та рівнем зниження поверхні. Розроблено алгоритм керування якістю поверхневого шару [2], призначений для використання у інноваційних технологіях створення елементної бази мікрооптики та інтегральної оптики.

Подальший розвиток технологій мікрообробки оптичного скла, а також інших матеріалів спеціального призначення (технічне скло, кварцове скло, оптична кераміка) пов'язується з інтелектуалізацією процесу управління. Реалізація цього підходу потребує розширення джерел забезпечення алгоритмів прийняття рішення оперативними даними про поточний стан технологічної системи. Для їхнього отримання запропоновано запровадити моніторинг візуальних ефектів, пов'язаних з оптичними властивостями оброблених скляних виробів. Оцінка інформативності візуального сигналу високоенергетичних процесів обробки, а також ефективність методів виділення інформаційних ознак технологічного процесу та способи їхньої інтерпретації розглядалися у [3]. Особливості електронно-променевої обробки скляних поверхонь дозволяють організувати спостереження за структурно-просторовими змінами пластини за оптичними ефектами, викликаними внутрішніми термічними напруженнями, причиною яких є неоптимальність процесу охолодження після обробки

стрічковим електронним потоком. Так, при проходженні світла через оброблені електронним потоком відполіровані плоскопаралельні пластини з оптичного скла (К8, К108, К208 та ін.) внаслідок подвійного променезаломлювання утворюються області з різними спектральними характеристиками (рис.1, зони 1, 2, 3), відмінними від параметрів екранованої частини пластини (зона 4) [1; 4]. Аналіз метричних та статистичних характеристик зазначених зон надає дані для модифікації управління технологічним процесом.

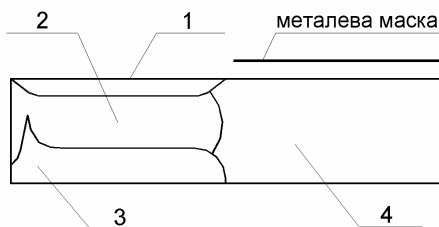


Рис.1. Области з різними показниками променезаломлення у обробленому оптичному склі

Для визначення характеристик зон 1, 2, 3 проводилося виділення меж областей зображення з різними спектральними властивостями. Алгоритм обробки вхідного кольорового зображення передбачав послідовне застосування процедур розмивання Гауса, бінаризації за вказаними значеннями параметрів каналів RGB, отримання меж із застосуванням алгоритмів Кенні та формування опуклої оболонки. На рис. 2 представлено зображення меж зеленої спектральної області на картині подвійного променезаломлення у оптичному склі К8. На основі отриманих меж технологічно значимих зон проводилося вимірювання їхньої глибини та визначення статистичних характеристик.

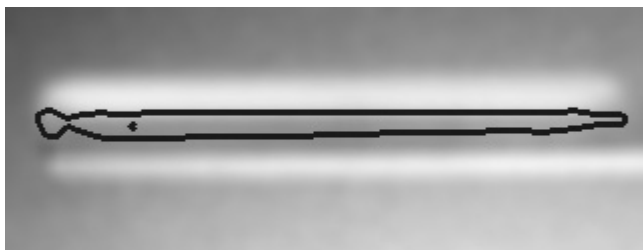


Рис.2. Спектральна область на картині подвійного променезаломлення у оптичному склі К8

Запропонований підхід надає додатковий канал моніторингу виробничого процесу, на базі якого може бути організовано оцінку якості виробів, експрес-діагностику та прогнозування стану виробничої системи. Перевагами методу є його відносно невисока потреба у ресурсах,

безконтактність та оперативність з'йому даних, висока придатність до вбудовування в технологічний процес. Отримані результати дозволяють вдосконалити існуючі [2] алгоритми керування електронно-променевою обробкою оптичного скла та запровадити у технологічний процес методи інтелектуального управління. Зокрема, впровадження управління зі зміною експлуатаційних стратегій [5] сприяло б розкриттю потенціалу гнучкості методу та обладнання електронно-променевої обробки матеріалів.

### Література

1. Канашевич Г. В. Технологічні основи керування якістю поверхневого шару оптичних матеріалів при електронно-променевої мікрообробці: дис. ... д-ра техн. наук : 05.03.07 / Г. В. Канашевич ; Нац. техн. ун-т України "Київ. політехн. ін-т". – К., 2010.
2. Канашевич Г.В. Алгоритм керування якістю поверхневого шару оптичних матеріалів при електронно-променевої мікрообробці / Г.В. Канашевич, А.І. Щерба, І.В. Дробот // Вісник національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» Тематичний випуск «Математичне моделювання в техніці та технологіях» – Харків, 2012. – Вип. 27. – С. 231 – 239.
3. Ярмілко А.В. Експрес-діагностика виробничих процесів за результатами відеоспостережень. / А.В. Ярмілко, А.Ю. Небилиця // Матеріали Шостої науково-практичної конференції з міжнародною участю “Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС '2011”. – Чернігів: ФОП Васюта В.В., 2011. – С. 209-212.
4. Канашевич Г.В., Котельников Д.И., Дубровская Г.Н. Изменение свойств оптического стекла после электронно-лучевой обработки // Материалы II Всесоюзной конференции "Модификация свойств конструкционных материалов пучками заряженных частиц", г. Свердловск, 1991. – С.86-88.
5. Ярмілко А.В. Формування стратегії керування технологічним модулем за даними поточного моніторингу та експрес-діагностики. / А.В. Ярмілко // Математичні машини і системи. – 2013. – №1. – С.102-110.

УДК 004.93

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕКУЩЕГО УРОВНЯ КУЛЬТУРЫ БЕЗОПАСНОСТИ АЭС НА ОСНОВЕ НАБЛЮДАЕМЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

В.В. Бегун, В.В. Литвинов

*Национальный технический университет Украины «КПИ», Украина  
Институт проблем математических машин и систем, Украина*

Оценка уровня культуры безопасности является трудоемкой задачей эксплуатирующей и контролирующей безопасность организаций. Состояние культуры безопасности (КБ) отражает в целом безопасность АЭС, оценки которой интересуют не только специалистов, но и население. Задача оценки безопасности блока АЭС стала особенно актуа-

льной в конце прошлого столетия и сейчас имеется множество подходов к ее решению. К примеру, в США в 1987 году разработаны методики отчетов по эксплуатационным показателям (Performance Indicators) PI-программ [1], для реакторов русских конструкций разработаны стандарты оценки по отчетам Текущего Уровня Безопасности (ТУБ) [2]. В основу и тех, и других подходов положены наблюдения за показателями безопасности на протяжении некоторого времени. По этой же причине можно рассматривать эти две задачи как эквивалентные.

Общепризнано, что основными показателями текущего уровня безопасности энергоблока АЭС являются:

- показатель частоты нарушений в работе энергоблоков;
- готовность систем безопасности;
- коллективная доза облучения персонала;
- количество радиоактивных выбросов и сбросов в окружающую среду;
- показатель незапланированных автоматических срабатываний АЗ;
- показатель эффективности использования установленной мощности;
- коэффициент готовности к несению номинальной нагрузки.

Все эти показатели или суть наблюдаемые, или имеют четкие определения (формулы) основанные на наблюдаемых явно параметрах (индикаторах) эксплуатации ЯУ. Но культура безопасности является более глубокой характеристикой эксплуатации, зависящая от мотивов поведения персонала всех уровней – это скорее характеристика потенциального поля, для нее нет прямых индикаторов. Приведенные показатели текущего уровня безопасности отображают сущность произошедших процессов за некоторое предшествующее время  $T_1$ . Оценка уровня культуры безопасности отображает эти показатели и приверженность всего персонала АЭС принципам безопасности, что при положительных оценках дает уверенность, что и в некоторое последующее время ( $T_1 + t$ ) показатели безопасности будут положительными. В настоящее время оценки культуры безопасности проводятся экспертами на основе контроля динамики основных показателей текущего уровня безопасности АЭС и анкетирования персонала. Оценки показателей проводится по интервальным бальным шкалам, разработанным в эксплуатирующей организации. Примером такой шкалы может служить хорошо известная Международная шкала оценки событий на АЭС – шкала ИНЕС. Но все другие шкалы оценки КБ не унифицированы на международном уровне, да и перечень показателей безопасности также является рекомендуемым, т.е. их выбор и применение для практики оценки КБ зависит от уровня квалификации экспертов и многих внешних и внутренних факторов АЭС и страны. Поскольку

безопасность АЭС имеет международный статус, значит логично, чтобы тот же статус имели и методики ее оценки.

Для оценки культуры безопасности существует большое количество и многообразие индикаторов, которые рекомендуется учитывать в элементах эффективной системы управления безопасностью. На это указывают и ряд документов, в частности INSAG-3, INSAG-13, INSAG-15, Руководство ASCOT [3-6].

Эти элементы наблюдаются в подходе организации к управлению безопасностью и повышению уровня культуры безопасности.

Но, рассматривая ряд приведенных показателей с формальных позиций, можно сделать следующие выводы:

1. Все показатели являются взаимозависимыми и имеют высокие корреляции. Например, чем больше (хуже) показатель частоты нарушений в работе энергоблоков, тем хуже будут и остальные показатели, т.е. от этого показателя зависят все остальные показатели, можно определить взаимные коэффициенты регрессии (такая работа не проводилась).

2. Все показатели, в том числе показатель частоты нарушений в работе энергоблоков, зависят от технического состояния систем и элементов энергоблока и подготовки персонала, которые можно определить соответственно количеством отказов и количеством ошибок.

3. Все показатели являются комплексными, в принципе квалифицированный специалист по любому из них может предсказать диапазон изменения остальных с высокой степенью достоверности, следовательно, приведенные параметры суть параметры высокого ранга, а значит, существуют и параметры (или индикаторы) более низкого ранга, через которые можно оценить все остальные.

Поскольку «культура безопасности» оценивается всеми приведенными показателями, она стоит над ними, является еще более общим показателем безопасности. В тоже время может быть (или является) и основой всех, началом всего, поскольку от ее состояния зависят все показатели безопасности.

Фактически мы пришли к выводу о «кольцевой» структуре понятия «культура безопасности», т.е. структуре постоянных улучшений типа цикла Деминга-Шухарта, рис. 1.



Рис.1. Взаимная связь понятий безопасности



Наиболее типичные методики оценок, существующие в настоящее время, т.е. утвержденные варианты оценки уровня культуры безопасности:

1. Методика оценки состояния культуры безопасности методом анкетирования на основе оценки нескольких десятков индикаторов культуры безопасности – рекомендации МАГАТЕ [4];

2. Методика оценки состояния культуры безопасности на основе оценки изменений ключевых показателей (текущего уровня безопасности и другие показатели отчетности структурных подразделений Компании) – методика ГП НАЭК «Энергоатом», применяемая совместно с методом анкетирования для оценки качественных характеристик (организационных факторов) [7];

3. Методика четырехуровневой качественной оценки состояния культуры безопасности на основе оценки произошедших нарушений и индикаторов культуры безопасности (Россия) [8].

Все методики требуют трудоемких процессов экспертных оценок и времязатратного анкетирования.

Во всех вариантах оценки КБ основаны на наблюдении индикаторов, причем число индикаторов достигает в некоторых вариантах несколько десятков. Предлагаем решение задачи методом группового учета аргументов (МГУА) [9].

#### **Алгоритм решения задачи контроля КБ методом МГУА**

Массивы наблюдений индикаторов безопасности отрасли достаточно велики и позволяют создать основные зависимости.

1. Определение показателей и индикаторов для модели КБ на основе опыта эксплуатации (множество эксплуатационных параметров  $M$ ). Множество параметров должно быть максимально полным, учитывать все возможные отказы оборудования, внешние воздействия и ошибки персонала. Множество не имеет четких границ и может быть дополнено новыми элементами.

2. Выбор индикаторов мониторинга – выделяются элементы  $\tilde{h} \in M$ , которые наиболее влияют на безопасность и не приводят к недопустимым неопределенностям. Требования к размерности вектора  $\tilde{h}$  не являются жесткими, поскольку имеет место многократная избыточность информации. Индикаторы, дающие по результатам моделирования вклад в переменную меньше определенного числа  $\epsilon$ , могут отбрасываться, элементы имеющие важность меньше  $\eta$  рассматриваются как уточняющие.

3. К полученным значениям документального мониторинга применяем алгоритм МГУА для получения скалярной зависимости – приближенной функции  $R_i = f(X, if)$ .

4. Распознавание значений индикатора мониторинга на основе наблюдений эксперта (контролирующего органа) отдельная задача. На

наш взгляд, для выбранных индикаторов мониторинга должны быть разработаны простые методические руководства.

5. Вычисление текущих значений КБ проводится подстановкой в формулу значений наблюдаемых индикаторов.

**Вывод.** Решение задачи определения текущего уровня КБ возможно с заранее заданными параметрами неопределенностей известными в современной математике методами, при условии предварительного моделирования.

## **Литература**

1. Performance Indicators for Operating Commercial Nuclear Power Reactors. Data Through September 1994. Office For Analysis and Evaluation of Operational Data. Part II. Nuclear Regulatory Commission.
2. СТП 0.41.066-2006. Системы оценки уровня эксплуатационной безопасности и технического состояния АЭС с ВВЭР. ГП НАЭК «Энергоатом». Киев, 2006.
3. Серия изданий по безопасности МАГАТЭ, №75 - INSAG - 3. Основные принципы безопасности атомных электростанций. МАГАТЭ, Вена, 1989.
4. Доклад Международной консультативной группы по ядерной безопасности «Управление эксплуатационной безопасностью АЭС», INSAG-13, МАГАТЭ, Вена, 1999 г.
5. Доклад Международной консультативной группы по ядерной безопасности «Основные практические проблемы укрепления Культуры безопасности». INSAG-15, МАГАТЭ, Вена, 2002 г.
6. Руководство SCART. Справочный отчет по группе по проверке оценки культуры безопасности (SCART). МАГАТЭ, Вена 2008. IAEA-SVS-16.
7. Методика и критерии оценки состояния культуры безопасности ГП НАЭК «Энергоатом». МТ-Д.0.03.486-09. Киев, 2009 г.
8. Методика качественной оценки состояния культуры безопасности на основе оценки нарушений, которые имели место, и индикаторов культуры безопасности (методика РБ-047-08 утвержденной приказом Федеральной службы России от 18 марта 2009 г № 169).
9. Ивахненко О.Г. Метод группового учета аргументов – конкурент метода стохастической аппроксимации. – Автоматика. – 1968.–№3.– С. 58–72.

**СЕКЦІЯ 3**  
**СУЧАСНІ АСПЕКТИ МАТЕМАТИЧНОГО ТА**  
**ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ**  
**В ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ**

**МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗАТОР**

В.С. Авраменко

*Черкасский национальный университет им. Б. Хмельницкого, Украина*

В 60-70 гг. все экспериментальные исследования в области машинной морфологии начинались с создания машинного словаря. В результате все алгоритмы становились зависимыми от словаря, и каждый алгоритм разрабатывался под определенный формат словаря. На современном этапе развития информационных технологий морфологический компонент стал неотъемлемой частью информационно-поисковых систем (ИПС).

Современный мир изобилует информацией и даже перегружен ею. Поэтому вопрос обработки текстов становится очень острым, особенно если принять во внимание постоянный рост информации в Интернете и постоянный рост небольших ИПС государственных и коммерческих структур.

Морфологический разбор русского и английского текста мы реализовали по технологии *стемминга*, без словаря. На сегодня данная технология наиболее современна и легче портируется (адаптируется) для других языков, что также актуально. В случае «чистого» стемминга зачастую вся морфологическая информация, а в качестве нормальной формы берется псевдооснова (псевдокорень), называемая *стем* (*stem* – стебель, ствол, основа). Именно стемминг позволяет показать пользователю документы, содержащие не только прямые формы ключевых запросов (леммы), но их словоформы.

Стемминг используется не только поисковыми системами. Часто его применяют веб-мастера, организующие поиск по сайту из-за простоты реализации алгоритмов, а также создание механизма поиска, осуществляющего расширение поисковых запросов словоформами. Стемминг текстов осуществляется с помощью специальных программ (программного обеспечения), выполняющих стемминг, и называются они соответственно *стеммерами*.

Анализ современных стеммеров (особенно стеммеров, реализованных на основе *алгоритма (стеммера) Портера* [1]) выявил допускаемые при стемминге ошибки, которые можно классифицировать следующим образом:

1. Стемминг дает слишком большое обобщение и поэтому сопоставляется с грамматическими формами более чем одной словарной статьи (омонимия). Это очень большое расширение при поиске. Впрочем, ошибки такого типа могут рассматриваться (в лучшем случае) и как способ включить в поиск слов с общим корнем. Компенсация

ошибок такого рода успешно выполняется либо введением списка *стоп-слов*, либо более качественным дополнительным анализом.

2. Усечение формы стеммингом дает слишком длинный стем, который не сопоставляется с некоторыми грамматическими формами этого же слова. В качестве примера, на котором обычно спотыкаются многие реализации стеммера, можно взять слова из *теста Портера* [], например, для словоформ «ангелом» и «ангельские», для которых алгоритм выдает стем – «ангел» и «ангельск» соответственно.

3. Ошибки стемминга, когда правильный стем построить невозможно из-за изменения в корне (основе) слова (например, чередование или выпадение буквы как в основе слова, так и в самом суффиксе). Либо модель словоизменения подразумевает использование приставок. Второй случай возникает при анализе сравнительной степени прилагательных и наречий в русском языке. Например, словоформа «покрасивее» как форма прилагательного «красивый», или «по-медленнее» как форма наречия «медленно».

Повышению эффективности поиска способствует морфологический разбор документов и запросов. Помимо существенного уменьшения индекса системы и отказа от словаря, морфологический разбор повышает и эффективность поиска, так как не реагирует на несущественные с точки зрения смыслового содержания грамматические различия искомого текста документов и запросов.

Накопившийся к 2012 году опыт использования морфологического анализатора в информационно-поисковых системах выявил недостаточную точность разбора слов, явные ошибки и невысокое быстродействие старой морфологии. Вследствие этого перед нами встала задача: исследовать различные способы анализа морфологической системы русского языка без использования словаря основ или словоформ (*лемм* - канонических форм слова). В результате была найдена и реализована в программном коде наиболее рациональная система анализа по определению псевдооснов и грамматических характеристик слов, которая обеспечила максимальное быстродействие при минимальном объеме хранимых лингвистических данных.

При разработке алгоритмов были проведены необходимые исследования, на основе которых составлены следующие вспомогательные списки и таблицы:

- список неинформативных терминов (стоп-слова – слова, словосочетания, сокращения, предлоги, союзы и т. п.) русского и английского языков;
- таблица для определения грамматических классов русских слов;
- таблица признаков для определения отглагольных существительных;

- список окончаний русского языка;
- список суффиксов и стоп-суффиксов русского и английского языков;
- список префиксоидов русского языка;
- список синонимических основ русского языка;
- список количественных и порядковых числительных русского языка.

Практическое применение разработанного морфологического анализатора – это небольшие ИПС, а также веб-системы, организующие поиск по сайту.

### **Література**

1. Стеммер Портера для русского языка: Russian stemming algorithm. [Электронный ресурс]. - <http://snowball.tartarus.org/algorithms/russian/stemmer.html>.
2. Тестирование алгоритма Портера. [Электронный ресурс]. - <http://symmetrica.net/uploads/php/stemmer.php>.

УДК 519.681

## **ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМОВ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ СРЕДСТВАМИ АЛГЕБРАИЧЕСКОГО АППАРАТА**

В.Г. Акуловский

*Академия таможенной службы Украины, Украина*

Существуют классы систем, для которых ни один из известных подходов к программированию (от данных и от управления (функционально-ориентированный подход)) и, соответственно, методологий программирования (объектно-ориентированной и структурного программирования) по отдельности не является оптимальным. Ярким примером систем такого класса являются информационно-управляющие системы (ИУС), о которых известно, что они сочетают функции автоматизированных систем управления (АСУ) с функциями систем автоматического управления (САУ). Более того, даже в рамках системы, которую можно отнести к одному из этих классов, возникают сложности, вызванные ограничениями выбранного подхода (методологии). При этом методологии, используемые при разработке программных систем, не формализованы в достаточной степени.

В связи с этим, назрела необходимость в разработке формального аппарата, средствами которого был бы реализован комплексный подход к программированию, при котором для описания каждой из задач (подзадач, подсистем), входящих в разрабатываемую систему, использовался подход, адекватный их специфике.

Для построения упомянутого формального аппарата известная модель ЭВМ Глушкова была модернизирована в результате дополнения её внешней программно-аппаратной средой (ВС) [1]. ВС представляет собой память и внешние устройства и обеспечивает взаимодействие между моделями, функционирующими в различных ВС (многомашинная и многозадачная реализации).

На основе модифицированной модели ЭВМ в работах [1 – 3] была предложена система алгоритмических алгебр (САА/Д), представляющая собой трехосновную алгебраическую систему  $\langle U, L, D, \Omega \rangle$ , основами которой являются множество Д-операторов  $U$ , множество логических условий  $L$  и множество данных  $D$ , а  $\Omega = \Omega_1 \cup \Omega_2 \cup \Omega_3$  – её сигнатура, состоящая из  $\Omega_1$  – операций, принимающих значения на множестве  $U$ ;  $\Omega_2$  – логических операций, принимающих значения на множестве  $L$ ;  $\Omega_3$  – операций, принимающих значения на множестве данных  $D$ . Д-операторы, с помощью которых описываются алгоритмы, записываются в виде  $(D)O(D')$ , где  $D$  – входные (обрабатываемые),  $D'$  – выходные данные.

Представление любого исходного Д-оператора из  $U$  через образующие элементы системы  $\langle U, L, D, \Omega \rangle$  называется регулярной схемой этого Д-оператора (РСД). В частном случае, когда используется единственная операция – композиция, такое представление Д-оператора называется его композиционной схемой (КС).

Представление любых данных из  $D$  через образующие элементы системы  $\langle U, L, D, \Omega \rangle$  называется схемой данных (СД).

Рассмотрим, как наиболее распространенную, нисходящую стратегию проектирования алгоритмов [4].

В случае, когда ИУС состоит из двух параллельно асинхронно функционирующих подсистем, каждая из которых функционирует в собственной программно-аппаратной среде (двухмашинный случай), её архитектуру опишем в виде следующей РСД:

$$(D)ИУС(D') = \langle 1 \rangle (D_{ACU}) ACU(D'_{ACU}) \hat{\vee} \langle 1 \rangle (D_{CAU}) CAU(D'_{CAU}),$$

где  $\hat{\vee}$  – операция параллельного асинхронного выполнения Д-операторов (позаимствована в [5]),  $1$  – тождественно истинное логическое условие, обеспечивающее “бесконечное” выполнение операции р-итерации (циклирование),  $(D_{ACU}) ACU(D'_{ACU})$  – Д-оператор, описывающий АСУ и преобразующий входные данные  $D_{ACU}$  в выходные  $D'_{ACU}$ ,  $(D_{CAU}) CAU(D'_{CAU})$  – Д-оператор, описывающий САУ и преобразующий входные данные  $D_{CAU}$  в выходные  $D'_{CAU}$ . При этом обе подсистемы функционируют неопределенно длительное время. Для данных,

называемых глобальными, выполняются следующие соотношения:

$$D = D_{ACV} \cup D_{CAV}, \quad D' = D'_{ACV} \cup D'_{CAV}.$$

Комплексный подход к разработке алгоритмов подсистем, образующих ИУС, реализуется следующим образом.

В случае АСУ разработка традиционно ведется от данных.

В этом случае сначала данные, специфицированные на входе и выходе подсистемы, детализуются в соответствии с их структурой и записываются в виде СД:

$$\bar{*} D_{ACV} = \{D_{ACV_1}\}, \dots, \{D_{ACV_n}\} \quad \text{и} \quad \bar{*} D'_{ACV} = \{D'_{ACV_1}\}, \dots, \{D'_{ACV_n}\},$$

где  $\bar{*}$  – операция детализации данных.

Затем подсистема декомпозируется. Для этого вводятся производные Д-операторы вида  $(D_{ACV_p})ACV_i(D'_{ACV_s})$  такие, что их функциональность обеспечивает преобразование подмножества входных данных  $D_{ACV_p}$  в выходные  $D'_{ACV_s}$ . Для осуществления такого преобразования глобальные данные дополняются локальными (вспомогательными), в результате чего Д-оператор записывается в виде  $(D_{ACV_p}, D_{ACV_1}^L)ACV_i(D'_{ACV_s}, D_{ACV_1}^L)$ . Задаваясь последовательностью действий, выполняемых подсистемой, её алгоритм на первом шаге декомпозиции записывается в виде следующей КС

$$(D_{ACV}, D_{ACV}^L)ACV(D'_{ACV}, D_{ACV}^L) = (D_{ACV_s}, D_{ACV_1}^L)ACV_1(D'_{ACV_p}, D_{ACV_1}^L) * \dots * (D_{ACV_m}, D_{ACV_n}^L)ACV_n(D'_{ACV_r}, D_{ACV_n}^L).$$

Продолжая процесс детализации данных, при котором на каждом следующем шаге локальные данные трактуются как глобальные, и декомпозиции производных Д-операторов до требуемой детальности представления, получаем на каждом его шаге описание алгоритма в виде совокупности СД и КС (слой алгоритма) как результат применения подхода к разработке от данных.

В случае САУ и разработки от управления, подсистема разбивается на подзадачи, с требуемой функциональностью и последовательностью выполнения и записывается в виде КС без спецификации данных  $(D_{CAV})CAU(D'_{CAV}) = ()CAU_1() * \dots * ()CAU_r()$ . После этого для каждого производного Д-оператора  $()CAU_i()$  специфицируются, в соответствии с его функциональностью, данные  $(D_{CAV_i}, D_{CAV_i}^L)CAU_i(D'_{CAV_i}, D_{CAV_i}^L)$ . При этом необходимо, чтобы специфицированные глобальные данные  $\{D_{CAV_1}\}, \dots, \{D_{CAV_r}\}$  и  $\{D'_{CAV_1}\}, \dots, \{D'_{CAV_r}\}$ , в результате их укрупнения, образовывали исходные глобальные данные  $\{D_{CAV}\}$  и  $\{D'_{CAV}\}$ .



Для этого на первом шаге укрупнения эти записываются данные в виде семейств СД:

$$\{D_{CAA_i}\} * \dots * \{D_{CAA_j}\} = {}^1D_{CAA_1} \quad \{D'_{CAA_p}\} * \dots * \{D'_{CAA_s}\} = {}^1D_{CAA_1}$$

..... и .....

$$\{D_{CAA_c}\} * \dots * \{D_{CAA_m}\} = {}^1D_{CAA_k} \quad \{D'_{CAA_u}\} * \dots * \{D'_{CAA_g}\} = {}^1D_{CAA_k},$$

где \* – операция укрупнения даны.

На втором – в виде семейства:

$$\{{}^2D_{CAA_p}\} * \dots * \{{}^2D_{CAA_c}\} = {}^2D_{CAA_1} \quad \{{}^1D_{CAA_u}\} * \dots * \{{}^1D_{CAA_s}\} = {}^2D_{CAA_1}$$

..... и .....

$$\{{}^1D_{CAA_g}\} * \dots * \{{}^1D_{CAA_m}\} = {}^2D_{CAA_p}, \quad \{{}^1D_{CAA_k}\} * \dots * \{{}^1D_{CAA_m}\} = {}^2D_{CAA_p},$$

где, очевидно,  $p < k$ .

Этот процесс продолжается до достижения некоторого s-го шага, на котором получаем соотношения:

$$\{D_{CAV_1}\} * \dots * \{D_{CAV_k}\} = D_{CAV} \quad \text{и} \quad \{D'_{CAV_1}\} * \dots * \{D'_{CAV_r}\} = D'_{CAV}.$$

Процесс разработки алгоритма повторяется на каждом его этапе и продолжается до достижения требуемого, например, p-го уровня детализации, на котором получаем семейство КС, где i-ая КС выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned} & ({}^pD_{CAV_i})^p \text{CAU}_i ({}^pD'_{CAV_i}) = \\ & = ({}^{p+1}D_{CAV_s}, {}^{p+1}D_{CAV_{n_{i-1}+1}}^L)^{p+1} \text{CAU}_{n_{i-1}+1} ({}^{p+1}D'_{CAV_s}, {}^{p+1}D_{CAV_{n_{i-1}+1}}^L) * \dots \\ & \dots * ({}^pD_{CAV_m}, {}^{p+1}D_{CAV_{n_i}}^L)^{p+1} \text{CAU}_{n_i} ({}^{p+1}D'_{CAV_k}, {}^{p+1}D_{CAV_{n_i}}^L). \end{aligned}$$

Полученное семейство КС представляет собой описание алгоритма подсистемы САУ, при проектировании которого использован функционально-ориентированный подход.

Из приведенных рассуждений легко увидеть, что оптимальный подход к разработке алгоритмов ИУС может быть выбран не только с учетом специфики проектируемой подсистемы, а и для любой из подзадач, возникающих на некотором этапе разработки, алгоритм которой описан на данном этапе в виде конкретной КС.

Полученная в рамках предложенного алгебраического аппарата возможность, обеспечивает комплексность подхода к описанию алгоритмов.

## Литература

1. Акуловский В.Г. Основы алгебры алгоритмов, базирующейся на данных // Проблемы программирования. – 2010. – № 2–3. – С. 89– 96.

2. Акуловский В.Г. Алгебра алгоритмов, базирующаяся на данных // Кибернетика и системный анализ. – 2012. – № 2. – С. 151–166.
3. Акуловский В.Г. Алгебра для описания данных в композиционных схемах алгоритмов // Проблемы програмування. – 2012. – № 2–3. – С. 234 – 240.
4. Дорошенко А.Е., Акуловский В.Г. Нисходящее проектирование алгоритмов в рамках алгебраалгоритмического подхода // Математические машины и системы. – 2012. – №3. – С. 97 – 102.
5. Ющенко Е.Л., Цейтлин Г.Е., Грицай В.П., Терзян Т.К. Многоуровневое структурное проектирование программ: Теоретические основы, инструментарий. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 208с.

УДК 51-74

## **ПОРІВНЯННЯ АЛГОРИТМІВ ПОШУКУ ШЛЯХУ ІЗ ВРАХУВАННЯМ ДІЙ ІНШИХ АГЕНТІВ У МУЛЬТИАГЕНТНОМУ СЕРЕДОВИЩІ**

О.С. Багіщев

*Національний Технічний Університет України «Київський Політехнічний Інститут», Україна*

Найновіші технічні досягнення дають нам можливість створювати роботизовані автомобілі, що рухатимуться дорогами без втручання людини. Завдяки величезним обчислювальним потужностям, якими володіють комп'ютери, така машина може значно швидше реагувати на непередбачувані ситуації, що виникають на дорогах, а отже, уникає аварій.

Проте міська дорога є досить простим середовищем. Якщо ми хочемо гарантувати безпеку в місті, ми маємо розробляти машини, котрі без проблем справляються із значно складнішими задачами: наприклад, перегонами по пересічній місцевості.

Задача управління роботизованим автомобілем складатиметься з цілого комплексу підзадач різного рівня. Я вирішив зосередитись на загальній стратегії – маючи інформацію про деякий шматочок навколишньої місцевості, напрям на точку, до якої має прямувати машина, а також положення деяких інших машин, я маю отримувати вказівки щодо переміщення мого автомобіля.

У першому наближенні задача зводиться до пошуку шляху в графі: описавши навколишній рельєф як граф переходів з точки у точку, можна знайти шлях, що потребуватиме найменшого часу. Положення інших автомобілів можна відмітити вершинами, ребра яких мають нескінченну вагу, щоб алгоритми не намагались зіткнутися автомобіль з іншим. Проте цей підхід має значну ваду: не враховуючи можливих переміщень інших автомобілів, ми практично ігноруємо безпеку руху.

Якби ми наперед знали, куди саме будуть рухатися інші машини, можна було б врахувати це за допомогою вже згаданого способу із

нескінченною вагою ребер графа. Проте дорога є конкурентним, а не кооперативним, середовищем, тож потрібної нам інформації недоступна.

На щастя, ми можемо спостерігати за переміщеннями інших агентів і робити певні здогадки про їх подальші дії. Я планую дослідити наступні алгоритми:

- екстраполяція з останніх положень;
- ланцюги Маркова;
- нейронні мережі.

У найпростішому своєму випадку алгоритм екстраполяції братиме останні два положення автомобіля та знаходитиме наступне, вважаючи, що автомобіль рухається лінійно. Надалі можна буде збільшувати кількість точок і з'ясувати, при якому значенні алгоритм найефективніший. Кількість точок можна пов'язати із швидкістю автомобіля: на великій швидкості маневри більш плавні і для їх екстраполяції можна брати більше точок, в той час як на низьких швидкостях маневри можуть бути дуже різкими, і їх краще екстраполювати лише з декількох точок.

Ланцюг Маркова є випадковим процесом, кожен наступний стан якого залежить лише від поточного або декількох останніх станів. Оскільки набір маневрів, які може здійснювати машина, є скінченною множиною станів, а послідовність маневрів є випадковою послідовністю, де кожен наступний крок залежить від попередніх (якщо автомобілем управляє алгоритм, що має певну стратегію, а не здійснює маневри навмання), можна надіятись на те, що ланцюги Маркова дадуть результат принаймні не гірший, ніж екстраполяція останніх положень.

Штучні нейронні мережі є перспективним напрямком в області штучного інтелекту. Вони успішно застосовуються для розпізнавання тексту і образів. Їх суттєвою особливістю є наявність пам'яті. Якщо спочатку натренувати штучну нейронну мережу на можливих маневрах, а потім показувати їй обстановку навкруги автомобіля, вона зможе «вгадувати» маневри інших водіїв, коли ті лише розпочинають міняти напрямок. На відміну від екстраполяції та ланцюгів Маркова, нейронні мережі не прив'язуються до попередніх рухів автомобіля і тому можуть «вгадати» навіть зовсім несподіваний маневр – достатньо лише мати його записаним у пам'ять мережі.

Нарешті, після аналізу вищеописаних алгоритмів можна спробувати поєднати найбільш вдалі з них. Не виключено, що для кожного алгоритму знайдеться ситуація, в якій саме він даватиме найточніший результат. Якщо об'єднати алгоритми під управлінням якоїсь евристики, котра вирішуватиме, якому саме з них слід вірити у даній ситуації, можна буде суттєво покращити результати алгоритму в цілому.

Для перевірки висунутих тут гіпотез пропонується провести експерименти з симуляції роботи вказаних алгоритмів. Спеціально для такого класу задач було розроблено симулятор[1]. Подальша робота буде спрямована на проведення експериментів та порівняння вищеописаних алгоритмів.

### **Література**

1. Батищев О.С., Обламський В.В., Смирнов Ю.М. Система моделювання поведінки роботів у багатоагентному середовищі // Системний аналіз та інформаційні технології: матеріали 15-ї Міжнародної науково-технічної конференції SAIT 2013, Київ, 27-31 травня 2013 р. / ННК “ІПСА” НТУУ “КПІ”. – К.: ННК “ІПСА” НТУУ “КПІ”, 2013. – ст. 247-248.

УДК 681.3

## **ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НА GROOVY**

П. Г.Бивойно, Т.П.Бивойно

*Чернігівський державний технологічний університет, Україна*

Методи імітаційного комп’ютерного моделювання широко застосовуються в багатьох сферах діяльності людини. Але ефективність розробки імітаційних моделей і процесу моделювання суттєво залежить від вибору засобів програмування для реалізації імітаційної моделі.

В наш час для імітаційного моделювання існує велика кількість як універсальних засобів моделювання, так і проблемно-орієнтованих. Ці засоби можна поділити на декілька груп.

До першої групи можна віднести поширені універсальні мови програмування, що поєднані із сучасними середовищами програмування, такі як Object Pascal, C++, C#, Java, SmallTalk, що дозволяють реалізувати на комп’ютері модель досліджуваної системи та забезпечити проведення експериментів з цією моделлю. Використання цих засобів надає програмісту багато можливостей для реалізації своїх ідей, але розробка застосувань для моделювання у такий спосіб трудомістка і доступна тільки кваліфікованим програмістам.

До другої групи можна віднести спеціалізовані пакети для моделювання такі як GPSS, Simulink. Ці засоби можуть використовуватися дослідниками, що не є кваліфікованими програмістами, і в той же час дають можливість достатньо ефективно створювати моделі та досліджувати. Але у цьому випадку модель створюється у рамках концепції, яка закладена розробниками пакету. До того ж такі пакети захищені авторським правом, в них закритий доступ до текстів програм і вони немало коштують.

Таким чином, кваліфікований програміст вимушений або витратити час, працюючи в універсальному середовищі, або змиритися з обмеженнями спеціалізованого середовища.

Вирішити дану проблему можливо за допомогою створення універсального середовища, яке б надавало програмісту засоби для ефективного вирішення стандартних проблем, що виникають при моделюванні, а з іншого боку не обмежував його жорсткими рамками пакету.

На кафедрі ІКС ЧДТУ вже багато років проводяться роботи по створенню такого середовища. Зокрема, створювалися і ефективно використовувалися у навчальному процесі середовища на SmallTalk[1], VisualAge\_for\_SmallTalk [2], C# [3]. Зараз у навчальному процесі на кафедрі на протязі більш ніж 5 років використовується фреймворк SimulationJava, який довів свою високу ефективність для побудови імітаційних та агентних моделей. Головне завдання програміста під час створення такої моделі в рамках цього фреймворка полягає у створенні на основі абстрактного класу Astar класів для активних компонент системи, що мають свої правила дії у часі. Правила дії виконуються у окремих потоках і їх можна призупиняти або на деякий час, або до виконання умови, або до комбінації часу і умови. Для цього у класі Astar реалізовано відповідні методи.

Але реалізація умови, що передається до методу затримки як параметр, на мові Java досить громіздка. Наприклад, щоб реалізувати очікування, поки у черзі з'явиться транзакція, треба написати такий код:

```
waitForCondition( new WaitCondition(){
    public boolean testCondition(){
        return q.size>0;
    }
    public toString{
        return “ у черзі мають бути заявки.”;
    }
})
```

У той же час мова програмування Groovy, підтримуючи практично усі можливості мови Java, дозволяє значно спростити написання подібних фрагментів коду завдяки можливості створювати об'єкти класу Clause. Виходячи з цього клас Astar фреймворку було переписано на мові Groovy, що дозволило реалізувати очікування, поки у черзі з'явиться транзакція, у вигляді одного рядка:

```
waitForCondition({q.size>0}, “ у черзі мають бути заявки.”);
```

Зважаючи на те, що правила дії активних об'єктів достатньо часто потребують реалізації зупинок до виконання деяких умов, можна сподіватися, що реалізація імітаційних моделей з використанням фреймворка, реалізованого на Groovy, спростить код правил дії об'єктів та зробить його зрозумілішим.

## Література

1. Бивойно П.Г., Казимир В.В. Соломаха В.В. Твердюков І.Б. Удосконалене середовище імітаційного моделювання. Вісник Чернігівського Державного Технологічного Університету, № 10, 2000.
2. Pavlo Buyoino, Volodymyr Pavlovsky, Pavlo Dudko. Simulation class library for IBM VisualAge SmallTalk. Матеріали 1-ї Міжнародної науково-технічної конференції „Сучасні комп’ютерні системи та мережі. ASCN-2003”. Львів, 2003.
3. Бивойно П.Г., Корнух В.О. Комплекс програмних засобів для агентного моделювання складних систем Вісник Чернігівського Державного Технологічного Університету, № 34, 2008.

УДК 004.031.6

### АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ВЕРИФИКАЦИИ МОДЕЛЕЙ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

<sup>1</sup>В.В. Литвинов, <sup>1</sup>И.В.Богдан, <sup>2</sup>В.В. Бегун

<sup>1</sup>*Черниговский государственный технологический университет, Украина*

<sup>2</sup>*Национальный технический университет КПИ, Украина*

На данный момент существует достаточно большое количество инструментальных средств, выполняющих верификацию программного обеспечения и, в частности, верификацию моделей программного обеспечения, где под моделью чаще всего подразумевается множество базовых UML-диаграмм [1]. Однако, большинство таких инструментальных средств не являются свободно распространяемыми и кросс-платформенными.

UMLTester – это свободно распространяемое инструментальное средство для верификации моделей программного обеспечения, которое позволяет оценивать корректность UML-диаграмм. На данный момент UMLTester обеспечивает верификацию двух основных видов UML-диаграмм: диаграммы классов и диаграммы последовательности, однако в ближайшее время будет представлена возможность верификации всех UML-диаграмм из базового набора (диаграммы вариантов использования, диаграмма состояний и т.д.).

Так как UMLTester является Java-приложением, то работает на любой платформе, поддерживающей Java.

Ниже представлена архитектура данного инструментального средства.

В качестве инструментального средства для построения UML-диаграмм, которые в дальнейшем подлежат верификации, была выбрана утилита UML2 modelingtools, которая является бесплатной, обеспечивает создание базовых диаграмм, а также интегрируется с открытой средой разработки Eclipse.

Автоматизированная система верификации моделей программного обеспечения «UML Tester» состоит из таких основных модулей:

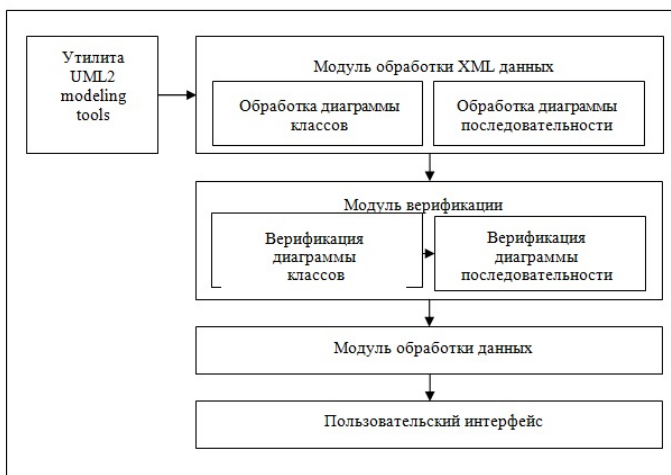


Рис. 1 – Архитектура инструментального средства «UML Tester»

1. Модуль обработки XML данных. В данном модуле происходит преобразование получаемых от утилиты UML-диаграмм в формате XML в java-объекты. Получение этих объектов происходит при помощи парсеров с использованием библиотеки dom4j, которая позволяет парсить DOM-дерево для Java.

2. Модуль верификации. В данном модуле происходит непосредственная верификация UML-диаграмм в комплексе несколькими подходами.

В настоящее время существуют такие основные подходы к определению корректности диаграмм классов [3]:

- метод линейных неравенств. Метод используется для диаграммы классов, которая включает типы сущностей(классы), n-арные типы отношений(ассоциации), и множественность ограничений. Он основывается на задаче нахождения решений системы линейных неравенств, для которых переменными являются количество экземпляров для типов сущностей и типов отношений.

- метод детектирующих (идентификационных) графов [2]. В методе используется ориентированный граф, узлы которого соответствуют классам и ассоциациям классовой диаграммы, а его дуги соединяют ассоциативные узлы с соответствующими им классовыми узлами. Цикл графа, вес которого меньше 1, указывает на невыполнимый набор ограничений.

- для объяснения причин некорректности и корректировки диаграмм классов также используется метод шаблонов [3]. Правильнее сказать, что данный метод основывается на антишаблонах – плохих

решениях типичных проблем. Они указывают на отрицательные проектные решения, и предлагают различные способы избавления от этих решений.

- метод множеств [4]. Согласно данному методу каждый класс, входящий в состав иерархии, представляется в виде множества. Далее создается система неравенств, в которую включаются все возможные неравенства и равенства, если такие имеются, между классами-множествами. Затем необходимо решить систему неравенств и если результатом станет не пустое подмножество, то данная иерархия классов построена корректно, если же пустое множество – иерархия классов не корректна.

Что касается диаграмм последовательности, то существует три основных метода их верификации:

- метод протоколов [5]. Идея данного метода заключается в том, что сообщения, находящиеся на диаграмме классов, сопоставляются с методами из диаграммы классов, после чего осуществляется проверка, соответствует данное сообщение какому-либо методу диаграммы классов или нет. В случае отсутствия соответствия, верификация не проходит.

- метод создания тестового драйвера. Суть метода состоит в том, что если объекту приходит какое-либо сообщение до сообщения о создании или после сообщения об удалении, то верификация не проходит. Также верификация не проходит в случае, если синхронное сообщение не получает последующего ответа.

- метод автоматов. Идея метода состоит в том, чтобы представить диаграмму в виде конечного автомата и проверять его на соответствие требованиям, выдвигаемым к автоматам.

#### 1. Модуль обработки данных.

В данном модуле происходит непосредственная идентификация ошибок, а также получение результата об успешной или не успешной верификации в целом.

#### 2. Пользовательский интерфейс.

Модуль отвечает за оптимизацию результатов и отображение их в наиболее удобном для пользователя виде.

Таким образом, автоматизированная система верификации моделей программного обеспечения UMLTester является кроссплатформенной, свободно распространяемой и позволяет одновременно несколькими методами производить верификацию каждой UML-диаграммы, что дает возможность получить наиболее достоверные результаты.

## **Литература**

1. Леоненков А. Самоучитель UML. Эффективный инструмент моделирования информационных систем / Леоненков А. – СПб.: BHV-Санкт-Петербург, 2001. – 304 с.



2. Fundamentals of Entity-Relationship Modeling / S. Hartmann, M. Lenzerini, P. Nobili [et al.] // *Annals Mathematics and Artificial Intelligence*. – 1993. – N 7. – P. 197 – 256.
3. Balaban M. Management of Correctness Problems in UML Class Diagrams – Towards a Pattern-based Approach / M. Balaban, A. Maraee, A. Stur // Beer Sheva: Department of Computer Science, Ben-Gurion University of the Negev. – 2002. – 33 p.
4. Calvanese D. On the Interaction between ISA and Cardinality Constraints / D. Calvanese, M. Lenzerini // *Proc. of the 10th IEEE International Conference on Data Engineering*. – Houston, Texas, USA. IEEE Computer Society. – Washington, DC, USA, 1994. – P. 204 – 213.
5. Макгрегор Дж. Тестирование объектно-ориентированного программного обеспечения. Практическое пособие / Дж. Макгрегор, Д. Сайкс; пер. с англ. – К.: ООО «ТИД «ДС»», 2002. – 432 с.

УДК 519.766.4

## **ВИКОРИСТАННЯ БАЙЄСІВСЬКИХ МЕТОДІВ В КОНТЕКСТІ АКТУАРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ**

К.І. Боярова

*Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут», Україна  
Інститут прикладного системного аналізу, Україна*

Важлива частина актуарної практики включає в себе побудову моделей і рішень для фінансових, ділових і соціальних проблем, пов'язаних з невизначеністю майбутніх подій. При моделюванні таких подій часто невизначеність моделюється за допомогою статистичних моделей або моделей і методів, які відносяться до інтелектуального аналізу даних.

Статистичний байєсівський метод розглядає всі невідомі параметри, що входять в статистичну модель, як випадкові величини, і визначає їх розподіл залежно від відомої апріорної інформації [1]. Такі методи давно використовуються у сфері страхування як частина процесу оцінювання ризиків та встановлення страхових премій. Велика кількість загальних актуарних проблем, пов'язаних з прогнозуванням на основі математичних або статистичних моделей, добре підходять для використання байєсівського методу. Можна стверджувати, що байєсівська парадигма є найбільш природним і зручним способом для реалізації та аналізу багатьох моделей, що виникають в актуарній науці, страхуванні і ризик-менеджменті. Це можна пояснити тим, що моделі такого типу дають можливість враховувати експертну і статистичну інформацію, будувати складні багатовимірні розподіли даних, оцінювати параметри з використанням сучасних методів, зокрема методу Монте-Карло для марковських ланцюгів. Вони можуть бути успішно

використані для виявлення наявних зв'язків між змінними та для оцінювання коротко- або середньострокових прогнозів.

Однак, до недавнього часу байєсівський аналіз таких статистичних моделей був майже непридатним для виконання обчислень, замість точних обчислень часто використовувались наближені методи. Ситуація змінилася після повторного відкриття в статистичній літературі таких комп'ютероорієнтованих методів як Монте-Карло для марковських ланцюгів (МКМЛ), наприклад, на основі алгоритму Метрополіса-Гастінгса або алгоритму Гіббса та інших модифікацій.

Ці методи знайшли досить широке використання в контексті актуарної науки. Зокрема, їх використовують для розв'язання таких задач: (1) для проведення байєсівського моделювання у просторі станів нестандартних актуарних часових рядів; (2) для реалізації байєсівського аналізу моделі у формі так званих одночасних рівнянь при встановленні страхових тарифів; (3) для реалізації байєсівського аналізу ієрархічної моделі для рівня показника використання страхування для хворих, що не підлягають госпіталізації; (4) для оцінювання рівня смертності та оцінювання параметрів, що входять у деякі моделі стохастичної волатильності доходів; (5) при проведенні байєсівського аналізу деяких узагальнених моделей Пуассона для даних по частоті позовів; (6) в контексті резервування коштів на виплату страхових відшкодувань, (7) для здійснення аналізу ієрархічних моделей довіри для класифікації визначення тарифів і прогнозування частоти відліків в страховій компенсації працівникам; (8) для аналізу складених моделей для страхових випадків. Цей перелік не є вичерпним, але він достатній, для ілюстрації успішного застосування методів МКМЛ в різних актуарних розрахунках та дослідженнях.

Хоча велика кількість зазначених актуарних моделей є легкими для сприйняття актуарними практиками і дослідниками, використання байєсівського аналізу на основі МКМЛ вимагає значних наукових знань та можливостей програмування. Ця проблема була вирішена завдяки спеціалізованому програмному забезпеченню для здійснення аналізу МКМЛ, а саме пакету програмного забезпечення BUGS і WinBUGS. BUGS (Bayesian inference Using Gibbs Sampling) є аббревіатурою, що розшифровується як байєсівський висновок з використанням вибірки Гіббса. BUGS – це спеціалізований програмний пакет для проведення аналізу повної імовірнісної моделі на основі МСМС, в якому всі невизначеності розглядаються як випадкові величини. Його мова програмування легка для розуміння і надає можливість користувачеві задавати пряму специфікацію повної ймовірнісної моделі, оцінювати параметри, виконувати калібрування моделей та обчислювати оцінки прогнозів.

З точки зору актуаріїв, програмне забезпечення BUGS/ WinBUGS далеке від досконалості, адже воно не підтримує весь спектр популярних ризиків і частотних розподілів у явному вигляді, і не підтримує довільно округлені або згруповані дані в бажаній мірі. Однак, BUGS і WinBUGS – це дуже зручні інструменти для реалізації байєсівського аналізу широкого спектру даних та побудови актуарних моделей, що робить його використання більш доступними для актуаріїв середнього класу.

### **Література**

1. Scollnik D. P. M. Actuarial Modeling with MCMC and BUGS // North American Actuarial Journal. – 2001. – P. 96-125.

УДК 537.1

### **EVALUATION OF INTEGRALS USING THE ERROR FUNCTION AND ERROR FUNCTION OF IMAGINARY ARGUMENT**

<sup>1</sup>Ramit Azad, <sup>2</sup>Ermolaev Yu. G., <sup>3</sup>Bychko V.A.

<sup>2</sup>*Department of Operations Management American International University-Bangladesh, Dhaka, Bangladesh*

<sup>3</sup>*Department of Theoretical Physics Peoples Friendship University of Russia, Russia*  
<sup>3</sup>*Chernihiv State Technological University, Ukraine*

Searches for the basic reasons and mechanisms of generation of magnetism at macro objects go to several directions. One of them is connected to the rotation of celestial bodies and in general of any macro object. Theoretical and experimental researches in this direction are going on till now.

The aim of the present work is obtaining various expressions for distribution of the displaced (uncompensated) charges inside a thin metal rotating disk. Obtainment of the general expressions obviously demanded mathematical tools. The used model has given some integral expressions. To get the necessary physical quantities we needed the evaluation of those integral expressions.

**Used model.** As model of laboratory scale we take a thin metal disk covered with ideal isolator to avoid the exchange of electrons with the external bodies. The crystal lattice is considered absolutely firm (it is not deformed under the influence of centrifugal forces). The kinetic theory of electroconductivity of metals (rigid bodies) is based on a hypothesis that the electrons move freely between ions of a crystal lattice in relation to which « free electrons » behave as "gas" (electronic gas). These electrons, moving on a crystal lattice owing to thermal movement, remain nevertheless in sphere of electric influence of ions. If on electrons of conductivity does not act any force, except forces of electric interaction with ions, then at any quite small area of the substance of the disk remains electrically neutral.

Let us consider a rotating disk of radius  $R_d$ . Experimentally established fact of the appearance of a potential difference between the centre and a peripheral part of a rotating metal disk [1] speaks that at rotation of a disk, by virtue of inertial properties of free charge carriers (electrons) there occurs their displacement to periphery, i.e. there occurs axial-symmetric distribution of density of free electrons, dependent on radius and angular speed of rotation  $\omega$ , means  $n(r, \omega)$ . Thus the maximum value of  $n(r, \omega)$  reaches on the rim of a disk and its minimum value is at the centre

Effective density of charge we write as

$$\rho_e = e \cdot [n(r, \omega) - n_0] \quad (1)$$

Where,  $n_0$  - density of free charge carriers in a non rotating disk and  $e$  - charge of an electron.

For function  $n(r, \omega)$  should satisfy the condition of the conservation of number of free charge carriers that is the equation:

$$\int_{(V)} n(r, \omega) \cdot \delta \cdot dv = n_0 \cdot \delta \cdot \pi R_d^2 \quad (2)$$

Where  $\delta$  is the thickness of disk,  $R_d$  its radius and  $dv = 2\pi r dr$ . Then the equation (2) becomes

$$\int_0^{R_d} n(r, \omega) \cdot 2\pi r \cdot dr = n_0 \cdot \pi R_d^2 \quad (3)$$

The equation (3) is a normalization condition. For function  $n(r, \omega)$  should satisfy the equation

$$n(r, \omega) = \left|_{r=R_d} = n_0 \quad (4)$$

Where  $0 < R_d < R$  and  $R_d = f(R, \omega)$ .

We consider electronic gas in approximation of independent and free electrons. That is set of electrons of conductivity is considered as ideal gas obeying Clapeyron-Mendelev equation

$$pV = \frac{M}{\mu} RT \quad (5)$$

Where,  $p$ -pressure,  $V$ -volume,  $M$ -weight of gas,  $\mu$ - molar mass,  $R$ - the universal gas constant,  $T$ -temperature. We shall consider, that this equation is written down for electronic gas composing in a disk. Then the disk is rotated with a constant angular speed  $\omega$ .

Since due to the rotation a centrifugal force act on electrons and occur redistribution of electrons and after some time in the disk is established static axial-symmetric distribution of density of the displaced charges dependent on radius and angular speed of rotation as on parameter

$$n = n(r, \omega) \quad (6)$$

It is obvious, that an axial-symmetric electric field is produced, action of which is directed against centrifugal forces. Let's determine the kind of distribution (6). What happens at the point  $r$  to unit volume of electronic gas after the disk started rotating?

Now using the equilibrium condition of a unit area perpendicular to radius and standing from the centre at a distance  $r$ . From the right side on the area acts the pressure of electronic gas determined by expression

$$p = kn(r, \omega)T \quad (7)$$

Where,  $k$ - Boltzmann's constant. And at the left integrated result of the action of centrifugal forces on all particles of gas taking place in an interval from 0 up to  $r$  (see fig. 1).

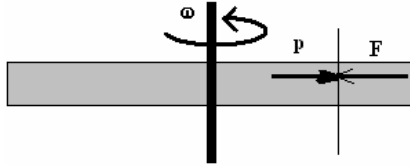


Fig. 1. Rotating thin metallic disk, where,  $r$  – radius;  $p$ - the pressure of electronic gas  $F$ - centrifugal forces

Thus, we can write down equilibrium condition as follows

$$\int_0^r n(r, \omega)m\omega^2 r dr = kn(r, \omega)T \quad (8)$$

Let us assume that the given correlation is true for any value of  $r$ , we shall write down for  $r=R_d$

$$\int_0^{R_d} n(r, \omega)m\omega^2 r dr = kn(r, \omega)T \quad (9)$$

Here  $R_d$  = radius of the disk.

Distribution received from the last equation should satisfy the condition of normalization which consists in the requirement of preservation of full number of particles of electronic gas in the disk

$$\int_0^{R_d} n(r, \omega)2\pi r dr = \pi R_d^2 n_0 \quad (10)$$

So, we have

$$\int_0^{R_d} n(r, \omega)m\omega^2 r dr = kn(r, \omega)T \quad (11a)$$

$$\int_0^{R_d} n(r, \omega) 2\pi r dr = \pi R_d^2 n_0 \quad (11b)$$

Let's search for the density of displaced charges as

$$n(r, \omega) = A \exp(\alpha r^2) \quad (12)$$

We should find out A and  $\alpha$ . Putting value of  $n(r, \omega)$  in (11a) we receive

$$\int_0^{R_d} A \exp(\alpha r^2) m \omega^2 r dr = k A \exp(\alpha R_d^2) T \quad (13)$$

Solution of the integral gives

$$\alpha = \frac{m \omega^2}{2kT} \left( 1 - \frac{1}{e^{\alpha R_d^2}} \right). \quad (14)$$

For big values of  $R_d$

$$\alpha \approx \frac{m \omega^2}{2kT} \quad (15)$$

At  $\omega = 240000$  cycle/sec and  $T = 300^\circ\text{K}$ ,  $m \omega^2 / 2kT = 0.0694$ .

The numerical solution of the equation (14), at  $\omega = 240000$  cycle/sec and  $T = 300^\circ\text{K}$ , gives  $\alpha = -4,09$  at  $R_d = 1$  and  $\alpha = 0,0693$  at  $R_d = 10$ . It means that  $\alpha$  is a function of the radius of disk. Besides at big values  $R_d$ , value  $\alpha$  approaches to value  $m \omega^2 / 2kT$ . At the big values  $\omega$ , value  $\alpha$  will conduct itself as well.

Let's define A. Putting value  $n(r, \omega)$  in we receive

$$\int_0^{R_d} A \cdot \exp(\alpha r^2) 2\pi r dr = \pi R_d^2 n_0 \quad (16)$$

Solving this equation we receive the value of A

$$A = \frac{\alpha R_d^2 n_0}{e^{\alpha R_d^2} - 1} \quad (17)$$

For Al,  $n_0 = 18.06 \times 10^{28} / \text{m}^3$ , for Au,  $n_0 = 5.96 \times 10^{28} / \text{m}^3$

Table 1

$R_d$	$\alpha$	A (for Al)	A (for Au)
1	-4,09	$75.14 \times 10^{28}$	$2.48 \times 10^{28}$
10	0,0693	$1.22 \times 10^{27}$	$4.043 \times 10^{26}$

Thus, density of free charges carriers obeys the distribution:

$$n(r, \omega) = \frac{\frac{m\omega^2}{2kT} \left(1 - \frac{1}{e^{\alpha R_d^2}}\right) R_d^2 n_0}{\exp\left[\frac{m\omega^2}{2kT} \left(1 - \frac{1}{e^{\alpha R_d^2}}\right) R_d^2\right] - 1} \times \exp\left[\frac{m\omega^2}{2kT} \left(1 - \frac{1}{e^{\alpha R_d^2}}\right) r^2\right] \quad (18)$$

Let's make numerical estimations:

If we take thin metal disk of aluminum (Al) and gold (Au), then At,  $\omega = 240000$  cycle/sec =  $25,120 \times 10^3$  radian/sec,  $T = 300$  K,  $n_0$  for Al =  $18,06 \times 10^{28}$  /m<sup>3</sup>,  $n_0$  for Au =  $5.96 \times 10^{28}$  /m<sup>3</sup>, At  $r = R_d$

Table 2

Metal	r m	$n_0$ m <sup>-3</sup>	$n(r, \omega)$ m <sup>-3</sup>
Al	1	$18.06 \times 10^{28}$	$1.258 \times 10^{28}$
	10		$1.247 \times 10^{30}$
Au	1	$5.90 \times 10^{28}$	$4.151 \times 10^{26}$
	10		$4.131 \times 10^{30}$

At the big values of radius of the disk and the equation (18) becomes

$$n(r, \omega) = \frac{\frac{m\omega^2}{2kT} R_d^2 n_0}{\exp\left[\frac{m\omega^2}{2kT} R_d^2\right] - 1} \times \exp\left[\frac{m\omega^2}{2kT} r^2\right] \quad (19)$$

Let us assume that the disk is too big and its radius is equal to the radius of the Earth. Then for  $R_d = 6.4 \times 10^3$ , at  $r = R_d$

Table 3

Metal	r m	$n_0$ m <sup>-3</sup>	$n(r, \omega)$ m <sup>-3</sup>
Al	$6.4 \times 10^3$	$18.06 \times 10^{28}$	$8.022 \times 10^{32}$
Au	$6.4 \times 10^3$	$5.90 \times 10^{28}$	$2.647 \times 10^{32}$

Both the numerical estimations show that the  $n(r, \omega)$  is increasing at the periphery.

Use of the Boltzmann distribution the density of free charge carriers takes the same value. Thus, we can conclude, that inside a thin rotating metal disk the distribution of the density of free charge carriers close to Boltzmann distribution.

Expression (18) and (19) is not quite correct even in the accepted simplifying assumptions. The matter is that the kind of integral (9) assumes, that on a unit area located at a distance  $R_d$  presses a column of electronic gas of

constant cross section. While the section of the column of electronic gas varies linearly from unit at  $r = R_d$  up to zero at  $r = 0$ .

For elimination of mistakes in integral (9) it is necessary to multiply integrand expression into  $r/R_d$ . This multiplier provides linear change of cross section of a column of electronic gas.

Thus more correct expression (in the place of (9)) will take the form

$$\int_0^{R_d} \frac{r}{R_d} \cdot n(r, \omega) m \omega^2 r dr = kn(r, \omega) T \quad (20)$$

Normalization condition (10) remains unchanged.

Just as in the previous case for the density of displaced charges we shall search in the form

$$n(r, \omega) = A' \exp[\alpha' r^2] \quad (21)$$

Where  $A'$  and  $\alpha'$  already differ from  $A$  and  $\alpha$ . It is necessary to define  $A'$  and  $\alpha'$ . But as the normalization condition has not changed, analogically (17) for normalization constant we can write in the form

$$A' = \frac{\alpha' R_d^2 n_0}{\exp[\alpha' R_d^2] - 1} \quad (22)$$

In this expression  $\alpha'$  it is defined by the numerical solution of the equation received from (20) after the statement in it of expression (21) i.e.

$$\frac{m \omega^2}{R_d} \cdot \int_0^{R_d} \exp[\alpha' r^2] \cdot r^2 dr = kT \exp[\alpha' R_d^2] \quad (23)$$

Let,  $\alpha' = -\beta'$ . Then the equation becomes

$$\frac{m \omega^2}{R_d} \cdot \int_0^{R_d} \exp[-\beta' r^2] \cdot r^2 dr = kT \exp[\alpha' R_d^2]. \quad (24)$$

Let's do some simple transformations and apply the integration by parts. Finally,

$$\int_0^{R_d} \exp[-\beta' r^2] r^2 dr = \left\{ -\frac{R_d}{2\beta'} \cdot \exp[-\beta' R_d^2] + \frac{\sqrt{\pi}}{4(\beta')^{3/2}} \cdot \text{erf}\left(\sqrt{\beta' R_d^2}\right) \right\} \quad (2)$$

5)

Where,  $\text{erf}(z)$  - error function. Substituting value  $\beta$ , we receive



$$\int_0^{R_d} \exp[\alpha' r^2] \cdot r^2 dr = \frac{R_d}{2\alpha'} \cdot \exp[\alpha' R_d^2] - \frac{\sqrt{\pi}}{4(\alpha')^{3/2}} \cdot \operatorname{erfi}\left(\sqrt{\alpha' R_d^2}\right) \quad (25a)$$

After simple transformations and substitutions we have the expression

$$\int_0^{R_d} \exp[\alpha' r^2] \cdot r^2 dr = \left\{ \frac{R_d}{2\alpha'} \cdot \exp[\alpha' R_d^2] - \frac{\sqrt{\pi}}{4(\alpha')^{3/2}} \cdot \operatorname{erfi}\left(\sqrt{\alpha' R_d^2}\right) \right\} \quad (26)$$

Where,  $\operatorname{erfi}(z)$  - error function of imaginary argument.

Then the equation (20) becomes

$$\frac{m\omega^2}{R_d} \cdot \left\{ \frac{R_d}{2\alpha'} \cdot \exp[\alpha' R_d^2] - \frac{\sqrt{\pi}}{4(\alpha')^{3/2}} \cdot \operatorname{erfi}\left(\sqrt{\alpha' R_d^2}\right) \right\} = kT \cdot \exp[\alpha' R_d^2] \quad (27)$$

So

$$\alpha' = \frac{m\omega^2}{2kT} \cdot \left\{ 1 - \frac{1}{\exp[\alpha' R_d^2]} \cdot \frac{\sqrt{\pi}}{4(\alpha')^{1/2} R_d} \cdot \operatorname{erfi}\left(\sqrt{\alpha' R_d^2}\right) \right\}. \quad (28)$$

If it is possible to neglect the second term inside brackets, then

$$\alpha' \approx \frac{m\omega^2}{2kT}. \quad (29)$$

At  $\omega=240000$  cycle/sec and  $T=300^\circ\text{K}$ ,  $m\omega^2/2kT=0.0694$ . Putting this value, we shall check that whether it is possible to neglect this term. For different values of  $R_d$ , the estimation shows that  $\alpha'$  is a function of radius of the disk. Besides at big values  $R_d$ , value  $\alpha'$  comes nearer to value  $m\omega^2/2kT$ . At the big values of  $\omega$ , value of  $\alpha$  will conduct itself as well.

Table4

$R_d$	$\alpha'$	$A'$ (for Al)	$A'$ (for Au)
1	-0.091	$1.889 \times 10^{29}$	$6.173 \times 10^{-38}$
10	0,069	$1.257 \times 10^{27}$	$4.1 \times 10^{-26}$

Thus, considering electronic gas the ideal gas, satisfying the equation of Clapeyron-Mendeleev and assuming as a principal cause of redistribution of charges at rotation of a disk - centrifugal forces, we have received exponential dependence of the density of the displaced charges of the square of radius.

### Conclusion

1. Various expressions for the distribution of uncompensated charges are obtained.

2. The numerical estimations for some physical quantities are made.

3. Some integrals are evaluated using the error function and error function of imaginary argument.

## Bibliography

1. Novaku V. Introduction to Electrodynamics, Moscow. 1963
2. Gradstein I., Ryzhik I. Table of Integrals, Series, and Products, Academic Press, New York, 1980.
3. Prudnikov A.P., Brychkov Yu.A. and Marichev O.I. Integrals and Series, v. 2, Special Functions, Gordon & Brech Sci. Publ., New York,

УДК 004.82 (045)

### **ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ РОЗШИРЕНИХ МЕРЕЖ ПЕРЕХОДІВ ДЛЯ ЗДІЙСНЕННЯ СЕМАНТИЧНОГО АНАЛІЗУ СКЛАДНИХ РЕЧЕНЬ ПРИРОДНОЇ МОВИ**

А.І.Вавленкова

*Національний авіаційний університет, Україна*

Змістовний аналіз будь-якої текстової інформації передбачає встановлення семантичних зв'язків між окремими її частинами. Це неможливо без здійснення семантичного аналізу мінімальних комунікативних одиниць мови – речень, що повинні бути цілісними і передавати інформацію в усій складності залежностей і зв'язків [1]. Глибинній структурі довільного речення природної мови ставиться у відповідність її семантична інтерпретація. Тобто семантична компонента повинна містити правила, що перетворюють глибинні структури речень, породжені синтаксичною компонентою, у їх семантичне представлення [2].

*Семантичний аналіз* – це алгоритм, що дозволяє представити семантичну (змістовну) структуру речення та тексту у вигляді строгої формальної системи, шляхом аналітичного дослідження взаємозв'язків між окремими об'єктами та подіями з предметної області [3]. Таким чином, семантичний аналіз повинен пояснити, як речення природної мови розуміються, інтерпретуються та співвідносяться зі станами, процесами та об'єктами зовнішнього світу [4].

Семантична компонента представляє собою множину понять, що виражені словами та словосполученнями, пов'язані один з одним за змістом, формуючи при цьому деякий семантичний словник, в якому одиниці, що описуються, згруповані не формально (за алфавітом), а за семантичними множинами (класами, групами). Тобто такий словник базується на ієрархічній системі понять, відображає різні семантичні відношення між ними та є необхідним джерелом семантичної інформації для програм автоматичної обробки тексту.

На математичному рівні семантичний словник речення природної мови представляє собою орієнтований граф, вузлами якого є слова в їх основній словоформі, а дуги задають відношення між словами і можуть відображати ряд ознак. Саме така математична модель викорис-

товується в методі розширених мереж переходів. Цей метод базується на використанні *мережі переходів з кінцевим числом станів*, що задається множиною вузлів та направлених дуг, які їх з'єднують. Тут вузли відповідають не термінальним символам, а дуги – термінальним [5].

Синтаксичні зв'язки у реченнях називають за функцією залежного члена речення: означальні (між означенням і підметом, додатком, обставиною), обставинні (між присудком і обставинами), додаткові (між присудком і додатком), присудкові (між підметом і присудком). На основі такої класифікації і припущення про те, що довільне речення природної мови має певний структурний мінімум, для кожного речення можна побудувати мережу переходів з кінцевим числом станів. Наприклад, для складнопідрядного речення природної мови можна використати мережу переходів з кінцевим числом станів, яка має можливість викликати інші мережі як процедури. Це дозволяє простежити семантичні зв'язки між частинами складного речення.

Проаналізуємо речення *«Порядок застосування правил здійснюється на основі алгоритму, який запропонували експерти»*.

Нехай  $S$  – початковий стан мережі, а  $S^*$  – кінцевий.

Правила використання мережі переходів з кінцевим числом станів містять декілька етапів: необхідно обирати одну з направлених дуг, яка виходить з поточного вузла та пройти по ній; коли дуга пройдена, обрати один термінальний символ з підмножини, що відповідає цій дузі; далі продовжувати процес доти, доки не буде досягнуто кінцевий стан.

Для аналізу запропонованого речення буде використано три мережі переходів з кінцевим числом станів ( $A$ ), ( $B$ ) і ( $C$ ) (рис. 1), тоді етапи здійснення семантичного аналізу складнопідрядного означального речення будуть наступними:

1. Аналіз розпочинається з початкового стану  $S$  мережі ( $A$ ).

2. Далі управління передається до  $IMEH(A)$ , і початковим словом буде *«Порядок»*.

3. Мережа ( $B$ ) містить набір станів для можливого опису іменника, що є наступним словом у ланцюжку, тому з вузла  $IMEH(A)$  початкової мережі кінцевих станів відбувається виклик мережі ( $B$ ).

4. Управління передається до  $IMEH(B)$ , далі по мережі ( $B$ ) до  $IMEH(B)$  і до кінцевого стану  $IMEH(B)$ , внаслідок чого утворюється наступна послідовність кроків:  $S \rightarrow IMEH(A) \rightarrow IMEH(B) \rightarrow IMEH(B)$ .

5. Після повернення до початкової мережі ( $A$ ), активним вузлом  $DIЄ(A)$  буде слово *«здійснюється»*.

6. Наступний стан  $ПРИЙМ(A)$  і іменник «основі», від якого знову буде здійснюватися виклик мережі ( $B$ ).

7. Послідовність кроків до передачі управління стану  $СПОЛ(A)$  початкової мережі, матиме вигляд:  
 $S \rightarrow ІМЕН(A) \rightarrow ІМЕН(B) \rightarrow ІМЕН(B) \rightarrow ДІС(A) \rightarrow ПРИЙМ(A) \rightarrow ІМЕН(B) \rightarrow ІМЕН(B) \rightarrow СПОЛ(A)$

8. З вузла  $СПОЛ(A)$ , що відповідає за сполучник «який» відбувається виклик мережі ( $C$ ), управління передається в стан  $СПОЛ(C)$ .

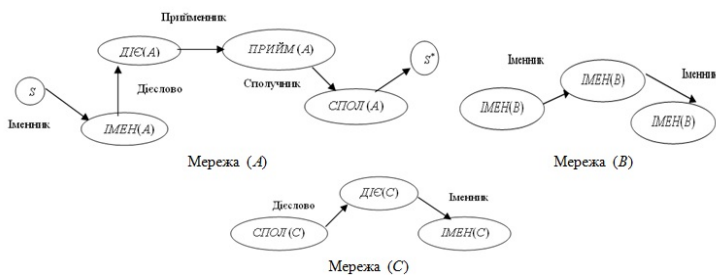


Рис. 1. Мережі переходів з кінцевим числом станів ( $A$ ), ( $B$ ) і ( $C$ )

9. Після проходження всіх станів мережі ( $C$ ) відбувається повернення до початкової мережі ( $A$ ) в кінцевий стан  $S^*$ .

10. Таким чином, виклик мереж з кінцевою послідовністю станів із множини заданих привів до утворення наступної послідовності кроків:

$$S \rightarrow ІМЕН(A) \rightarrow ІМЕН(B) \rightarrow ІМЕН(B) \rightarrow ДІС(A) \rightarrow ПРИЙМ(A) \rightarrow ІМЕН(B) \rightarrow ІМЕН(B) \rightarrow СПОЛ(A) \rightarrow ДІС(C) \rightarrow ІМЕН(C) \rightarrow S^*$$

Запропонована мережа переходів з кінцевим числом станів не універсальна. Якщо у реченні природної мови змінити порядок слів або збільшити кількість членів речень певного типу, мережа не буде здатна довести користувача до кінцевого стану  $S^*$ . Для того, щоб речення було сприйняте, необхідно буде вводити в мережу переходів з кінцевим числом станів цикли майже на кожен її термінальний символ. Таким чином мережа буде мати нескінчене число станів. Також за допомогою мережі переходів можна прослідкувати лише зв'язки між сусідніми словами, а встановити семантичні зв'язки між усіма словами в реченні не вдасться.

Проте, якщо представити речення природної мови у вигляді логіко-лінгвістичної моделі

*Здійснюється (порядок[застосування[правил]], основі[алгоритму]) & , запропонували(експерти, алгоритм)*

то мережу переходів можна було б будувати, використовуючи семантичні зв'язки, взяті з моделі (рис.2).

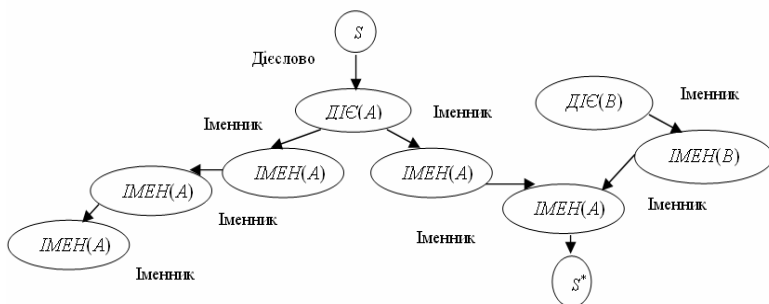


Рис. 2. Мережа переходів з кінцевим числом станів, побудована на основі логіко-лінгвістичної моделі

Таким чином, мережа переходів, побудована на основі логіко-лінгвістичної моделі, більш цілісно відображає структуру речення і дає можливість простежити зв'язок між простими реченнями, що входять до складу складносурядного.

### Література

1. Кронгауз М.А. Семантика / Кронгауз М.А. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 352 с.
2. Рубашкин В.Ш. Представление и анализ смысла в интеллектуальных информационных системах / Рубашкин В.Ш. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. – 192 с.
3. Вавіленкова А.І. Семантичний аналіз як необхідний етап у вилученні змісту з текстової інформації / А.І. Вавіленкова // Міжнар. наук.-техн. конф. «Інтелектуальні технології лінгвістичного аналізу»: тези доповідей. – К.: НАУ-друк, 2011. – С. 12.
4. Вавіленкова А.І. Принципи побудови семантичних графів / А.І. Вавіленкова // Міжнар. наук.-техн. конф. «Інтелектуальні технології лінгвістичного аналізу»: тези доповідей. – К.: НАУ-друк, 2012. – С. 8.
5. Хант Э. Искусственный интеллект / Хант Э. – М.: Мир, 1978. – 560 с.

УДК 004.9

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КООРДИНАЦІЇ СТРУКТУРИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ КОМП'ЮТЕРНОГО МОНІТОРИНГУ З БАГАТОРІВНЕВИМ ПЕРЕТВОРЕННЯМ ДАНИХ

С.В. Голуб, А.С. Авраменко

*Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, Україна*

Одною з важливих задач, яку розвивають при проектуванні ієрархічних багаторівневих структур – є узгодження взаємодій її

елементів. Розв'язку цієї задачі досягають шляхом удосконалення методів та засобів конструювання елементів, або підвищенням ефективності формування зв'язків між ними, що забезпечує реалізацію глобальної функції системи, яка, в свою чергу, здатна реалізувати глобальну задачу системи.

В даному випадку глобальною задачею системи – є забезпечення інформацією процесу прийняття рішень із управління техногенним навантаженням довкілля для зниження рівня захворюваності населення.

Глобальна функція являє собою ієрархічне поєднання індуктивних моделей [1] об'єктів моніторингу відповідних рівнів. В даній роботі розв'язується задача підвищення ефективності формування зв'язків між цими моделями.

На сьогодні процес координації структури інформаційної системи комп'ютерного моніторингу з багаторівневим перетворенням даних реалізується у відповідності до методу висхідного синтезу елементів [2]. Вихідні сигнали моделей, страт попереднього рівня формують масиви вхідних даних (МВД), на основі яких синтезуються моделі страт вищого рівня.

Запропоновано удосконалити метод формування МВД шляхом використання, в якості додаткових даних, характеристик структури страт нижніх рівнів. Таким чином, забезпечується оптимізація процесу формування міжрівневих взаємодій шляхом конструювання додаткових показників для МВД, що дозволяє підвищити адекватність результатів моделювання на виході глобальної функції. Значення критерію регулярності [1] цих даних в досліджуваних умовах знизилося на 34.712%.

## **Література**

1. Ивахненко А.Г. Индуктивный метод самоорганизации моделей сложных систем. Киев: Наук. Думка, 1981. 296 с.
2. Голуб С.В. Багаторівневе моделювання в технологіях моніторингу оточуючого середовища / С.В. Голуб. – Черкаси: Вид. від ЧНУ імені Богдана Хмельницького, 2007. – 218 с.

## АГЕНТНЫЕ МОДЕЛИ ОПЕРАЦИЙ

<sup>1</sup>В. В. Литвинов, <sup>2</sup>А. А. Задорожний, <sup>3</sup>В.В. Бегун

<sup>1</sup>*Институт проблем математических машин и систем НАНУ, Украина*

<sup>2</sup>*Черниговский государственный технологический университет, Украина*

<sup>3</sup>*Национальный технический университет КПИ, Украина*

**Введение.** В данном докладе предметом рассмотрения будет методология моделирования военных или спасательных операций на базе агентного подхода.

Агент [1] – это некоторая сущность, которая обладает активностью, автономным поведением, может взаимодействовать с окружением и другими агентами, может принимать решения на основании некоторого набора правил.

Операция – совокупность действий разнородных сил согласованных и связанных по цели, задачам, месту, времени, которые проводятся одновременно и последовательно в соответствии с единым замыслом и планом для решения задач на стратегическом или операционном направлении (в определенной зоне, районе) в установленный период времени.

**Типы агентов в моделях операций.** Агенты модели отличаются друг от друга наборами свойств, но более важным для агентного моделирования является поведение агентов. Поведение с точки зрения пространственного агентного моделирования это изменение агентом местоположения в пространстве, а также взаимодействие с другими агентами. В зависимости от наличия либо отсутствия способности передвижения в пространстве будем выделять активные и пассивные агенты. Активные агенты могут свободно изменять свое расположение в пространстве, в то время как пассивные агенты лишены этой возможности. Особым типом агентов являются агенты пространства, которые, подобно пассивным агентам не способны перемещаться в пространстве, но активно взаимодействуют с активными агентами в процессе их перемещения в пространстве.

Параметры активных агентов зависят от ресурсов, которые являются ограниченными, и их количество уменьшается в зависимости от действий активного агента с течением модельного времени. Ресурсы могут быть уничтожены, исчерпаны либо захвачены агентами противодействующего плана операции, в результате чего параметры активных агентов начинают стремительно уменьшаться. Например, при исчерпании ресурса «Топливо», агент «Автомобиль» прекращает свое движение, но остается цел, а исчерпание ресурса «Топливо» у летательного аппарата приводит к его уничтожению.

Если рассматривать в качестве примера модель боевой операции, то агенты можно классифицировать в зависимости от их положения в пространстве и принадлежности к одному из противодействующих планов операций. В зависимости от положения в пространстве агентов будем выделять, наземные, воздушные, водные и подводные агенты. К наземным агентам относятся, например взводы пехоты, бронетехника, к воздушным агентам – истребители, бомбардировщики, вертолеты, в качестве водных объектов будем рассматривать военные корабли и авианосцы, в качестве подводных агентов будем рассматривать подводные лодки. В зависимости от принадлежности к одному из противодействующих планов будут рассматриваться агенты типа «Свой» и «Чужой».

При инициализации модели операции на карте размещаются агенты оперативных составов противодействующих сторон. У каждой из сторон есть минимум три плана операции, которые могут быть наступательными, либо оборонительными. Например, при разработке плана наступления разрабатывается три возможных плана наступательной операции, которые могут быть как альтернативными и применяться в зависимости от сложившихся условий, так и одни планы могут быть рабочими, а другие фиктивными и использоваться для введения противника в заблуждение. При разработке оборонительного плана в ответ на наступательный план противника эксперты из личного опыта стараются предугадать планы противника и разработать как минимум три противодействующих плана. Состав участников разных планов может значительно отличаться, и необходимо формировать так называемый оперативный состав операции – такой минимальный набор сил, который позволит реализовать каждый из разработанных планов операции.

На начальном этапе прогона модели каждая из сторон владеет необходимым запасом ресурсов, количество и состав которых были определены экспертами для достижения задач операции, а также каждая из сторон обладает некоторыми начальными знаниями о составе и ресурсах противоположной стороны. Также эксперты прогнозируют, какой из планов противник будет использован с наибольшей вероятностью. Эти начальные знания о противнике являются не до конца определенными, и могут доопределяться в процессе боевой операции. Изменение знаний происходит в результате таких элементов боевой операции как разведка, маскирование, обманные маневры. Разведка делает знания о противнике более точными и увеличивает точность попадания снарядов, обманные маневры и маскировка ухудшают знания, снижают точность попадания и силу взаимодействия между агентами.

В качестве примера рассмотрим один из элементов модели операции – модель движения агента в пространстве и отображение этого



движения на карте с изменением свойств агента. Например, агент может двигаться по карте с уменьшением значения его свойства «Скорость», либо двигаться по агрессивной местности со снижением значения его свойства «Запас жизней». На рисунке 1 изображена модель движения активного агента «Спасатель» с уменьшением значений его свойств над агентами пространства «Лес» и «Зараженная территория». При движении над агентом пространства «Лес» у агента «Спасатель» уменьшается скорость, а при движении по агенту «Зараженная территория» - запас жизней.

Результаты прогона модели представлены на рисунках 2 и 3. На рисунке 2 представлен график изменения свойства «Запас жизней» при движении над агентом пространства «Зараженная территория». На рисунке 3 представлен график изменения свойства «Скорость» при движении над агентом пространства «Лес».

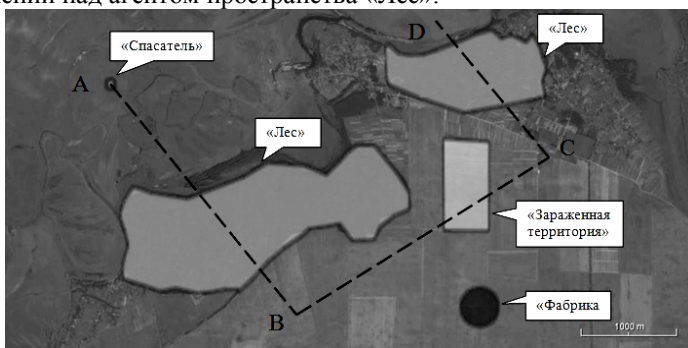


Рис. 1. Модель движения активного агента над агентами пространства с изменением значений его свойств

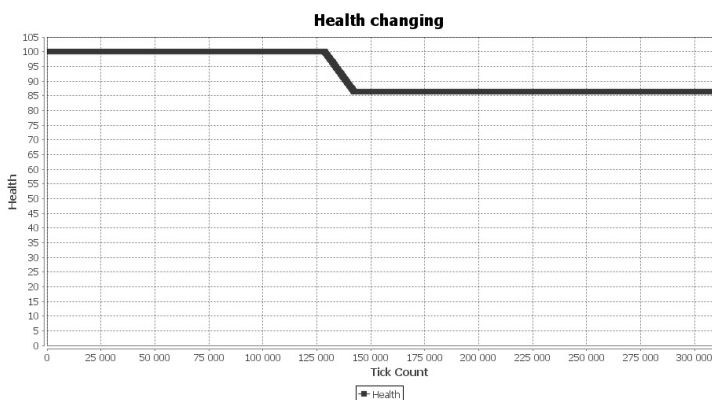


Рис. 2 – Уменьшение значения свойства «Запас сил» при прохождении пространственного агента «Зараженная территория»

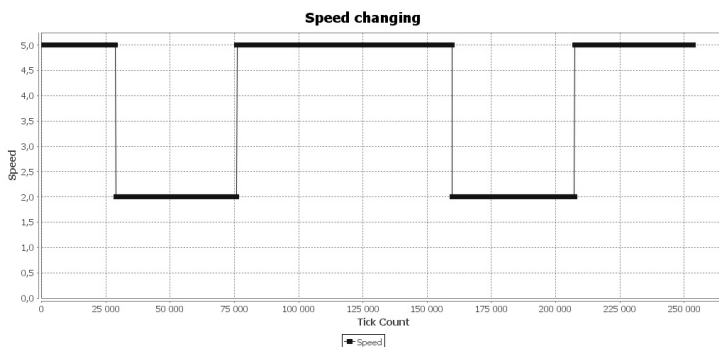


Рис. 3 - Уменьшение значения свойства «Скорость» при прохождении пространственного агента «Лес»

Агент «Спасатель» начинает свое движение с начальной точки А в точку В. Маршрут пролегает через агент пространства «Лес». Скорость продвижения спасателя находится на некотором абстрактном уровне 5. При достижении агента пространства «Лес», скорость продвижения уменьшается до некоторой абстрактной отметки 2. При достижении края агента пространства «Лес» скорость устанавливается на абстрактной отметке 5. Дальнейший маршрут пролегает через точки В и С через агент пространства «Зараженная территория». Запас жизней спасателя находится на некотором абстрактном уровне 100, при движении над агентом пространства «Зараженная территория», запас жизней падает линейно с каждым тиком. При достижении края зараженной территории запас жизней останавливается на некотором абстрактном уровне 85. Дальнейший маршрут пролегает через точки С и D над агентом пространства «Лес», который уменьшает скорость движения агента до значения 2.

Параметры агента «Спасатель» меняются либо мгновенно с одного значения на другое (скорость), либо линейно при продвижении модельного времени, но можно использовать генераторы случайных чисел и изменять свойства случайным образом.

В каком-то смысле агент можно рассматривать как объект в объектно-ориентированном проектировании. В этом смысле при проектировании модели взаимодействие объектов хорошо представимо в виде диаграмм последовательностей UML. Как и имитационные модели, они удобно и компактно отображают взаимодействие объектов, однако временные аспекты сценария взаимодействия остаются на уровне комментариев и ограничений. Однако интерпретация взаимодействия агентов может быть гораздо шире взаимодействия объектов в диаграммах последовательностей UML. Здесь могут приниматься во внимание, как пространственные факторы, так и сила воздействия.

**Выводы.** При моделировании боевых операций следует выделять типы объектов, которые будут присутствовать в модели. В связи с постановкой задачи моделирования действий противников все агенты можно разделить на две категории: противники и элементы пространства. Предполагается фиксированный набор взаимодействий между агентами: силовое воздействие, перемещение, ограничение значений параметров и т. д. Сценарии поведения модели хорошо представимы либо на карте, либо на расширенных диаграммах последовательностей. В зависимости от способа поведения выделяют активные и пассивные агента, а также специальный тип агентов – пространственные объекты.

## Литература

1. Карпов Ю.Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 400с.

УДК 004.514.6

## МЕТОД XML-ШАБЛОНОВ ДЛЯ ОПИСАНИЯ ПРОЦЕССОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЕДИНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ОКНА

В.В. Казимир, М.В. Харченко, В.В. Супрун, Л.М. Татарчук  
*Черниговский государственный технологический университет, Украина*

Разработка единого информационного окна (ЕИО) предполагает описание процессов его функционирования в виде моделей [1]. Модель состоит из этапов, атрибутов, настроек, пользовательских данных, документов, словарей, сообщений, и, в целом, представляет собой иерархическую структуру. Наиболее популярным форматом для представления иерархических данных является XML. Он позволяет в наглядном и удобном для обработки виде представить данные.

Общая структура абстрактного XML-документа, описывающего работу ЕИО, приведена ниже.

```
<root><!-- суперпользователь -->
<admin><!-- администратор системы -->
  <post/><!-- должность -->
  <doctype/><!-- тип документа -->
  <department><!-- организация (отдел) -->
    <user><!-- сотрудник -->
      <file><!-- загруженный файл -->
    </file>
  </user>
  <customer><!-- клиент -->
    <document><!-- документ (инициатор процесса) -->
  </document>
  <file><!-- загруженный файл -->
  </file>
</customer>
</department>
```

```

<model>
  <alias><!-- экземпляры документов, которые будут перемещаться в модели -->
    <doctype><![CDATA[link to /root/admin/doctype]]></doctype>
  </alias>
  <defination><!-- определение структуры основного документа модели -->
  <config><!-- настройка модели (начальный этап, атрибуты и файлы, доступ
ные клиенту после завершения работы модели)-->
  <action><!-- действие -->
    <subaction><!-- поддействие -->
      <action/><!-- ссылка на следующее действие -->
    </subaction>
  <responsible><!--исполнитель этапа-->
  </responsible>
</action>
</model>
</admin>
</root>

```

Согласно предложенному методу приведенная структура разбивается на отдельные составляющие, которые хранятся в базе данных (БД). Применяя технологию XML, одна запись БД хранит вместе данные и метаданные с проецированием названия объектов и их атрибутов на xml-теги, а данных – на значения тегов. Поскольку объекты (составляющие) могут быть связаны, предусмотрено создание ссылок между ними. Для этого в БД создана отдельная таблица. Таким образом, имеется БД в которой в виде текстовых записей хранятся xml-структуры, содержащие сведения о моделях, документах и пользовательских данных, а так же в этой БД содержатся связи между этими данными. Ниже в качестве примера приведена запись о модели:

```

<name>Модель аккредитации</name>
<author>Департамент научной деятельности и лицензирования</author>
<description>Модель процесса аккредитации учебных заведений</description>

```

Приведенная запись явно не связана с другими данными, но используя таблицу связей образуется абстрактный xml-документ, структура которого была приведена выше.

Так как в БД данные хранятся в формате XML, интерфейс пользователя также оперирует данными в формате XML. Для этого лучше всего подходят две технологии – XSL и XSLT.

Используя разработанную БД и технологию хранения объектных данных, разработку интерфейса можно разделить на два этапа: формирование данных в формате XML в соответствии с моделью отображения; преобразование подготовленных данных в формат HTML.

Формирование данных представляет собой подготовку DOM-документа, содержащего весь необходимый набор данных, который будет впоследствии преобразован в веб-страницу. Для построения иерархического документа был разработан набор специальных инструкций для формата XSL, после обработки которых производилось под-

ключение других DOM-документов и их объединение в один общий xml-документ.

Сформированные данные передаются в xslt-шаблон, который производит их обработку и преобразование в веб-страницу.

Пример инструкций, которые отвечают за выборку данных из БД и формирование xml-документа приведен ниже. В нем формируется список моделей.

```
<xsl:stylesheet xmlns:xsl="http://www.w3.org/1999/XSL/Transform" version="1.0">
  <xsl:template match="/">
    <xsl:element name="models">
      <xsl:attribute name="id"><xsl:value-of select="*/@id" />
    </xsl:attribute>
    <xsl:element name="model">
      <xsl:attribute name="action">link</xsl:attribute>
      <xsl:attribute name="tmpl">short</xsl:attribute>
      <xsl:attribute name="doctype">model</xsl:attribute>
      <xsl:element name="criteria"> ( type='model' ) order by cdate
      ASC</xsl:element>
    </xsl:element>
  </xsl:element>
</xsl:template>
</xsl:stylesheet>
```

Результатом выборки из БД будет следующий xml-документ с данными:

```
<?xml version="1.0"?>
<models id="-1" oid="101" pid="101" utype="admin" v="1">
  <model id="560" pid="101" utype="admin" v="1">
    <name>Модель аккредитации</name>
    <description> Модель процесса аккредитации учебных заведений </description>
    <author> Департамент научной деятельности и лицензирования </author>
    <used count="2"/>
  </model>
</models>
```

Дальнейшая работа с полученными данными осуществляется с помощью набора xslt-шаблонов на основе которых строится пользовательский интерфейс. Использование xslt-шаблонов значительно влияет на скорость разработки пользовательского интерфейса, поскольку выделяя наиболее частоиспользуемые части интерфейса в отдельные xslt-шаблоны, а затем, используя их путем комбинирования, можно быстро и эффективно создавать однотипные веб-страницы. Например, веб-страницы в большем объеме содержат различные элементы управления, кнопки, поля ввода, формы, меню, таблицы и тому подобное. Определив заранее такие части интерфейса отпадает необходимость разрабатывать их снова. Достаточно при проектировании интерфейса задавать соответствующие xslt-шаблоны частей интерфейса. xslt-парсер, в свою очередь, при разборе шаблонов веб-страниц будет заменять вызовы шаблонов частей интерфейса соответствующими элементами.

Для наглядного примера ниже приведен фрагмент кода отвечающий за формирование ссылки на страницу с выводом списка моделей заданного администратора. В нем атрибут `action` — одно из заранее заданных действий, которое может произвести пользователь, в данном случае он устанавливается в значение `view`, что означает отображение данных. Атрибут `doctype` определяет тип связи, в данном случае это список моделей, соответственно `models`. Атрибут `tmpl` определяет шаблон, в котором содержится запрос к БД для получения списка моделей и код формирования `xml`-документа. Атрибут `xslt` определяет `xslt`-шаблон, по правилам которого будет сформирована веб-страница с результатами (списком моделей администратора). Если в этом шаблоне будут содержаться ссылки, например, для более детального просмотра модели, соответственно он будет содержать похожие вызовы формирования ссылок для построения других веб-страниц.

```
<xsl:call-template name="design_url">
  <xsl:with-param name="action">view</xsl:with-param>
  <xsl:with-param name="doctype">models</xsl:with-param>
  <xsl:with-param name="tmpl">list</xsl:with-param>
  <xsl:with-param name="xslt">page_models_view.xslt</xsl:with-param>
</xsl:call-template>
```

Предложенный метод описания процессов функционирования ЕИО позволяет значительно ускорить разработку подобных систем за счет применения технологий XML, XSL, XSLT. Разбивая модель процесса функционирования ЕИО на составляющие в виде `xml`-кода их можно комбинировать в различные иерархические `xml`-документы, по которым в дальнейшем с помощью `xslt`-шаблонов формируются готовые веб-страницы.

## Литература

1. Харченко М.В. Технология построения единых информационных окон на основе встроенных моделей [Текст] / М.В. Харченко, В.В. Супрун, Л.М. Татарчук // Системный анализ и технологии: материалы 15-й Международной научно-технической конференции SAIT 2013, Киев, 27-31 мая 2013 г. / УНК “ИПСА” НТУУ “КПИ”. – К.: УНК “ИПСА” НТУУ “КПИ”, 2013. – С. 489-490.

## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕОРІЇ ВЗАЄМОДІЮЧИХ ПОСЛІДОВНИХ ПРОЦЕСІВ. ЧАСОВИЙ АСПЕКТ

О.М. Гайтан

*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка,  
Україна*

З ростом складності програмних систем проблема моделювання програмної архітектури починає займати важливе місце в дослідженнях сучасних учених у галузі комп'ютерних наук.

Для ефективного визначення атрибутів якості системи необхідно використання математичного апарату. Таким апаратом є CSP – теорія взаємодіючих послідовних процесів, запропонована відомим теоретиком інформатики Ч. Хоаром.

Однак недоліком даної теорії є абстрагування від поняття часу. Хоар вважає, що:

– подія відбувається миттєво, тобто є елементарною дією, яка не має протяжності в часі. Протяжна дія, яка вимагає часу, розглядається як пара подій, перша з яких відзначає початок дії, а друга – її завершення;

– події та процеси не прив'язуються точно до часу.

Перевагою такого підходу, на думку Хоара, є спрощення побудов і міркувань, їх застосовність до фізичних і обчислювальних систем будь-якої швидкості і продуктивності. Однак наслідком виключення часу є відмова від поняття одночасності, причинно-часових залежностей. Коли спільність подій істотна (наприклад, при синхронізації процесів), єдиний спосіб врахувати дану обставину – звести ці події в одну або дозволити спільним подіям відбуватися в будь-якому відносно один одного порядку. Крім того, абстрагування від часу призводить до неможливості чисельної оцінки тривалості процесу.

Мета даної роботи – введення часу в теорію взаємодіючих послідовних процесів Ч. Хоара для усунення описаних недоліків.

Введемо наступні підходи до модельного часу в моделюванні:

1. Перерахунок значення вихідного сигналу в моменти особливого стану, коли заздалегідь відомі моменти зміни вхідних сигналів і особливих станів системи (подійно-орієнтований підхід).

2. Перерахунок значення вихідного сигналу з фіксованим кроком. При такому моделюванні значення модельного часу на кожному такті збільшується на фіксовану величину. У цей момент можна обчислювати логічні умови і виконувати події. Недоліком даного підходу є можливість "перескочити" момент модельного часу, при якому агрегат

знаходиться в особливому стані. Дана реалізація модельного часу більш проста, але поступається попередній в ефективності.

3. Перерахунок значення вихідного сигналу в реальному часі.

Розглянемо введення часу в теорію взаємодіючих процесів Ч. Хоара.

Позначимо часову змінну як  $t$ , тоді опис процесу  $P$  приймає вигляд:

$$P = ((x_1, t_1) \rightarrow (x_2, t_2) \rightarrow \dots \rightarrow (x_n, t_n) \rightarrow P), \quad (1)$$

де  $t_n$  – час, наприклад кількість тактів, за які виконується подія.

При цьому закони, введені для процесів, зберігають свою дію, однак переписуються з урахуванням часу, наприклад:

$$((x, t_1) \rightarrow P) | (y, t_2) \rightarrow Q = ((y, t_3) \rightarrow Q) | (x, t_4) \rightarrow P \Leftrightarrow (t_1 = t_4) \wedge (t_2 = t_4). \quad (2)$$

Протоколи поведінки процесів приймають такий вигляд:

$$\langle (x_1, t_1), (x_2, t_2), \dots, (x_n, t_n) \rangle, \quad (3)$$

де  $t_n$  – час, за який виконується подія  $x_n$ .

Операції для роботи з протоколами залишаються незмінними. Однак введення часу дозволяє розширити функцію перейменування  $f$ , де  $f$  – ін'єктивна функція, що відображає послідовність символів з множини  $A$  в послідовність символів з множини  $B$ . При застосуванні даної функції до процесу  $P$  з алфавітом  $aP$ , де кожна подія пов'язана з часом, функція показує не лише зміну алфавіту, але і часу виконання цих подій, і ввівши часовий коефіцієнт масштабування, можна керувати модельним часом.

Протоколи процесу після перейменування отримуємо простою заміною окремих символів і часу виконання у всіх протоколах вихідного процесу.

Взаємодія процесів здійснюється за описаними в [1] законами, однак введення часу дозволяє розширити теорію взаємодіючих послідовних процесів введенням додаткових операторів [2]. Таке розширення теорії взаємодіючих послідовних процесів дозволить математично строго описувати причинно-часові залежності між елементами системи, а також чисельно оцінювати час їх виконання.

Наприклад, позначивши через час виконання процесу  $P = ((x_1, t_1) \rightarrow (x_2, t_2) \rightarrow \dots \rightarrow (x_n, t_n) \rightarrow P)$ , для префіксних-рекурсивного визначення подій отримаємо час виконання процесу як суму його складових  $t_1 \dots t_n$ .

Або наприклад, нехай

$$P = ((x_1, t_1) \rightarrow P) | (x_2, t_2) \rightarrow (x_3, t_3) \rightarrow P), \quad (4)$$

Тоді для  $t_1 < t_2 + t_3$  ми можемо оцінити інтервал часу виконання процесу  $P$  як:

$$t_1 \leq T(P) \leq t_2 + t_3. \quad (5)$$



В загальному випадку для процесів, що містять оператори вибору, оцінюється інтервал часу їх виконання  $T(P) \in [t_{\min}, t_{\max}]$ , а також при необхідності середнє оцінне значення:

$$\hat{T}(P) = \frac{t_{\min} + t_{\max}}{2} \quad (6)$$

або

$$\bar{T}(P) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i \quad (7)$$

де  $t_i$  – тривалість виконання процесу при виборі  $i$ -того варіанту;  $n$  – кількість альтернатив в операторі вибору.

Моделювання програмної архітектури за допомогою даної теорії дозволить ефективно оцінювати атрибути якості системи.

### Литература

1. Хоар, Ч., Взаимодействующие последовательные процессы / Ч. Хоар. – М: Мир, 1989. – 264 с.
2. Гайтан Е.Н. О временном представлении теории взаимодействующих процессов Хоара // «Математичні машини і системи». – Київ, 2011. - № 3. С. 130-134.

УДК 681.518.5

## МЕТОД ДИАГНОСТИКИ СЛОЖНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ

Е.В. Никитенко

*Черниговский государственный технологический университет*

Целью данной работы является разработка метода диагностики сложного электронного устройства. Под сложным электронным устройством можно понимать как уже готовую печатную плату, так и, к примеру, ноутбук или сложный преобразователь сигналов. Существующие алгоритмы и методы можно условно поделить на два типа по уровню диагностики:

- уровень логических элементов;
- уровень функциональных элементов.

Следует отметить, что диагностика на уровне логических элементов позволяет более детально анализировать устройство, что в свою очередь дает возможность более точно поставить диагноз и определить в каком состоянии тот или иной компонент. Чем более детальный уровень проверки, тем больше он требует памяти и процессорного времени, быстроедействие такого уровня алгоритмов также может быть далеко неидеальным.

Проверки такого уровня детальности нашли свое применение в основном на этапе производства устройства и тестировании уже готового продукта. На этапе эксплуатации устройства (например, микроконтроллера) зачастую нет необходимости обнаружения, какой из модулей микроконтроллера вышел из строя, так как проще и выгоднее заменить модуль на новый, чем ремонтировать старый.

Исходя из вышеперечисленных причин, алгоритмы диагностики на уровне логических элементов являются неправильным выбором. Поэтому необходим метод диагностики на уровне функциональных элементов.

Наиболее подходящим является способ диагностики радиоэлектронных устройств, включающий методы абстрактного анализа [1]. Главным его достоинством является высокий уровень универсальности. Данный метод оперирует функциональными блоками, под которыми будем понимать некоторую совокупность элементов, объединённых для выполнения одной логически завершённой задачи. Под функциональным элементом можно понимать также и логический элемент, как его подмножество. Каждый функциональный элемент рассматривается как некий многополюсник, в котором мы знаем, какой вход влияет на какой выход. Таким образом, при необходимости, данный способ может быть применен и на более низком уровне детализации.

Но этот алгоритм рассматривает устройство при идеальных условиях, чего в действительности быть не может. Тем самым, при проверке он опускает важные факторы, которые могут кардинально поменять порядок проверки функциональных элементов при обнаружении неисправности на каком-то из выходов устройства. Для улучшения точности обнаружения неисправного блока следует принимать во внимание все внешние факторы. Так как их большое количество, то для исследования мы выберем только некоторые из них.

Для исследования был выбран следующий список внешних факторов:

- температура;
- влажность;
- вибрация.

Для того чтобы оценить, насколько повлияли на состояние конкретного функционального элемента эти факторы в процессе его эксплуатации, нам необходимо будет знать заявленные в технической характеристике требуемые условия эксплуатации и условия, в которых он реально использовался.

После этого для каждого функционального элемента будет вычислен критерий, который показывает, насколько повлияли реальные условия на функциональный элемент за время его эксплуатации. Такой

критерий может быть посчитан для всего блока в целом или для каждого вывода в отдельности, если есть такая необходимость.

Рассмотрим формулу (1) подсчета весов выводов функциональных элементов, которая учитывает внешние факторы:

$$V = V_{ideal} + V_{real}, \quad (1)$$

где  $V_{ideal} = \{V_{ideal}^0, V_{ideal}^1, \dots, V_{ideal}^k\}$  – множество весов каждого вывода функционального элемента, рассчитанных согласно данному алгоритму.  $V_{real}$  представляет собой совокупность весов выводов функциональных элементов, зависящих от внешних факторов, которые представлены в (2):

$$V_{real} = V_{temp} + V_{wet} + V_{vibr}, \quad (2)$$

где  $V_{temp} = \{V_{temp}^0, V_{temp}^1, \dots, V_{temp}^k\}$  – весовые коэффициенты, рассчитанные согласно температурных условий, в которых находилось диагностируемое устройство,  $V_{wet} = \{V_{wet}^0, V_{wet}^1, \dots, V_{wet}^k\}$ ,  $V_{vibr} = \{V_{vibr}^0, V_{vibr}^1, \dots, V_{vibr}^k\}$  – весовые коэффициенты для влажности и вибрации соответственно.

Если не удалось получить информацию об условиях эксплуатации устройства, то значения в векторе веса соответствующего элемента могут равняться нулю, тем самым никаким образом не влияя на уже определенный стандартным алгоритмом порядок диагностики элементов. Нуль может быть как для всего элемента, так и для отдельных выводов в отдельности, если есть такая необходимость.

Схематическое представление процедуры генерации новых весов для определения порядка диагностики элементов можем увидеть на рисунке 1.

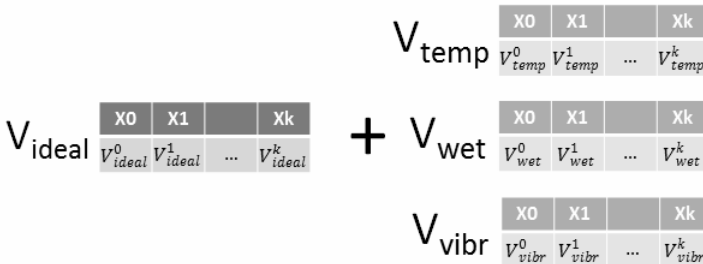


Рис. 1. Генерация новых весов

Вектор  $V$  – это вектор весов. Чем больше вес, тем раньше должен быть проверен элемент. Изначально этот вектор сформирован на основе алгоритма, который за основу берет связи в устройстве. Мы же к этому вектору прибавляем свои веса, основой которых есть внешние факторы. Приведем следующий пример: есть два функциональных элемента (ФЭ) ФЭ1 и ФЭ2. Пусть изначально вес у обоих будет 4. Диагностируемое устройство работало при влажности 80%. Если в технических характеристиках ФЭ1 написано, что он может работать при влажности до 75%, а у ФЭ2 – до 60%, то можем вывести весовые коэффициенты для ФЭ1 и ФЭ2. Например, 0.1 для ФЭ1 и 0.4 для ФЭ2. Просуммировав, получим окончательный вес для ФЭ1 – 4.1, для ФЭ2 – 4.4. Следовательно ФЭ2 должен быть проверен раньше, чем ФЭ1.

Таким образом, при проверке очередность более подверженного внешним факторам функционального элемента возрастает, что сокращает время на диагностику и определения неисправности в устройстве.

### Литература

1. Дубов А. В., Капранов А. П., Сускин В. В., Шевченко В. Ф. Об одном варианте решения технического диагностирования радиоэлектронных средств// Управление большими системами. – Москва, 2010. – с. 363-377.

УДК 519.85

## ПРОГРАМНЕ РОЗВ'ЯЗАННЯ ДЕЯКИХ ЗАДАЧ ОПТИМІЗАЦІЇ НА КОМБІНАТОРНИХ МНОЖИНАХ

О.С. Пічугіна, О.І. Кравець

*Полтавський національний технічний університет, Україна*

**Вступ.** Задачі комбінаторної оптимізації виникають дуже часто в нашому повсякденному житті, коли нам необхідно, наприклад, скласти набір з окремих речей, оптимальний із певної точки зору і який задовольняє певні вимоги. Усі ці задачі далеко нетривіальні й досить часто відносяться до класу NP-складних. Але приємно відзначити, що деякі з них зводяться до задач безумовної лінійної або квадратичної задач, які можуть бути розв'язані в явному вигляді або для яких можна отримати якісні наближені розв'язки, виходячи з досліджених геометричних та алгебро-топологічних їх властивостей.

Так, наприклад, розв'язок лінійної задачі (далі Задача 1) на комбінаторних множинах переставлень, розміщень та деяких класів сполучень, а також відповідних полімножинах, еквівалентний розв'язанню задачі на відповідних комбінаторних многогранниках (КМ), більш того, особливості даних евклідових комбінаторних множин (ЕКМ) [1] такі, що дозволяють цей розв'язок записати в явній

формі. Якщо ми перейдемо від розгляду лінійної функції до оптимізації многочлена другого степеня (далі Задача 2), ситуація значно погіршиться. І одержана квадратична задача на ЕКМ стає NP-складною. Але, використовуючи відомі властивості ЕКМ, можна одержати якісні нижні оцінки цільової функції (далі Задача 3), використовуючи замість оптимізації на ЕКМ, релаксовану задачу на КМ (далі Задача 4).

Якщо цільова функція опукла, для розв'язання задачі 4 оптимізації на КМ пропонується застосовувати спеціальний прийом, а саме, використати модифікацію відомого методу Франка-Вулфа (МФВ) опуклої оптимізації, де при розв'язанні допоміжної лінійної задачі на КМ, яка сама по собі може бути складною за рахунок великої кількості обмежень КМ, використати явний розв'язок лінійної задачі 1.

Слід відзначити, що якщо задача 3 розв'язується на вершинно розташованих множинах, якими є переставлення, розміщення та відповідні полімножини, указана модифікація МФВ може використовуватися для довільної цільової функції, адже задача 4 у даному випадку еквівалентна оптимізації опуклого продовження вихідної функції з ЕКМ на відповідний КМ [2].

**Постановка задачі.** Потрібно знайти екстремум деякої функції  $f(x)$  на евклідовій комбінаторній множині (ЕКМ) [1]  $E$  точок простору  $R^n$ , отже, розв'язується задача  $f(x) \xrightarrow{x \in E} \text{extr}$ .

Було розглянуто два класи функцій – лінійну та квадратичну, декілька множин, а саме: а) базові множини - кортежі, переставлення, розміщення та сполучення; б) композиційні образи [2] базових, зокрема: а) кортежі кортежів, переставлень, розміщень та сполучень; а) переставлення кортежів, переставлень, розміщень та сполучень; в) розміщення кортежів, переставлень, розміщень та сполучень; а) сполучення кортежів, переставлень, розміщень та сполучень.

Було створено програму для розв'язання задач 1-4 на деяких ЕКМ. Викладемо основні можливості програми і основні ідеї реалізованих алгоритмів.

**Задача 1.** Розглянемо лінійну задачу на ЕКМ  $E$ . Треба знайти точку, у якій досягається мінімум лінійної функції на образі  $E_f$  ЕКМ  $E$  в просторі  $R^n$ :

$$F(x^*) = \min_{x \in E_f} F(x), \quad x^* = \arg \min_{x \in E_f} F(x), \quad (1)$$

де  $E_f$  –  $e$ -множина простору  $R^n$ ,  $F(x)$  – лінійна функція:

$$F(x) = c^T x, \quad c, x \in R^n. \quad (2)$$

Для таких добре вивчених множин, як переставлення та розміщення відомий розв'язок задачі (1-3) [1]. А саме:

а) для того щоб знайти його на  $n$ -переставленнях  $E_{nk}(G)$  із мультимножини  $G$ , що містить  $k$  різні елементи, достатньо впорядкувати коефіцієнти цільової функції і поставити у відповідність упорядковані елементи мультимножини [1], тобто, якщо  $c_i \leq c_{i+1}$ ,  $g_i \leq g_{i+1}$ ,  $i \in J_{n-1}$  ( $J_n = \{1, \dots, n\}$ ), то розв'язком (1-3) буде:

$$x^* \in R^n : x_i^* = g_{n-i+1}, i \in J_n; \quad (3)$$

б) для множини  $E_{nk}^n(G)$   $n$ -розміщень із  $G$  із  $\eta$  елементів,  $k$  яких різні, ще враховується кількість від'ємних та додатних коефіцієнтів (2) [1], а саме якщо  $c_1 \leq \dots \leq c_s \leq 0 < c_{s+1} \leq \dots \leq c_n$ ,  $c_0 = 0$ ,  $s \in J_n^0 = J_n \cup \{0\}$ , то  $x_i^* = g_{\eta-i+1} \quad \forall i \in J_s$ ;  $x_{s+i}^* = g_{\eta-n+i} \quad \forall i \in J_r$ , де  $r+s=n$ ;  $r, s \in J_n^0$ .

Для розв'язання лінійних задач на композиційних образах [3], властивості яких ще не достатньо досліджено, а також на сполученнях реалізовано метод повного перебору, оскільки для них інших методів пошуку розв'язку ще не знайдено. Для реалізації повного перебору було створено програмний блок, що дозволяє згенерувати всі композиційні образи, що утворюються з ЕКМ переставлень, розміщень, сполучень та кортежів. Ця частина програми дозволяє автоматизувати процес генерації цих комбінаторних множин і, як результат, використати його для дослідження їхніх властивостей, які ще мало вивчені.

**Задача 2.** Нехай ми розглядаємо задачу мінімізації деякої довільної функції  $f(x)$  на переставленнях  $x \in E_{nk}(G)$ . Враховуючи вершинну розташованість цієї множини [1,2], ця задача може бути завжди зведена до оптимізації опуклої функції  $F(x)$ , де  $F(x)$  – опукле продовження функції  $f(x)$  [2].

Так, зокрема, якщо ми розглядаємо квадратичну задачу:

$$f(x) = x^T A x + b^T x \rightarrow \min_{E_{nk}(G)}, \quad (2)$$

то задача, еквівалентна їй, одержується з даної таким чином:

$$F(x) = x^T A' x + b^T x \rightarrow \min_{E_{nk}(G)}, \quad (3)$$

де

$$F(x) = f(x) + kx^T x, k \geq 0. \quad (4)$$

**Задача 4.** Нехай треба знайти мінімум опуклої функції на деякій опуклій множині:

$$z = F(x) \xrightarrow{P} \min, P - \text{опукла.} \quad (5)$$

Починаючи з допустимої точки нашої множини  $x_0 \in P$ , і до досягнення заданої точності будується послідовність  $\{y_i\}_{i \in J_N^0}, y_i \in \text{vert}P$  розв'язків допоміжних лінійних задач:

$$\{y_i\}_{i \in J_N^0}, y_i \in \text{vert}P; z^i = g(x_i)y \rightarrow \min, \text{де } g(x_i) = \nabla F(x_i) \quad (6)$$

та послідовність наближень до розв'язку  $\{x_i\}_{i \in J_N^0}, x_i \in P$ , наступне наближення  $x_{i+1}$  - точка мінімуму в заданому напрямку  $d_i = y_i - x_i$  шукається за такою формулою:

$$x_{i+1} = x_i + \rho_i d_i, \text{де } \rho_i \in [0, 1] - \text{крок.} \quad (7)$$

Викладемо суть модифікації МВФ для прикладу многогранника переставлень  $P = P_{nk}(G)$  і квадратичної цільової функції (5):

- від довільної квадратичної функції (3) розв'язуємо задачу 2, тобто переходимо до оптимізації опуклої квадратичної (4):

$$F(x) = f(x)$$

- шукаємо безумовний мінімум  $F(x) - x^* = \arg \min_{R^n} F(x) = -0.5A^{-1}b^T$ .  
Якщо  $x^* \in P$ , то задача (5) розв'язана.

- інакше починаємо процес за МВФ, обираючи в якості початкової точки центр описаної навколо переставного много-

гранника сфери  $x_0 = (a)_{i \in R^n}, a = \sum_{j=1}^n g_j / n$ . Цільова функція допоміжної задачі (6) набуває вигляду:

$$z^i = g(x_i)y = (2Ax_i + b)y. \text{ Задача (6) розв'язується за (3). Крок}$$

$\rho_i$  у (7) також шукається явно:

$$\rho_i = \min(1, \rho'_i), \rho'_i = -(x_i^T A d_i + 0.5b^T d_i) / d_i^T A d_i.$$

$F(x^*)$  служить нижньою оцінкою (2) на  $E_{nk}(G)$ , шукаємо проекцію  $y^*$  точка  $x^*$  на множину  $E_{nk}(G)$ ,  $F(y^*)$  - її верхня оцінка, таким чином наближено розв'язуються задачі 2,3.

### Література

1. Стоян Ю.Г., Ємець О.О. Теорія і методи евклідової комбінаторної оптимізації. - Київ: ІСДО, 1993. - 188 с.

2. Яковлев С.В. Теория выпуклых продолжений на вершинах выпуклых многогранников// Журнал вычислительной математики и математической физики. – 1994. – Т.34, С.1112–1119.
3. Стоян Ю.Г, Гребенник И.В. Композиционные образы комбинаторных множеств и некоторые их свойства// Проблемы машиностроения.– 2005.– Т.8, №3.– С.56–62

УДК 005.519

## **ВИКОРИСТАННЯ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ СКЛАДНИХ СИСТЕМ**

І.С. Скітер, О.В.Трунова

*Чернігівський державний технологічний університет, Україна*

Сучасна наука має широкий вибір інструментів для дослідження складних систем (СС). Суть проблеми полягає у тому, що статистичні методи, які розглядають як нормально розподілені незалежні випадкові величини, є неадекватними, у більшості випадків, при дослідженні СС. «Злети» та «падіння», тобто кризові ситуації, відбуваються набагато частіше, ніж передбачає ця теорія. І розподіли, які описують стан системи, хоча й візуально схожі з нормальним або логарифмічно-нормальним розподілом, насправді мають розподіл Парето з «товстими хвостами», що пояснює частоту криз.

З погляду суворого наукового підходу вищезазначені факти непокорі нормальному закону розподілу значень випадкових величин мають фундаментальне значення в тому сенсі, що постає проблемне питання про неправомірність застосування вельми великої частини методів статистичного аналізу, включаючи способи діагностики станів СС, розроблені в класичній статистиці. Оскільки для більшості реальних часових рядів не виконуються умови «нормальності», необхідні нові, відмінні від стандартного статистичного аналізу, методи вивчення станів СС. Усе це надалі зумовило заміну лінійної парадигми нелінійною, складовими якої є теорія хаосу, фрактальна статистика, нелінійна динаміка та інші напрями.

Сучасна наука широко застосовує теорію фракталів для дослідження складних систем у різних галузях з метою підвищення вірогідності прогнозування їхнього функціонування. При побудові фракталів реалізуються принципи нелінійності і альтернативи вибору розвитку системи. Фрактали застосовуються в тому випадку, коли об'єкт має декілька варіантів розвитку та стан системи визначається положенням, в якому вона знаходиться на даний момент – це спроба змоделювати хаотичний розвиток.

Фрактальна структура об'єкту передбачає незмінність ступеня складності його структури зі збільшенням масштабу розгляду. Для



характеристики фрактальної структури використовуються показник Херста ( $H$ ) та показник фрактальної розмірності ( $D$ ). Дослідивши основні показники діяльності системи, приходимо до висновку, що процес розвитку об'єкта задовольняє умовам самоподібності і дрібності, властивих фрактальним процесам. Для класифікації та оцінки стохастичності та детермінованості досліджуваних процесів, а також з метою визначення інтервалів прогнозування пропонується застосувати показник Херста. Доведено, що показник Херста пов'язаний з коефіцієнтом нормованого розмаху ( $R/S$ ). Для більшості динамічних рядів виконується твердження:  $R/S = (A \cdot N)^H$ , де  $R/S$  – нормований розмах від накопиченого середнього,  $S$  – стандартне відхилення,  $A$  – константа для кожного конкретного процесу,  $N$  – кількість спостережень,  $H$  – показник Херста, до того ж:  $0 < H < 1$ , що характеризує фрактальну розмірність процесу.

Наведено алгоритм розрахунку показника Херста.

1. Розрахунок середнього арифметичного ряду спостережень:

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i.$$

2. Розрахунок середньоквадратичного відхилення ряду:

$$S = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{X})^2}.$$

3. Розрахунок накопиченого відхилення членів ряду від середнього:

$$Z_u = \sum_{i=1}^u (x_i - \bar{X}).$$

4. Розрахунок розмаху накопиченого відхилення:

$$R = \max_{1 \leq u \leq N} - \min_{1 \leq u \leq N} \{Z_u\}.$$

5. Розрахунок показника Херста:  $\log(R/S) = H \log A + H \log N$ .

$$\text{Звідки, } H = \frac{\log(R/S)}{\log A + \log N}.$$

В залежності від діапазону, до якого належать значення показника Херста, виділяють три основні ознаки функціонування СС:

якщо  $0,5 < H < 1$  ( $1 < D < 1,5$ ), система відноситься до трендостійких, тобто тенденція, продемонстрована часовим рядом, буде продовжена і в майбутньому протягом певного відрізка часу, при чому показник  $H$  має пряму залежність від сили тенденції (чим більша тенденція – тим вищий показник  $H$ );

якщо  $H=0,5$  (відповідно,  $D=1,5$ ) стан системи носить випадковий абсолютно незалежний характер без жодної кореляції: теперішній стан системи жодним чином не пов'язаний із її майбутнім станом;

якщо діапазон  $H < 0,5$  ( $D > 1,5$ ), то він вказує на належність послідовності до «антиперсистентних рядів», тобто система демонструватиме в майбутньому тенденцію протилежну тій, що була характерною для попереднього періоду розвитку.

Визначаючи параметр Херста для функціонування СС, можна провести прогнозування необхідних параметрів системи [2]. Але класичний метод Херста має ряд недоліків, серед яких неможливість обчислення показника в реальному масштабі часу через значне зростання обсягів обчислень. Для усунення даного недоліку скористаємось покроковим рекурентним алгоритмом

$$H(k+1) = \frac{\ln\left(\frac{R(k+1)}{S(k+1)}\right)}{(\ln(k+1) + \ln \alpha)}, \quad (1)$$

де  $k=1, 2, \dots$  – відповідні часові інтервали агрегування даних спостережень процесу реального функціонування СС.

З виразу (1) випливає, що показник Херста може уточнюватись на кожному кроці агрегування без попереднього запам'ятовування значень потоку даних.

Реалізація наведеного алгоритму визначення  $H$  може бути спрощена за допомогою нейромережових технологій. Результат обчислень параметру Херста в великій мірі залежить від параметру  $\alpha$  і обсягу вибірки, що може призвести до того, що для однієї і тієї ж реалізації потоку даних можуть бути отримані різні, а іноді і протилежні результати. Цю проблему можна вирішити за рахунок використання нейромережових технологій, які пов'язані з алгоритмами навчання та аналізу

реальних систем. Тоді переписавши (1) у вигляді  $\ln \frac{R(k)}{S(k)} = H \ln \alpha + \ln k$ ,

введемо навчальний сигнал  $z(k) = \ln \frac{R(k)}{S(k)}$  для лінійної прямоспрямо-

ваної нейромережі типу адаліні, для якої  $z(k) = h + H \ln k$  використаємо алгоритм навчання для отримання оцінок невідомих параметрів у вигляді:

$$\begin{pmatrix} h(k+1) \\ H(k+1) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h(k) \\ H(k) \end{pmatrix} + \frac{z(k+1) - h(k) - H(k) \ln(k+1)}{1 + (\ln(k+1))^2} \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ \ln(k+1) \end{pmatrix}; \quad (2)$$

$$\ln \alpha(k+1) = \frac{h(k+1)}{H(k+1)}.$$

В цьому випадку для розрахунку показника Херста та параметра мережі  $\alpha$  може бути застосована відповідна архітектура штучної нейронної мережі, яка буде функціонувати паралельно до контрольованого процесу, та виявляти зміни, що виникають в реальному часі.

Для математичного моделювання і прогнозування станів СС може бути використана запропонована методика оцінювання параметра Херста, що надає змогу класифікувати функціонування СС і дозволяє підвищити надійність прогнозування поведінки систем в реальному масштабі часу, на основі теорії штучних нейронних мереж.

Розглянута методика може бути використана в навчальному процесі в формі розрахунково-графічних та курсових робіт, в дипломних роботах і безпосередньо на виробництві.

### **Література**

1. Максишко Н. К. Про застосування алгоритму послідовного R/S-аналізу для одержання нечіткої оцінки глибини пам'яті часового ряду / Н. К. Максишко // Вісник Львівського університету. - 2006. - С. 516 - 521.
2. Скитер І.С., Ткаленко Н.В., Трунова О.В. Математичні методи прийняття управлінських рішень: Навч. пос. - Чернігів: ЧДІЕУ, 2011.- 250 с.
3. Федер Е. Фракталы. Пер. с англ. - М.: Мир, 1991.- 254 с.
4. Шиян А.А., Шулле. Ю.А. Метод оцінювання та ідентифікації характеристик і високоамплітудних відхилень електричних навантажень електротехнічних комплексів. /Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки, 2010. - №1. - С. 215 - 217.
5. Kirchgassner G. Introduction to Modern Time Series Analysis / G. Kirchgassner, J. Wolters. - Springer Berlin Heidelberg New York, 2007. - 274 p.

УДК 005.519

## **КЛАССИФИКАЦИЯ СОСТОЯНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМ С ПОМОЩЬЮ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ И РОС-АНАЛИЗА**

И.С. Скитер, Е.В. Трунова, И.С. Посадская

*Черниговский государственный технологический университет, Украина*

Применение модифицированной логистической модели и РОС-анализа дает возможность производить моделирование качественных состояний элементов системы и проводить их классификацию. Модификация логистической модели, состоящая в преобразовании ее к так называемому бинарному виду дает возможность с ее помощью оценить вероятность наступления определенного качественного состояния элемента системы. Вероятностная модификация логистической кривой имеет вид:

$$P = \frac{1}{1 + e^{-Y}}, \quad (1)$$

где  $P$  – вероятность прогнозируемого состояния системы;  $Y$  – уравнение регрессии.

Преобразовав выражение (1), получим логит-преобразование кривой, для которого значения  $P'$  могут быть произвольными:

$$P' = \ln \frac{P}{1-P} . \quad (2)$$

Модель вида (2) снимает ограничение по бинарной переменной 0-1, с ее помощью можно моделировать состояния элементов системы на непрерывном отрезке  $[0;1]$  и преобразованные значения использовать в обычном линейном регрессионном уравнении. Оценка параметров логистической регрессии производится с помощью максимизации логарифма функции правдоподобия (*likelihood function*):

$$L^*(Y, \mathcal{F}) = \ln(L(Y, \mathcal{F})) \rightarrow \max \quad (3)$$

где  $Y$  – вектор результатов (значений функции);  $\mathcal{F}$  – фиксированная оценка параметра.

Модифицированная логистическая модель дает возможность оценивать вероятности состояний элементов системы, но не может быть использована для их классификации. Процедура классификации производится на основании двух условий: 1) определение численных характеристик элементов; 2) классификация элементов по качественно-му признаку.

Численными характеристиками могут выступать два фактора: чувствительность и специфичность. Чувствительность (*Sensitivity*) – доля истинно классифицированных положительных состояний:

$$Se = TRP = \frac{TP}{TP + FN} \times 100\% . \quad (4)$$

Специфичность (*Specificity*) – доля истинно классифицированных отрицательных состояний:

$$Sp = \frac{TN}{TN + FP} \times 100\% , \quad (5)$$

где TP (*True Positives*) – истинно классифицированные положительные состояния;

TN (*True Negatives*) – истинно классифицированные отрицательные состояния;

FN (*False Negatives*) – положительные примеры, классифицированные как отрицательные (ошибка I рода).

FP (*False Positives*) – отрицательные примеры, классифицированные как положительные (ошибка II рода);

Классификация может быть проведена путем применения т.н. порога, точки отсечения (*cut-off value*). В логистической регрессии порог отсечения изменяется от 0 до 1. Для оценки качества модели и классификации состояний системы (элементов системы) при заданном пороге отсечки может быть использована ROC-кривая (*Receiver Operator Characteristic*) - зависимость количества истинно классифицированных положительных состояний (чувствительности  $Se$ ) от коли-

чества ложно классифицированных отрицательных состояний ( $100\% - Sp$ ). При построении ROC-кривой для каждого значения порога отсе-чения, который изменяется с заданным шагом  $dx$ , рассчитываются значения чувствительности  $Se$  и специфичности  $Sp$ .

Практическая реализация алгоритма классификации состояний сис-темы была проведена на примере оценки кредитоспособности физиче-ских лиц. При этом логистическая регрессия применена в качестве инструмента расчета коэффициентов (баллов) скоринговой карты, а ROC-анализ использовался как классификатор в зависимости от стра-тегии выбранной финансовым учреждением.

Постановка задачи: выявление неблагонадежных потенциальных кредиторов. При этом положительным исходом в системе будет ус-пешное погашение кредита, а отрицательным – непогашение. Тогда в терминах ROC-анализа кредитная модель с высоким значение специ-фичности  $Sp$  соответствует отказам в кредите, с высоким значением чувствительности  $Se$  – рискованным кредитам. В первом случае мини-мизируется кредитный риск, связанный с потерями ссуды и процентов и дополнительными расходами на возвращение кредита, а во втором – коммерческий риск, связанный с упущенной выгодой.

В примере использована обучающая выборка – кредиты заемщи-ков (физических лиц). Факторными признаками в модели выступают:

$X1$  - возраст;  $X2$ - пол;  $X3$  - семейное положение (да/нет);  $X4$  - коли-чество иждивенцев;  $X5$  - совокупный доход;  $X6$  - опыт работы, лет;  $X7$  - срок проживания в регионе, лет;  $X8$  - рыночная стоимость недви-жимости в собственности, тыс. у.е.;  $X9$  - ежемесячный платеж по кредиту, грн.

Результирующий признак  $Y$  – кредитная история заемщика (1-бла-гонадежный, 0-неблагонадежный). Объем обучающей выборки – 500 заемщиков, из которых 239 отнесены к благонадежным.

Оценки параметров модифицированной логистической модели приведены в таблице 1.

Таблица 1. Оценки параметров модифицированной логистической модели

Независимая переменная	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Констан-та
Оценка параметра	-0,026	0,669	-0,241	-1,874	0,0007	0,003	0,009	0,011	-0,0009	-3,528

По результатам расчетов параметров  $Se$  и  $Sp$  построена ROC-кривая для этой скоринг-модели (рис.1).

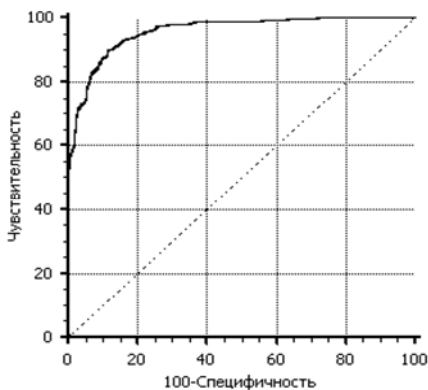


Рис. 1. ROC-кривая для скоринговой модели

ROC-анализ проведен на основе анализа массива точек "чувствительность-специфичность" (табл.2).

Таблица 2. Фрагмент массива "чувствительность-специфичность"

Порог, точка отсечения	Se, %	Sp, %	Se + Sp	abs(Se - Sp)
0,3	90,23	84,56	174,8	5,67
0,32	90,11	86,31	176,4	3,80
0,34	90,05	87,15	177,2	2,90
0,36	89,77	87,96	<u>177,7</u>	1,81
0,38	89,15	88,09	177,2	1,06
0,4	88,72	88,75	177,5	<u>0,03</u>
0,42	88,52	89,11	177,6	0,59
0,44	90,23	84,56	174,8	5,67

Максимум чувствительности и специфичности достигается в точке 0,36. В ней чувствительность равна 89,77%, это означает, что 89,77% благонадежных заемщиков будут выявлены классификатором. Специфичность равна 87,96%, это говорит о том, что 12,04% недобросовестных заемщиков получают кредит. Баланс между чувствительностью и специфичностью достигается в точке отсечения равной 0,45.

Таким образом, при помощи логистической регрессии и ROC-анализа осуществляется *управление рисками* в кредитовании, необходимо отметить, что ROC-анализ может быть применен к любой модели, в которой есть выходное непрерывное поле.

### Литература

1. Воронцов К.В. Лекции по статистическим (байесовским) алгоритмам классификации. - 2008. - Режим доступа: <http://www.ccas.ru/voron/download/Bayes.pdf>.
2. Магнус Я.Р., Катышев П.К., Пересецкий А.А. Эконометрика. Начальный курс. - М.: Дело, 2007. - 504 с.

3. Паклин Н. Логистическая регрессия и ROC-анализ – математический аппарат. Режим доступа: <http://www.basegroup.ru/library/analysis/regression/logistic>
4. Davis J., Goadrich M. The Relationship Between Precision-Recall and ROC Curves // Proc. Of 23 International Conference on Machine Learning, Pittsburgh, PA, 2006.
5. Zweig M.H., Campbell G. ROC Plots: A Fundamental Evaluation Tool in Clinical Medicine // Clinical Chemistry, Vol. 39, No. 4, 1993.

УДК 621.391

**АЛГОРИТМ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ПРИЙНЯТТЯ  
РІШЕННЯ ПРИ РОЗРАХУНКУ ЛОГАРИФМІЧНОГО  
ВІДНОШЕННЯ ФУНКЦІЙ ПРАВДОПОДІБНОСТІ ПРО  
ПЕРЕДАНУ ІНФОРМАЦІЙНУ ПОСЛІДОВНІСТЬ  
В РОЗПОДІЛЕНИХ ПРОГРАМОВАНИХ БЕЗПРОВІДНИХ  
СИСТЕМАХ**

С.В. Зайцев

*Чернігівський державний технологічний університет, Україна*

Значне розширення за останнє десятиліття частотної смуги мереж передачі даних привело до появи нового класу безпроводних систем – розподілених програмованих безпроводних систем, які базуються на принципах SDR (software defined radio). Розподілені програмовані безпроводні системи містять декілька обчислювальних вузлів, об'єднаних високошвидкісним інтерфейсом передачі даних [1]. Зазначені системи використовують апаратні засоби для виконання функцій під керуванням програмного забезпечення. Розроблювачі цих засобів покладають великі надії на відкриту архітектуру SDR мереж наступного покоління, де обладнання безпроводних мереж можуть випускати одні виробники, а функції й режими роботи буде визначати програмне забезпечення інших розроблювачів.

Одним з режимів роботи розподілених програмованих безпроводних систем є режим роботи в умовах впливу організованих завад, які за певних умов здатні істотно погіршувати характеристики достовірності передачі інформації [2]. Одним з перспективних напрямків протидії організованим завадам пропонується застосовувати ефективні сигнально-кодові конструкції на основі завадостійких турбо кодів (ТК) з характеристиками завадостійкості близькими до межі Шеннона [3].

Виникає завдання підвищення достовірності передачі інформації в розподілених програмованих безпроводних системах з турбо кодами.

Метою роботи є розробка алгоритму підвищення надійності прийняття рішення при розрахунку логарифмічного відношення функцій правдоподібності (ЛВФП) про передачу інформаційну послідовність в

розподілених програмованих безпроводних системах з турбо кодами для підвищення достовірності передачі інформації.

Алгоритм підвищення надійності прийняття рішення при розрахунку логарифмічного відношення функцій правдоподібності про передачу інформаційну послідовність включає наступні дії:

1. Використання при розрахунку параметру перехідної рекурсії  $\gamma_t(s', s)$  для кожного переданого інформаційного біту інформацію, отриману шляхом повторного кодування жорстких рішень з виходу кожного компонентного декодера ТК.

2. Розрахунок параметру прямої рекурсії  $\tilde{\alpha}_{t-1}(s')$  для кожного переданого інформаційного біту.

3. Розрахунок параметру зворотньої рекурсії  $\tilde{\beta}_t(s)$  для кожного переданого інформаційного біту.

4. Використовуючи дані п. 1-3, розрахунок ЛВФП на виході декодера  $i$  про переданий біт інформації:

$$L^i(x_t^C) = \log \frac{\sum_{\substack{(s',s) \\ u_t=+1}} \tilde{\alpha}_{t-1}(s') \cdot \tilde{\beta}_t(s) \cdot \gamma_t(s', s)}{\sum_{\substack{(s',s) \\ u_t=-1}} \tilde{\alpha}_{t-1}(s') \cdot \tilde{\beta}_t(s) \cdot \gamma_t(s', s)} =$$

$$= \log \frac{\sum_{\substack{(s',s) \\ u_t=+1}} \tilde{\alpha}_{t-1}(s') \cdot \tilde{\beta}_t(s) \cdot \exp \left[ \frac{1}{2} \cdot x_t^C \cdot (L_a^i(x_t^C) + L_c \cdot y_t^C) \right] \cdot \exp \left[ L_c \cdot \frac{1}{2} \cdot \sum_{i=2}^q (y_t^{i,p} + x_t^{*i,p}) \cdot x_t^{i,p} \right]}{\sum_{\substack{(s',s) \\ u_t=-1}} \tilde{\alpha}_{t-1}(s') \cdot \tilde{\beta}_t(s) \cdot \exp \left[ \frac{1}{2} \cdot x_t^C \cdot (L_a^i(x_t^C) + L_c \cdot y_t^C) \right] \cdot \exp \left[ L_c \cdot \frac{1}{2} \cdot \sum_{i=2}^q (y_t^{i,p} + x_t^{*i,p}) \cdot x_t^{i,p} \right]} \quad (1)$$

Таким чином, перевірочні символи  $x_t^{*i,p}$ ,  $i \in (2, q)$ ,  $t \in (1, N)$ , де  $i$  – кількість перевірочних біт, які генеруються кожним компонентним кодером ТК,  $t$  – поточний інформаційний біт,  $N$  – загальна кількість біт, які вироблені кодером ітерації декодування  $i-1$  передаються до відповідного декодера ітерації  $i$  і використовуються для підвищення надійності прийняття рішень при розрахунку ЛВФП про переданий біт.

Для підтвердження ефективності запропонованого алгоритму проведено імітаційне моделювання характеристик достовірності передачі інформації в каналі з адитивним білим гаусівським шумом та організованими завадами.



Використовуючи програмний продукт Borland C++ Builder 6.0, моделювались наступні елементи системи передачі інформації: джерело псевдовипадкової послідовності, двохкомпонентний кодер ТК, модулятор ФМ-2, канал з адитивним білим гаусівським шумом та організованими завадами, демодулятор ФМ-2, модифікований згідно запропонованого алгоритму двохкомпонентний декодер ТК з алгоритмом декодування Мар, модуль розрахунку середньої ймовірності бітової помилки декодування.

Результати моделювання характеристик достовірності передачі інформації в розподілених програмованих безпроводних системах свідчать, що запропонований алгоритм дозволяє надійніше розраховувати ЛВФП про передану інформаційну послідовність, що дозволяє зменшити кількість помилок при декодуванні в 4..6 разів.

### **Література**

1. Сорохтин Е.М. Распределенные программно-определяемые радиосистемы / Е.М Сорохтин, С.А. Минеев // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2010. – № 5 (2). – С. 383-388.
2. Помехозащищенность систем радиосвязи с расширением спектра сигналов методом псевдослучайной перестройки рабочей частоты / [Борисов В. И., Зинчук В. М., Лимарев А. Е. и др.]. – М.: Радио и связь, 2000. – 384 с.
3. Berrou C. Near Shannon limit error-correcting coding and decoding: turbo-codes / C. Berrou, A. Glavieux, P. Thitimajshima // in Proc. Int. Conf. On Commun., ICC-93. – 1993. – Geneva. – Switzerland. – May. – P. 1064-1070.

УДК 711.01

## **РОЗРОБЛЕННЯ МОДЕЛІ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ КОМПЛЕКСУ ГІС І СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕРИТОРІЯМИ**

В.І. Зацерковний

*Чернігівський державний інститут економіки і управління, Україна*

Ефективний розв'язок задач управління територіями нерозривно пов'язаний зі створенням ГІС. Оскільки ГІС є складною системою, вона повинна проходити експериментальні дослідження, які доводиться виконувати в процесі її експлуатації у складі системи управління територіями (СУТ). При цьому можна виділити чотири основних етапи експериментального дослідження ГІС: планування досліджень проведення випробувань, обробка даних випробувань, аналіз результатів випробувань, вироблення оцінки і рішень щодо удосконалення ГІС в управлінні територіями, її складових (підсистем і елементів).

Планування досліджень полягає у розробці дій у просторі й часі. Програма експериментальних досліджень повинна створюватися паралельно зі створенням ГІС в СУТ. Більше того, в структурі ГІС, в її

компоновці повинні бути враховані вимоги, що висуваються до випробувань.

При реалізації програми випробувань можливі впливи збурень як у навколишньому середовищі, так і в ГІС в СУТ, через внутрішні і зовнішні чинники. Отже, необхідно бути готовим до вироблення оперативного рішення з координації програми випробувань або компенсації впливів збурення. Зазвичай оптимальність цих заходів у значному ступені визначається наявністю часових, людських і матеріальних резервів, які повинні бути передбачені на етапі планування випробувань.

Задача оцінки якості системи – це задача оптимізації функціонування системи. Кількісний аспект цієї задачі – забезпечення мінімізації відхилення реального результату від запланованого (мінімізація помилки системи, отримання певної точності системи).

Таким чином, у зв'язку з імовірним характером усього процесу доцільно розглянути його як імовірнісну задачу.

Складність задачі оптимізації управління територіальним утворенням обумовлюється також обмеженням ресурсів для управління системою [1-3].

У процесі експериментального відпрацювання вирішуються такі задачі:

1) оцінка досконалості конструктивно-схемних рішень з метою визначення оптимального за експлуатаційно-технічними показниками варіанту системи, яка забезпечує виконання заданих вимог;

2) виявлення помилок, допущених при проектуванні системи, виробничих дефектів і конструктивних відмов, й доробка у відповідності з цим ГІС в СУТ з метою доведення її експлуатаційно-технічних показників до заданих значень;

3) оцінка істинних значень показників, досягнутих на певний момент відпрацювання і прогнозування змін цих показників у процесі експлуатації;

4) уточнення характеристик окремих апаратних і програмних блоків та агрегатів ГІС як об'єктів регулювання і зовнішніх впливів з метою корегування вихідних даних, проектної документації, а також технічного завдання на розробку системи;

5) розробка рекомендацій щодо експлуатації ГІС в СУТ.

При дослідженні якості будь-якої системи, у тому числі й ГІС в СУТ, розрізняють статичні і динамічні характеристики, тобто показники якості самої системи як об'єкта виробництва і показники якості процесу його функціонування, що характеризує ступінь пристосованості системи для розв'язку поставленої перед нею задачі, для досягнення мети операції, яка реалізується цією системою. Якість процесу функціонування системи (ПФС) й буде ефективністю.

Досліджувана ГІС володіє сукупністю (множиною) властивостей, які визначають її якість стосовно до її призначення. При цьому властивості об'єкта ГІС в СУТ, що не пов'язані з його призначенням, вважаються такими, що не впливають на його якість. Кожна з властивостей об'єкта ГІС може бути кількісно описана за допомогою певної змінної, значення якої і буде характеризувати його якість відносно цієї властивості (показник властивості об'єкта). Якість об'єкта відносно його призначення характеризується значеннями сукупності показників властивостей, необхідних для досягнення задачі, що стоїть перед ним (показник якості об'єкта), тобто у загальному випадку показник якості об'єкта – це вектор, компонентами якого є показники його властивостей.

У випадку, коли стосовно призначення об'єкта істотною є лише одна його властивість, показник якості містить лише одну компоненту, тобто є скаляром. Кожна з властивостей об'єкта визначається множиною інших його властивостей, і, отже, кожний показник властивості, а, значить, і показник якості, може бути представлений у вигляді функції інших показників властивостей (узагальнений показник). У загальному випадку досліджуваний об'єкт може мати декілька призначень і за усіма володіти різними рівнями якості.

Функціональні показники характеризують властивості об'єкта, які є корисними з точки зору його прямого призначення, тобто його функцій.

Економічні показники характеризують, з одного боку, витрати, необхідні для придання об'єкту потрібних якостей, а, з іншого, – економічний ефект від його застосування. Залежно від призначення об'єкта показники його якості можуть відноситись до будь-якого з цих класів.

Бажана якість об'єкта задається умовами, що задовольняють значенням показників його якості (критеріями оцінки якості об'єкта), а перевірка можливості їх виконання – оцінюванням якості об'єкта.

Набір показників якості, що підлягає оцінюванню, повинен відображувати лише сукупність властивостей об'єкта, істотних при визначенні ступеня його відповідності призначенню, і визначається умовами його функціонування.

Множина критеріїв оцінки якості об'єктів може бути розбита на три класи: критерії придатності; критерії оптимальності; критерії переваги.

Процес оцінювання якості об'єкта складається з самостійних етапів, які реалізуються зазвичай за схемою: визначення (виявлення) сукупності істотних властивостей об'єкта; визначення (вибір) критерію оцінки якості об'єкта; оцінювання якості об'єкта.

Для забезпечення потрібної достовірності й об'єктивності отримуваних оцінок випробування повинні проводитися в умовах, максимально наближених до тих, у яких буде функціонувати об'єкт, і при цьому критерій оцінки його якості повинен пред'являти до об'єкта вимоги, задоволення яких забезпечить виконання поставленої перед ним задачі.

Достовірність отримуваних у результаті випробувань оцінок якості об'єкта залежить не тільки від об'єму спостережень над ними, а й від схеми випробувань. У зв'язку з цим виникає проблема оптимального планування випробувань (у значенні вибору їх найкращої схеми, тобто схеми, яка забезпечує при усіх інших умовах найбільшу надійність оцінок якості об'єкта).

На етапі планування випробувань, крім перерахованих, вирішується велика кількість інших науково-технічних, науково-організаційних проблем і задач, до числа яких можна віднести: збір апріорної інформації і обґрунтування методів її обліку в процесі проведення випробувань і обробки їх результатів, визначення форм звітної документації, попередній вибір методів обробки інформації, отриманої при випробуваннях, підготовка варіантів прийняття рішень при типових ситуаціях.

На етапі аналізу і виробки рішень першочерговими є розробка показників і критеріїв оцінки результатів випробувань, розробка методів прогнозування технічного стану об'єкта.

Для перевірки критерію якості зручно використовувати методи перевірки статистичних гіпотез, які є окремим випадком задачі вибору статистичних рішень. Дійсно, у відповідності з критеріями оцінки якості (критеріями придатності), значення показників якості повинні дорівнюватись заданим величинам або ж повинні перебувати у заданих межах. Гіпотеза, висунута про виконання цих умов, перевіряється відносно оцінок показників якості. У зв'язку з цим критерій ефективності випробувань можна формулювати за аналогією з критеріями перевірки статистичних гіпотез.

Класичні методи обробки результатів спостережень, які розвинені у математичній статистиці [4, 5], ґрунтуються на тому, що до випробувань нічого невідомо відносно досліджуваного випадкового об'єкта. Тому для отримання достатньо надійних відомостей про ймовірні властивості досліджуваного випадкового об'єкта необхідно провести велику кількість випробувань, при цьому випадковості, що проявили у кожному випробуванні, взаємно гасяться і оцінки параметрів розподілів наближаються до параметрів оцінювання. Однак ще до випробувань можна мати певне уявлення щодо властивості випадкового об'єкта. Так до випробувань системи вже є певні апріорні відомості про його імовірні властивості за результатами випробувань

прототипів, окремих елементів і вузлів виробу або за будь-якими іншими джерелами.

Основною проблемою при реалізації вищеприписаного підходу є відсутність достатньо точних моделей, які пов'язують сусідні рівні ієрархії та відображують зміну стану ПС в СУТ.

### Література

1. Згуровский М.З. Системный анализ / М.З. Згуровский, Н.Д. Панкратова К.: Наукова думка, 2005. –743 с.
2. Клир Дж. Системология. Автоматизация решения системных задач / Клир Дж.; пер. с англ. – М.: Радио и связь. 1990. – 554 с.
3. Ковалевский С.С. Модели, методы и средства создания распределенных интегрированных систем для управления / Сергей Сергеевич Ковалевский, Владимир Викторович Кульба //КомпьюЛог. – 1997. – №4. – С.14-23.
4. Ларичев О.И. Качественные методы принятия решений. Вербальный анализ решений / О.И. Ларичев, Е.М. Мошкович. – М.: Наука. Физматлит, 1996. – 228 с.
5. Айвазян С.А. Прикладная статистика. Основы эконометрики: учебник для вузов: в 2 т. / Айвазян С.А., Мхитарян В.С. – [2-е изд., испр].Т. 1: Айвазян С.А. – Теория вероятностей и прикладная статистика. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 656 с.

УДК 517.957

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ СЕРВЕРА КОНФЕРЕНЦІЙ

Н.В.Коваль

*Інститут інформації, бізнесу і права, Україна*

Процес надходження у систему масового обслуговування потоку вимог (запитів на створення нового сеансу) є імовірнісним. Він представляє собою потік однорідних подій, які надходять через випадкові проміжки часу.

У складі сервера є декілька медіа-плат які займаються безпосередньою обробкою аудіо та відео потоків. Кожну медіа-плату можна описати як одноканальну СМО з пуассонівським вхідним потоком та експоненціальним розподілом тривалості обслуговування. Щільність розподілу тривалостей інтервалів між надходженнями вимог має вид

$$f_{1(k)}(t) = \lambda_k \cdot e^{-\lambda_k \cdot t}, \quad (1)$$

де  $\lambda_k$  – інтенсивність надходження заявок у систему,

$k = 1, 2, \dots, N$  – порядковий номер медіа-плати.

Щільність розподілу часу обслуговування:

$$f_{2(k)}(t) = \mu_k \cdot e^{-\mu_k \cdot t}, \quad (2)$$

де  $\mu_k$  – інтенсивність обслуговування.

Потоки заявок і обслуговувань найпростіші. Система працює з відмовами.

Представимо дану систему масового обслуговування у виді графа, у якого є два стани:  $S_0(k)$  - канали вільний (медіа-плата має достатньо ресурсів для обробки нової сесії);  $S_1(k)$  - канал зайнятий (рівень завантаження медіа-плати не дозволяє обробку нових сесій).

Позначимо імовірності станів:

$P_{0(k)}$  – імовірність стану « $k$  – й канал вільний»;

$P_{1(k)}$  – імовірність стану « $k$  – й канал зайнятий».

Очевидно, що для одноканальної СМО з відмовами імовірність  $P_{0(k)}$  – є не що інше, як відносна пропускна здатність системи  $q_k$  (ймовірність обслуговування дзвінка  $k$  – ю медіа-платою).

Для великого проміжку часу має місце відома формула [1]:

$$q_{(k)} = \frac{\mu_k}{\lambda_k + \mu_k}, \quad (3)$$

Імовірність відмови в обслуговуванні заявки дорівнює імовірності стану «канал зайнятий»:

$$P_{(k)\text{відм}} = 1 - q_k = 1 - \frac{\mu_k}{\lambda_k + \mu_k} = \frac{\lambda_k}{\lambda_k + \mu_k}, \quad (4)$$

Розрахована величина  $P_{(k)\text{відм}}$  може бути інтерпретована як середня частка не обслугованих дзвінків на  $k$  – й медіа-платі.

Диспетчер конференції з періодичністю  $T$  здійснює збір та обробку статистичної інформації з кожної медіа-плати про число прийнятих та неприйнятих дзвінків. За цими даними розраховуються величини  $\lambda_{(k)}$ ,  $\mu_{(k)}$ , а також  $q_k$  для  $k = 1, 2, \dots, N$ .

Після цього знаходиться  $q_j = \max_{k=1,2,\dots,N}(q_k)$ . Тут  $j$  – номер медіа-плати, яка в даний момент часу є найменш завантаженою. На цю плату і направляється наступна сесія для обробки.

Розглянемо тепер процес розрахунку середнього часу очікування обслуговування у порядку пріоритету, заданого пріоритетною функцією:

$$q_p(t) = p.$$

На рис. 1 наведена схема функціонування такої СМО з наступною дисципліною обслуговування: дзвінок, що надійшов на конференцію, стає в чергу зліва від дзвінка з рівним чи більшим пріоритетом.

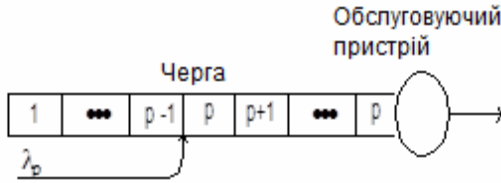


Рис. 1. СМО з обслуговуванням у порядку пріоритету

Відомі формули для розрахунку  $W_p$  — тривалості перебування дзвінка у черзі [1]:

$$W_p = W_0 + \sum_{i=p}^P \bar{x}_i \lambda_i W_i + \sum_{i=p+1}^P \bar{x}_i \lambda_i W_p, \quad W_p = \frac{W_0 + \sum_{i=p}^P \rho_i W_i}{1 - \sum_{i=p+1}^P \rho_i}, \quad (5)$$

Тут  $\rho$  — доля часу, протягом якого медіа-плата зайнята, а  $\rho_p$  — доля часу, коли медіа-плата обслуговує дзвінки з пріоритетного класу з номером  $p$ .

Ця система може бути розв'язана рекурентно, починаючи з  $W_1, W_2$  і так далі:

$$W_p = \frac{W_0}{(1 - \sigma_p)(1 - \sigma_p)}, \quad \sigma_p = \sum_{i=p}^P \rho_i, \quad (6)$$

Формула 6 дозволяє розраховувати характеристики якості обслуговування для всіх пріоритетних класів. За результатами розрахунків здійснюється вибір найменше завантаженої медіа-плати для спрямування на неї наступного дзвінка.

### Литература

1. Прохоров Ю. В., Розанов Ю. А. Теория вероятностей: основные понятия, предельные теоремы, случайные процессы. — М., 1967. — 496с. (Серия СМБ)

## АЛГОРИТМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

В. А. Коротков

*Черниговский институт последипломного педагогического образования,  
Украина*

Независимо от природы объект, состояние которого изменяется во времени по некоторому закону обычно называют [1] системой. Другая система, похожая на нее, называется моделью системы [1]. Такими видами моделей являются математические модели. Для их задания необходимо определить параметры моделируемой системы, определяющие ее состояние и задать правило изменения состояния, т.е. эволюции. Следует иметь в виду, что для однозначного определения состояния динамической системы необходимо знание её начальных параметров и их эволюции со временем. Разные виды математических моделей, отличаются способом задания закона эволюции, который задают с помощью известных математических подходов, к которым прежде всего относят использование дифференциальных уравнений, дискретных отображений, на языке теории графов, теории марковских цепей и т. д. В зависимости от типа системы математическое представление разное. Рассматриваемые системы можно представлять при моделировании моделей упорядоченными или хаотическими. Моделью упорядоченной системы обычно является система обыкновенных дифференциальных уравнений, которая задает группу преобразований, из чего следует её определение в виде теоремы, согласно которой динамическая система упорядочена тогда и только тогда когда все её траектории замкнуты в фазовом пространстве её параметров [2]. Хаотические системы также моделируются системой обыкновенных дифференциальными уравнениями, которые задают группу определенных преобразований модели пространства, зависящей от параметров и эволюционных процессов в моделируемой системе [2]. Из рассмотрения такой модели следует, что независимо от начального состояния, динамическая система может через некоторое время перейти в состояние, принадлежащее к любому произвольно выбранному из некоторой области моделирования, состоянию. С течением времени начальное состояние можно считать как бы “размытым” по этой области фазового пространства, что характеризует её, как естественную модель хаотической системы [3]. Из этого следует теорема, согласно которой динамическая система хаотична тогда и только тогда, когда у нее существует незамкнутая фазовая траектория [2].

Из рассмотренных выше представлений упорядоченных и хаотических динамических систем можно определить понятие самоорганиза-



ции на языке теории динамических систем как самопреобразование хаотической динамической системы в упорядоченную динамическую систему (переход Хаос-Порядок). Из рассмотренного подхода следует, что мощность множества упорядоченных динамических систем – счетна, хаотических – несчетна, т.е. что различных хаотических динамических систем намного больше, чем различных упорядоченных динамических систем. Данное рассмотрение представляет практически важный вывод для рассмотрения проблемы Хаос-Порядок, имеющей важное значение сегодня в свете происходящих в мире и на Земле природных катастроф и социально-экономических кризисов и войн, заставляющих уже сегодня говорить о возможном исчезновении всего живого на Земле и, даже, о разрушении планеты Земля. Эти проблемы заставляют принимать человечество определенные меры. Это стимулирует развитие нового подхода в науке. Заставляет широко использовать комплексный подход к проблемам, как естественно-техническим, так и социально-экономическим в их совокупности и взаимосвязи. Примером такого подхода является, широко развиваемая и используемая для рассмотрения сложных нелинейных динамических диссипативных систем, новая наука, которую обычно называют Синергетика. Диссипация означает переструктурирование чужого в свое и рассеивание лишнего. "Диссипативные процессы, — пишет И.Р. Пригожин один из основателей Синергетики, — ведут не к равновесию, но к формированию диссипативных структур, тождественных процессам, которые из-за взаимной компенсации приводят к равновесию" [4]. Правила Синергетики позволяют находить новые, более адекватные реальным процессам подходы к их моделированию. Эти подходы позволили рассматривать и объяснять процессы, представляющие практическую значимость. В частности наметить пути борьбы с катастрофическими явлениями в природе и обществе, выявив связь между Хаосом и Порядком, о чем сказано выше. Установлено, что материя любой природы и происхождения подвержена стратизации и процессы самоорганизации её на разных её структурных уровнях связаны между собой, несмотря на то, что параметры и их свойства могут быть разные и качественно отличаться. Самоорганизация (переход Хаос-Порядок) есть качественное изменение динамической системы. В этом случае происходит качественный скачок, а не постепенный процесс, так как, по определению, согласно Синергетике динамическая система может быть либо хаотической, либо упорядоченной. Понятие самоорганизации выражает способность сложных систем к упорядочению своей внутренней структуры в результате процессов диссипации в них. Самоорганизация в сложных и динамичных открытых системах возможна лишь при наличии достаточно большого числа взаимодействующих элементов. Причем поведение взаимодействующих элементов должно

быть кооперативным и когерентным (в технике-лазерное излучение, в политике оболванивание населения, бунты, революции) . Сложные системы обычно находятся в квазистационарных состояниях вдали от точек бифуркации, в которых они становятся чувствительными да-же к небольшим воздействиям внешней среды(флуктуации параметров), изменяя параметры сложной системы и приводя к скачкообразным изменениям их параметров (катастрофы, кризисы и т.п.). При этом, явных изменений параметров системы перед переходом в новое состояние не наблюдается. Это переход из Хаоса в точке бифуркации в Порядок в новом аттракторе, где существуют совершенно другие параметры и законы, определяющие новый Порядок и процессы её эволюции. Система переходит снова в новое квазистационарное состояние. В точке бифуркации в фазовом пространстве её пара-метров существуют несколько аттракторов (путей развития) и на какой из них перейдет система определяется законами математической вероятности и резонансных явлений, а также законами эволюции материи на данном аттракторе. Попытки навязывать при этом системе другое поведение могут привести к новому переходу Порядок-Хаос, т.е. к катастрофе. Вышеотмеченные моменты требуют своего учета при составлении алгоритмов моделирования процессов, происходящих в сложных системах, т.е. установлении Системы Управления Структурой Материи(СУСМ-N) на определенном структурном уровне развития системы N.

Для решаемой субъектом задачи любая модель, используемая в научных целях, на производстве или в быту – идеальная или материальная,– несет информацию о существенных свойствах и характеристиках исходного объекта (объекта - оригинала). Исходя из этого, как видно, требуется выбирать из множества разработанных алгоритмов те, которые позволяют точнее определять параметры реальных систем , эволюцию процессов , происходящих в них. Видимо, из известных следует обратить внимание на генетические и поисковые алгоритмы. Представляют интерес алгоритмы и модели построенные на принципах работы нейронных цепей. Значительный вклад в разработку алгоритмов моделирования может внести использование представлений синергической теории информации, предметом которой являются информационно-количественные аспекты отражения системных образований, представленных конечным множеством элементов. Основой в СТИ занимает информационный закон отражения, согласно которому информация, отражаемая системой через совокупность своих частей, разделяется на отраженную( $I_{\Sigma}^1$ ), которая представляет собой аддитивную негэнтропию отражения и характеризует структуру системы со стороны ее упорядоченности, и неотраженную части, именуемая как энтропия отражения (S), является показателем структурного хаоса.

Следует отметить, что энтропия отражения  $S$  математически тождественна информационной мере  $K$ . Шеннона, занимающей в традиционной теории информации главенствующее положение. В любой системе  $A$  с фиксированным числом элементов  $m(A)$  всегда соблюдается равенство:

$$I_{\Sigma} + S = \log_2 m(A)$$

Понятия энтропия и информация впервые связал К.Шеннон. Взаимосвязь энтропии и информации нашло отражение в формуле:

$$H+Y= 1,$$

где  $H$  – энтропия,  $Y$  – информация. Л.Больцман (1872г.) методами статистической физики вывел теоретическое выражение энтропии  $S= K \ln W$ , где  $K$  – константа;  $W$  – термодинамическая вероятность (количество перестановок молекул идеального газа, не влияющее на макросостояние системы).

Из приведенных рассмотрений подходов к созданию алгоритмов моделирования сложных процессов следует необходимость их практического использования при рассмотрении любых процессов в сложных нелинейных процессах эволюции систем и для для предсказания их поведения при определенных взаимодействиях с окружающей средой, находить правильные подходы и предсказания разных катастрофических в различных природных, технических и социально-экономических областях знаний и практической деятельности.

### Литература

1. Анищенко В.С., Вадивасова Т.Е., Астахов В.В. Нелинейная динамика хаотических и стохастических систем. Фундаментальные основы и избранные проблемы / Под ред. В.С. Анищенко. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1999. 368 с.
2. Арнольд В. И. Обыкновенные дифференциальные уравнения, М:Наука, 1971 – 240 с.
3. А. Б. Каток, Б. Хасселблат Введение в современную теорию динамических систем.- М: Изд-во “Факториал”, 1999.-768 с.
4. Антонов Е.А. Философия и синергетика // Дух и время: философско-культурологический альманах. Вып. 1. — Белгород: Изд-во БелГУ, 1998. — С. 6—11.

УДК 519.21

## ФУНКЦІ ЩІЛЬНОСТІ ЙМОВІРНОСТЕЙ І КУМУЛЯТА РОЗПОДІЛУ ПЛАНКА

П.С.Кособуцький

*Національний університет «Львівська політехніка», Україна*

Відомо, що розподілу Планка підпорядковані закономірності розподілу частот випромінювання фотонів в рівноважному стані. З фізичної точки зору така задача вивчена досить добре, а її результати мають

широке застосування [1]. В цій роботі обґрунтовані аналітичні вигляди функції щільності ймовірностей і кумулята розподілу квантів Планка за частотами.

Відомо, що об'ємна спектральна густина енергії для рівноважного теплового випромінювання абсолютно чорного тіла в спектральному інтервалі частот  $[v; v + dv]$  вводитья як функція

$\rho(v) = \frac{1}{V} \frac{dW_v}{dv} = \frac{dw_v}{dv}$ , обчислення якої відіграло важливу роль в роз-

витку квантової фізики. Планк відмовившись від закону Больцма про рівномірний розподіл енергії, висунув ідею про квантовий характер випромінювання та обґрунтував закон рівноважного випромінювання

$$\text{абсолютно чорного тіла у вигляді } \rho(v) = \frac{8\pi v^2}{c_0^3} \frac{hv}{\exp\left(\frac{hv}{k_B T}\right) - 1}.$$

Перетворимо вираз для об'ємної густини енергії теплового випромінювання до вигляду  $w_T = \int_0^\infty \rho(v) dv = \frac{8\pi}{c_0^3 \Theta^4} h \int_0^\infty z \frac{z^2}{\exp(z) - 1} dz$ , де

$$z = \Theta \frac{v}{v_i}, \text{ безвимірний параметр } \Theta = \frac{hv_i}{k_B T} \cong 1.595, \text{ а тлумачення зміс-$$

ту  $v_i$  подане в подальшому. Інтеграл  $\int_0^\infty z \frac{z^2}{\exp z - 1} dz = \int_0^\infty zf(z) dz$  - це

середнє значення випадкової величини  $\langle z \rangle$  або її математичне сподівання із розподілом щільності ймовірностей  $f(z) = \frac{z^2}{\exp(z) - 1}$ .

Графік функції  $f(z)$  за своїм зовнішнім виглядом вона аналогічна функції розподілу Максвелла розподілу молекул ідеального газу за абсолютними швидкостями в стані теплової рівноваги і формується зростаючою параболою  $x^2$  та спадною експонентою  $\frac{1}{\exp(\Theta x) - 1}$ , до-

буток яких формує екстремум  $f(z)$  на найбільш ймовірній частоті рівноважного випромінювання квантів Планка  $v_i \cong 1.595 \frac{k_B T}{h}$ . Час-

тота  $v_i$  менша частоти  $v_{\max} = 2.822 \frac{k_B T}{h}$  максимуму функції  $\rho(v)$  і

закон зміщення Віна справджується для  $V_i$  і  $V_{\max}$ . Кумулятивна функція розподілу за частотами випромінювання рівноважних квантів

$$\text{Планка має вигляд: } F(x) = 1 - \frac{x^2 \exp(x)}{(1 - \exp(x))^2}$$

## Література

1. Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц. Статистическая физика. М.: Наука, 1964, 567 с.

УДК 519.6

## КОМПЛЕКС МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ НА ОСНОВЕ ТОЧЕК СОБОЛЯ

О.А.Кузнецова

*Тулский государственный университет, Россия*

Поиск оптимальной совокупности параметров сложного динамического объекта и его системы управления предусматривает определение значений принятых критериев по значениям расчетных точек, которые расположены определенным образом в многомерном пространстве варьируемых параметров. В этом случае происходит преобразование пространства параметров в пространство критериев с учетом принятых ограничений. Таким образом, многокритериальная оптимизация сложного динамического объекта в первую очередь связана с формированием эффективного множества расчетных вариантов (критериев) на котором принимают окончательное решение.

Решение задач многокритериальной оптимизации параметров и оптимального управления осуществляется программным комплексом [1,4], в основу которого положен адаптивный метод исследования многомерного пространства варьируемых параметров на основе точек Соболя [3].

В настоящее время наиболее близким к рассматриваемой системе является программный комплекс MOVI 1.3 (руководитель проекта профессор Статников Р.Б.).

Диалоговая система "Адаптивный метод исследования пространства параметров" (АМИПП) разрабатывалась для обеспечения интерактивного режима работы человек-ЭВМ, с дружественным интерфейсом [1,7]. Система представлена соответствующей оболочкой для подготовки и решения соответствующих задач. Ориентирована на применение обычных вычислительных средств. Комплекс АМИПП разрабатывался на основе системы МОПТ (разработчик Сушкин В.А.).

На первоначальном этапе осуществляется зондирование точки Соболя пространства варьируемых параметров, затем лицо, принимающее решение (ЛПР), анализирует полученные результаты и фор-

мирует стратегию поиска оптимальных критериев. Стратегия поиска ориентирована на использование минимального количества точек Соболя для вычисления критериальных оценок [8].

Модель оптимизационного расчета формируется в виде отдельного файла, необходимые исходные данные, а также результаты расчета: таблица испытаний и таблица испытаний упорядоченная сохраняются отдельными файлами, что позволяет ЛПП в удобной форме ознакомиться с полученными результатами расчета.

Далее выполняется вероятностная обработка полученных результатов, определяются зависимости между критериями и параметрами. Такой подход обеспечивает нахождения оптимального порядка следования варьируемых параметров (выделяется группа ведущих варьируемых параметров).

ЧИСЛО КРИТЕРИЕВ (до 20) NK =  ВВОД ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

ВВОД КРИТЕРИЕВ

	Наименование критерия	Обозначение	Признак	Min ограничение	Max ограничение
1	Наименование критерия	Обозначение	min	1,5	4,0
2	Наименование критерия	Обозначение	min	1,6	3,5
3	Наименование критерия	Обозначение	min	0,8	2,7
4	Наименование критерия	Обозначение	min	0,1	10,0
5	Наименование критерия	Обозначение	min	0,2	5,5
6	Наименование критерия	Обозначение	min	0,0	12,5

Рис. 1. Окно ввода варьируемых параметров

Системой предусмотрено выделение предельно-допустимого варианта при выполнении условия равенства весов критериев. Предельно-допустимый вариант принадлежит множеству компромисса, что позволяет организовать диалоговую процедуру поиска приемлемого условия при введении ограничений по каждому критерию [3].

Программная среда программирования C++ Builder и математический пакет Matlab для визуализации графического материала.

Описание алгоритмов подробно приведено в [4,5]. В [2,6] основное внимание уделено разработке и особенностям диалоговой системы АМИПП.

На рис. 1 и 2 представлены некоторые рабочие области комплекса АМИПП.

Программный комплекс многокритериальной оптимизации позволяет решать задачи оптимизации динамического объекта:

- использование режима многомерного зондирования пространства параметров равномерно распределенными последовательностями позволяет выделить область допустимых решений и практически исключить возможность пропуска точек локального минимума;

- использование в процессе поиска решения активного диалога с ЛПР в сочетании с хорошо известными локальными методами оптимизации позволяет находить решения, действительно устраивающие проектировщика;

- размерность пространства параметров может достигать нескольких десятков, а размерность критериального пространства — 20.

- метод позволяет получать количественные оценки зависимости (корреляции) критериев и, как следствие, выделять и использовать действительно значимые критерии оптимальности [4].

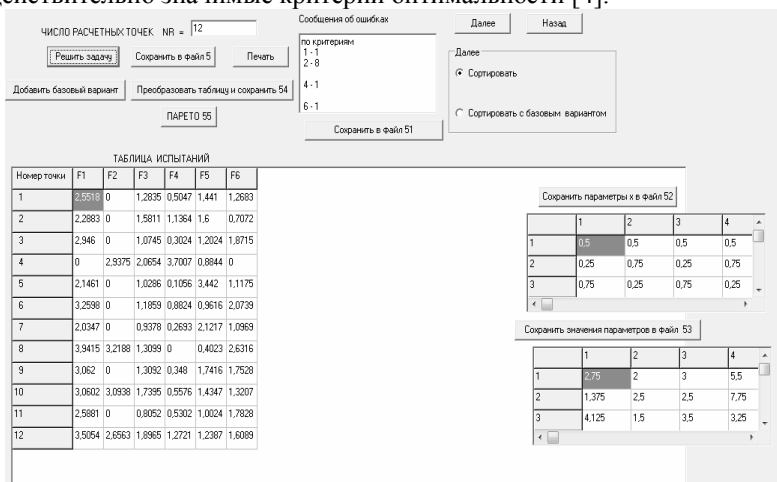


Рис. 2. Окно вывода таблицы испытаний

## Литература

1. Афанасьева С.М., Кузнецова О.А. Программный комплекс многокритериальной оптимизации // Сборник научных трудов SWorld. Материалы международной научно-практической конференции "Современные направления теоретических и прикладных исследований 2013". Выпуск 1. Том 9. Технические науки. - Одесса: КУПРИЕНКО, 2013. С. 22-24.

2. Грязев М.В., Кузнецова О.А. Поиск оптимальной структуры системы управления динамическим объектом Механика и процессы управления. Т. 3. Материалы XXXXII Всероссийского симпозиума. - М.: РАН, 2012. С. 50-59.
3. Грязев М.В., Кузнецова О.А. Применение ЛП<sub>r</sub>-последовательности при оптимизации динамического объекта // Известия ТулГУ. Естественные науки. Вып. 1. - Тула, Изд-во ТулГУ, 2013. С. 142-153.
4. Кузнецова О.А. Адаптивный метод исследования пространства параметров. - Тула: Изд-во ТулГУ, 2012. 288 с.
5. Кузнецова О.А. Многокритериальная оптимизация асинхронного электропривода / под ред. В.А. Сушкина. - Тула: Изд-во ТулГУ, 2009. 104 с.
6. Кузнецова О.А. Формирование управления в пространстве варьируемых параметров // Сборник научных трудов SWorld. Материалы международной научно-практической конференции "Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития '2010". Том 5 – Одесса: Черноморье, 2010. С. 61–62.
7. Кузнецова О.А., Сушкин В.А. Адаптивный метод исследования пространства параметров // П'ята науково-практична конференція з міжнародною участю "Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС '2010". Тези доповідей. – Київ. -21-25 червня 2010р. С. 106-107.
8. Кузнецова О.А., Сушкин В.А. Диалоговая система многокритериальной оптимизации и синтеза оптимальных законов управления // Сборник научных трудов SWorld. Материалы международной научно-практической конференции "Перспективные инновации в науке, образовании, производстве и транспорте '2010". Том 4. - Одесса: Черноморье, 2010. С. 47-55.

УДК 519.246.8

## **ПОШИРЕННЯ МЕТОДІВ ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТІВ НА ПАСИВНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ**

С.М. Лапач

*НТУУ «Київський політехнічний інститут», Україна*

Планування експерименту не працює з вибірками, які не були спеціально сконструйовані як оптимальний за деяким критерієм план. Це означає неповноту теорії, оскільки відкидає з розгляду досить поширені класи задач, в яких формування вибірки за планом неможливе в силу властивостей досліджуваного процесу чи особливостей приведення експерименту. Особливо це стосується медико-біологічних і економічних галузей застосування. В даній роботі розглядається можливість поширення методів теорії планування експериментів (ТПЕ) на всі види вибірок, зокрема й на такі, які відносяться до пасивного експерименту, тобто початкове їх формування виконане без урахування вимог ТПЕ.

В вибірковому методі питання формування вибірки для ситуацій, які з точки зору ТПЕ є пасивним експериментом розв'язано і в багатьох випадках доведено до міжнародних стандартів, наприклад, при проведенні клінічних випробувань. В основу лежить рандомізація і



незалежність спостережень. В процесі свого розвитку планування експериментів віддалилось від вибіркового методу і математичної статистики в бік теоретичної математики, що мало і негативні наслідки. Наприклад, зробило неможливим роботу з пасивним експериментом. Можливість такого підходу виникає при робастному плануванні експерименту, оскільки вимоги до плану при цьому принципово інші і він є поверненням до вибіркового методу.

І D-оптимальність, і робастність, які покладені в основу найбільш ефективних планів експерименту, вимагають певної організації розміщення точок в факторному просторі. Для обох систем точки розміщуються рівномірно в факторному просторі, Тільки першому випадку вони утворюють регулярну, а в другому – випадкову просторову решітку. Пропонується з існуючої вибірки сформуувати підвибірку, точки якої будуть якомога більш рівномірно розміщені у факторному просторі. Таке розміщення також забезпечую незалежність факторів.

Простір повинен мати форму гіперкубу, або гіперкулі. Для цього необхідного видалити частину точок з вибірки, зберігаючи по можливості загальні інтервали існування факторів. Видалені точки перейдуть до контрольної підвбірки.

Якщо форма простору занадто відрізняється від ідеальних, то вибір неможливий і необхідні інші методи роботи: нова формалізація задачі або перетворення факторного простору, або визначення необхідних додаткових точок, які змінять форму факторного простору.

Необхідна передумова.

Деформація вважається викликаною особливостями збору даних, а не функціонально залежністю між змінними, чи обмеженнями, які між ними існують. Якщо ця умова не виконується, то намагання «виправити» наявну ситуацію стає по суті фальсифікацією експериментальних даних. Це видалення з даних інформативної частини.

Визначення деформованості простору

Ідеальний простір розглядається як одиничний гіперкуб, або гіперкуля, вписана в одиничний гіперкуб. Ступінь деформованості визначається за наступним показником

$Q_{\text{гіперкуб}} = \prod_{i=1}^K \frac{D_i}{D_{\text{діаг}}}$ , де K – кількість

діагоналей,  $D_i$  – значення діагоналі в реальному факторному просторі,

$D_{\text{діаг}}$  – теоретичне значення діагоналі. Кількість діагоналей  $K = 2^{m-1}$ ,

а відстань між протилежними вершинами для ідеального гіперку-

бу  $D_{\text{діаг}} = \sqrt{m}$ . Тут m – розмірність факторного простору. Для гіпер-

кулі радіус, який використовується замість  $D_{\text{діаг}}=1$ . Тоді значення пока-

знику розраховується  $Q_{\text{гіперкуля}} = \prod_{i=1}^K D_i$ . Може бути перераховане

$$Q_{\text{гіперкуля}} = Q_{\text{гіперкуб}} \times \frac{1}{(\sqrt{m})^m} \cdot D_i - \text{довжини осей по різним векторам.}$$

При цьому критерій якості змінюється в інтервалі  $0 \leq Q \leq 1$ . Значення 1 відповідає ідеальному найкращому варіанту, коли множина точок в факторному просторі утворює гіперкуб чи гіперсферу. Значення близько 0 відповідає виродженому факторному простору, коли дві чи більше координатних осей майже паралельні. Чим ближче значення  $Q$  до 1, тим ближче форма простору до ідеального. Початкові дані, які далекі від ідеальної форми, не можуть бути задовільним чином розбиті на навчальну та контрольну вибірку. Таким чином, можливо до початку обробки визначити можливість ефективного розбиття. В табл. 1 представлено зв'язок між коефіцієнтом деформованості і закорельованістю.

Таблиця 1. Співвідношення між показником деформованості і закорельованістю

Коефіцієнт деформації для однієї осі (двовимірний випадок)	Коефіцієнт кореляції
0,25	>0,8
0,5	>0,45
0,75	>0,25

Для визначення граничного коефіцієнту для багатовимірного випадку необхідно вказане значення піднести до степеню, який дорівнює числу осей.

Алгоритм визначення деформованості простору

1. Визначення кодованих координат теоретичної вершини (в інтервалі від 0 до 1).
2. Визначення координат реальної вершини. Для цього знаходиться точка з реальної вибірки, найближча до теоретичної.
3. Для протилежних вершин знаходиться відстань між реальними точками.
4. Обчислюється коефіцієнт деформованості як відношення реальної відстані до теоретичної для даної осі.
5. Якщо коефіцієнт менше критичного, то діагональ і реальні координати вершин для неї запам'ятовуються.
6. п.п. 1-5 виконуються для всіх теоретичних діагоналей гіперпростору.

Алгоритм формування підвибірки з пасивного експерименту

Вихідні дані:

1. Вибірка.
2. Максимальне число степенів апроксимуючого поліному по кожному фактору.

З п.2 розраховується бажана кількість дослідів. Якщо кількість дослідів дорівнює або перевищує розмір вибірки, то виконання розбиття неможливе і необхідно внести зміни в п.2.

Алгоритм.

Найти граничні точки  $\{X_{zp}\} = \{\min X_i; \max X_i\} \forall i \in (1, m)$ .

Нормувати факторний простір в одиничний гіперкуб.

$$x'_{ij} = \frac{x_{ji} - \min x_i}{\max x_i - \min x_i}$$

Задати гіпотетичну складність залежності відгуку від конкретної змінної за допомогою степені апроксимуючого поліному по і-му фактору  $f_i$ .

Задати критичне значення коефіцієнту спотворення простору  $Q_{кр}$ .

Визначити необхідну кількість точок, виходячи з гіпотетичної складності залежності відгуку від конкретної змінної  $N_{\min}$  і  $N_{\max}$ .

Розрахувати можливість ефективного розбиття на підвибірки.

Якщо розбиття неможливе – роботу припинити. Або перейти в п.3 для завдання нових степенів і перерахунку кількості дослідів.

Знайти критичну відстань між точками.  $d_{кр} = \sqrt{\sum_{i=1}^m \Delta_{x_i}^2}$ , де

$$\Delta_{x_i} = \frac{(x_{i \max} - x_{i \min})}{(f_i + 1)}$$

Найти матрицю відстаней між точками  $d_{ij} = \sqrt{\sum_{l=1}^m (x_{il} - x_{jl})^2}$ .

Взявши за основу точки, які утворюють вісь з найбільшою довжиною, залишити в навчальній вибірці тільки точки, відстань між якими більша граничної.

Якщо кількість дослідів менше необхідного, то додати до вибірки нові точки, які знаходяться якнайдалі, до вже включених. Визначаються за умовою  $\sum_{i=1}^N |D_{\max} - d_{ij}| \Rightarrow \min$ . Тут  $d_{ij}$  – відстань між точками,

$D_{\max}$  – максимальна довжина теоретичної діагоналі,  $i$  – номер уже вибраної точки,  $j$  – номер точки-кандидату,  $N$  – кількість вже вибраних точок.

По п.11 можна застосувати покроковий відбір. При додаванні кожної нової точки розраховуються статистичні і обчислювальні характеристики матриці, і приймається рішення про зупинку, продовження процесу включення нових точок або повернення на попередній крок.

Також розроблено алгоритм визначення бажаних точок до існуючої вибірки.

### Література

1. Налимов В.В., Голикова Т.И. Логические основания планирования эксперимента. 2-е изд. перераб. и доп. –М.: 1981. «Металлургия». – 152с.
2. Лапач С.Н. Проблемы построения математических моделей экспериментально-статистическими методами // Прогресивна техніка і технологія машинобудування, приладобудування і зварювального виробництва. Праці НТУУ “КПР”, –Т. 2, –К.: НТУУ “КПР”, –1998. –С.25-29.
3. Лапач С.Н., Пасечник М.Ф., Чубенко А.В. Статистические методы в фармакологии и маркетинге фармацевтического рынка –К.: 1999, ЗАТ “Укрспецмонтаж” – 312с.
4. Лапач С.М. Забезпечення необхідних властивостей вибірки для побудови регресійної моделі // Физические и компьютерные технологии. Труды 15-й Международной научно-технической конференции, 2-3 декабря 2009г. – Харьков: ХНПК «ФЭД», 2009. – С.179–182.

УДК 517.9+514.8

## О РЕШЕНИИ НЕКОТОРЫХ НЕДООПРЕДЕЛЕННЫХ УРАВНЕНИЙ МЕТОДОМ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ ФОРМ

В.И. Легенький

*Институт проблем математических машин и систем НАНУ, Украина*

В задачах геометрии, механики, математической физики и теории управления можно столкнуться с ситуацией, когда те или иные условия формулируются в терминах недоопределенных дифференциальных уравнений, т.е. уравнений, в которых число неизвестных функций превышает число уравнений.

Простейшим является случай одного уравнения с несколькими (больше или равными двум) функциями. Например, при исследовании преобразований плоскости  $(x, y)$ , сохраняющих площади, для коэффициентов  $P(x, y), Q(x, y)$  инфинитезимального оператора преобразований

$$V = P(x, y) \partial_x + Q(x, y) \partial_y, \quad (1)$$

получается условие (см., например, [1] или [2]):

$$\frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial Q}{\partial y} = 0. \quad (2)$$

С точки зрения теории дифференциальных уравнений (2) -- недоопределенное дифференциальное уравнение в частных производных первого порядка с двумя неизвестными функциями --  $P(x, y), Q(x, y)$ .

Решение недоопределенных уравнений выходит за рамки классической теории дифференциальных уравнений, для таких уравнений отсутствуют какие-то методические рекомендации к их

решению и их принципиально нельзя "смоделировать" (получить численные решения) на компьютере, как это возможно в случае определенных дифференциальных уравнений. Бессильны пока в их решении и системы аналитических вычислений, например, Maple или Reduce. Существующие до сегодняшнего дня решения подобных уравнений используют в той или иной мере "природу" появления таких уравнений и физические особенности исходной задачи.

Попробуем подойти к решению уравнения (1) с точки зрения теории дифференциальных форм. Чтобы конвертировать уравнение (1) к системе форм, составим прежде всего выражения для дифференциалов функций  $P(x, y), Q(x, y)$ :

$$dP = P_x dx + P_y dy, \quad dQ = Q_x dx + Q_y dy \quad (3)$$

где использованы обозначения:  $\frac{\partial P}{\partial x} = P_x, \frac{\partial Q}{\partial y} = Q_y, \dots$  Для исключения из выписанных выражений отсутствующих в уравнении (1) величин  $P_y$  и  $Q_x$ , домножим, следуя рекомендациям работы [5], первое уравнение на  $dy$ , а второе уравнение на  $dx$  и воспользуемся тождествами теории дифференциальных форм  $dx \wedge dx = 0$  и  $dy \wedge dy = 0$ . Получим:

$$dP \wedge dy = P_x dx \wedge dy, \quad dQ \wedge dx = Q_y dy \wedge dx \quad (4)$$

Вычитая теперь из первого уравнения системы (4) - второе и учитывая, что  $dy \wedge dx = -dx \wedge dy$ , имеем:

$$dP \wedge dy - dQ \wedge dx = (P_x + Q_y) dx \wedge dy \quad (5)$$

С учетом уравнения (1) последнее соотношение можно переписать в виде

$$(P_x + Q_y) dx \wedge dy = 0 \quad (6)$$

Физическая интерпретация уравнения (5) такова (см., например, [1]): все выражение -- некий элемент массы,  $dx \wedge dy$  -- элемент объема (в данном двумерном случае -- элемент площади),  $(P_x + Q_y)$  -- плотность в данной точке пространства. С учетом определения звезды Ходжа (\*) и тождества

$$*1 = dx \wedge dy \quad (7)$$

переход от уравнения (1) к уравнению (6) может быть записан как

$$*(P_x + Q_y) = (P_x + Q_y) dx \wedge dy = 0 \quad (8)$$

Для дальнейшего решения уравнения (6) заметим, что левая часть уравнения (5) эквивалентна следующему:

$$dP \wedge dy - dQ \wedge dx = d(Pdy - Qdx) = d\omega = 0 \quad (9)$$

т.е. в виде равенства нулю дифференциала некоторой дифференциальной формы  $\omega = Pdy - Qdx$ , т.е. некоторого уравнения Пфаффа. Решение этого уравнения опирается на теорему о приводимости 1-форм к каноническому виду (см., например, [4] или [3]) и записывается в виде

$$\omega = dH, \quad H = H(x, y). \quad (10)$$

т.е. 1-форма  $\omega$  есть ничто иное, как дифференциал некоторой произвольной дифференцируемой функции  $H(x, y)$ . Раскрывая выражение для дифференциала, из уравнения

$$Pdy - Qdx = H_x dx + H_y dy \quad (11)$$

окончательно получим решение уравнения (1) в виде:

$$P = H_y, \quad Q = -H_x \quad (12)$$

В докладе дается обобщение приведенного алгоритма решения для недоопределенных уравнений тензорного типа и приводятся содержательные примеры решения задач характеристики управляемости различных классов управляемых систем.

### Литература

1. Андронов А.А., Витт А.А., Хайкин С.Э. Теория колебаний. -- М.: Гос.изд-во физ.-мат. лит-ры, 1959. -- 915 с.
2. Журавлев В.Ф., Климов Д.М. Прикладные методы в теории колебаний. -- М.: Наука, 1988. -- 328 с.
3. Bryant, R.L., Chern, S.S., Gardner, R.B., Goldschmidt, H.L., Griffiths, P.A., *Exterior Differential Systems*, Vol. **18**, Springer-Verlag, 1991.
4. Карган Э. Внешние дифференциальные системы и их геометрические приложения. -- М.: Изд-во Моск. ун-та, 1962. -- 237 с.
5. Harrison B.K. and Estabrook F.B., Geometric approach to invariance groups and solution of partial differential systems, *J. Math. Phys.*, 1971, V.12, 653–666.

УДК 519.8

## НЕКОТОРЫЕ ПОДХОДЫ К ПОСТРОЕНИЮ МОДЕЛЕЙ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Ю.М. Лисецкий

ДП «ЭС ЭНД ТИ УКРАИНА», Украина

Одной из задач теории систем является разработка научных основ: познание законов функционирования и развития систем, разработка количественно-качественного аппарата анализа [1].

Под термином система, как правило, понимают совокупность взаимодействующих элементов, обладающую производными свойствами [2]. Принципиально описание системы образует три среза:

- структурный (элементы, связи между ними и их параметры);
- функциональный (работа системы и ее развитие);
- кибернетический (регулирование поведения системы).

Закономерности поведения системы определяются ее структурой и характеристиками элементов, а также условиями функционирования. Для простых систем, не обладающих свободой выбора поведения, это означает, что изменить поведение системы можно, только изменив ее

состав и/или структуру. Для сложных систем связь между структурой и функционированием неоднозначна.

В большинстве источников, описывающих системы, понятие сложности является довольно неопределенным. Так как направленность данной работы прагматическая, то в определении сложной системы нас в первую очередь интересует ее продуктивность, результат ее функционирования. Поэтому будем называть сложными те системы, результат функционирования которых не может быть задан заранее хотя бы в вероятностном смысле, независимо от причин этой неопределенности: внешних или внутренних.

Классифицируя системы как сложные и простые, необходимо отметить, что есть безусловно сложные системы по структуре и функционированию. Реже встречаются системы, сложные по структуре, но простые по функционированию. И гораздо чаще встречаются системы, сложность которых состоит в сочетании и чередовании функций. Таким образом, сложна либо структура, либо функционирование (либо то и другое).

В.А. Лефевр, исследователь конфликтующих структур, предложил считать сложной систему, для которой трех ее описаний (структурного, функционального и кибернетического) недостаточно, чтобы выявить ее сущность, и возникает необходимость в интегрирующей модели (так называемом конфигураторе), объединяющей все упомянутые срезы [3].

Работа со сложными системами включает в себя два направления: исследование систем и их создание (анализ и синтез) [4]. Для этого используются не реальные системы, а их модели.

Модель системы - это ее упрощенное отображение в другой форме, физической или знаковой. Основные виды моделей – эвристические, натурные, математические. Построение и исследование моделей называют моделированием. Основой моделирования является относительная независимость функционирования системы от ее структурных элементов: одна и та же функция может быть достигнута различными структурами и наоборот. Процесс построения моделей достаточно подробно описан в руководстве по исследованию операций (например, работы Е.С. Вентцеля, И.Я. Динера, Т. Саати, Ю.И. Дегтярева и др.). Отметим лишь два момента. Первый состоит в том, что строгих правил построения моделей не существует. Каждая модель есть проявление знаний, опыта и интуиции ее создателя. Процесс создания модели требует четкого осознания целей системы проникновения в существо моделируемого процесса, умения отделять главное от второстепенного. Второй момент конструирования модели выражается принципом последовательного упрощения предположений, то есть отказа от второстепенных содержательных связей.

Наиболее мощными в познавательном смысле являются математические модели, позволяющие в ускоренном времени предсказывать поведение систем.

Математической моделью функционирования системы называются формальные соотношения, устанавливающие связь критериев эффективности с обликом системы и с условиями ее действий, то есть с закономерностью поведения системы. В данном случае эффективность понимается в широком смысле: функциональная, технологическая, стоимостная и др.

Чтобы построить математическую модель, необходимо количественно оценить проявления рассматриваемых факторов и указать группы изменяемых параметров, формально представляющих эти факторы.

Таким образом, математическое моделирование – это построение и использование математических моделей для исследования поведения систем в различных условиях и получения (расчета) тех или иных характеристик системы без проведения измерений или с небольшим их количеством. В рамках математического моделирования сложились два подхода: аналитический и имитационный.

Аналитический подход основывается на построении формульных зависимостей, связывающих параметры и элементы системы. Такой подход долгое время и был собственно математическим подходом. Однако при рассмотрении сложных систем строгие математические зависимости весьма сложны, требуется большое количество измерений для получения требуемых значений параметров.

Имитационный (статистический) подход в моделировании базируется на использовании предельной теоремы Чебышева при вероятностном представлении параметров системы. На основе предварительного изучения моделируемой системы достаточно просто определяются виды и значения законов распределения случайных величин параметров. В рамках имитационного подхода используются аналитические зависимости между параметрами элементов системы, однако эти зависимости имеют более обобщенный, упрощенный характер. Теоретической основой метода статистического моделирования систем на компьютере являются предельные теоремы теории вероятностей. Множества случайных явлений (событий, величин) подчиняются определенным закономерностям, позволяющим не только прогнозировать их поведение, но и количественно оценить некоторые средние их характеристики, проявляющие определенную устойчивость. Принципиальное значение предельных теорем состоит в том, что они гарантируют высокое качество статистических оценок при весьма большом числе испытаний (реализаций). Имитационные модели могут быть детерминированными или стохастическими; в последних используется датчик случайных чисел и статистическая обработка частных результатов.



Мощный прорыв в области создания математических моделей был сделан А.Г. Ивахненко, предложившим объективизировать процесс создания моделей методом их самоорганизации, названного автором МГУА (метод группового учета аргументов) [5]. А.Г. Ивахненко исходит из положения теории самоорганизации, гласящего, что универсальный метод продуцирования модели – это перебор различных вариантов моделей при постепенном увеличении их сложности. Оптимальная модель находится при сложности, адекватной сложности системы.

Процесс выработки модели реализован на компьютере, исследователь задает только а) небольшую таблицу экспериментальных данных, характеризующих функционирование системы и б) критерий селекции математической модели (упрощенно говоря, допустимую ошибку прогноза). Компьютер синтезирует модель по части экспериментальных данных («обучающая последовательность») и сверяет ее точность с остальными исходными данными («контрольная последовательность»).

Основное открытие в теории самоорганизации, реализованное А.Г. Ивахненко, состоит в том, что при постоянном повышении сложности модели критерий сначала снижается, а затем начинает повышаться: сложность модели превосходит сложность моделируемой системы. Компьютер находит минимум критерия и тем самым – единственную модель оптимальной сложности. Структурная схема построения моделей систем может быть представлена следующим образом (рис. 1).

Таким образом, А.Г. Ивахненко научил компьютер экстрагировать из результатов функционирования системы присущую системе внутреннюю закономерность. Следует отметить, что идея автоматизированного превращения статистических данных в формальную зависимость сама по себе не нова и может реализоваться несколькими способами. Достоинство МГУА состоит, прежде всего, в том, что адекватность модели порождающей ее системе обеспечивается самим процессом моделирования.

МГУА является типичным методом индуктивного моделирования и одним из наиболее эффективных методов структурно-параметрической идентификации сложных объектов, процессов и систем по данным наблюдений в условиях неполноты информации [6]. Применение МГУА нашёл в самых различных областях знания, использующих структурную, параметрическую идентификацию и прогнозирование [7, 8].

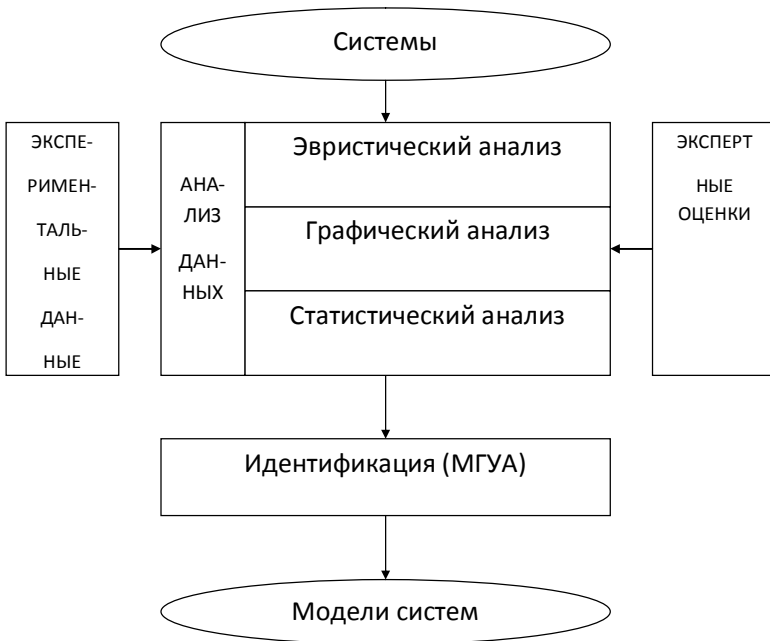


Рис. 1. Структурная схема построения моделей систем

## Литература

1. Берталанафи Л. История и статус общей теории систем. – М.: Наука, 1973. – 364 с.
2. Лисецкий Ю.М. Сложные системы // Программные продукты и системы. Международное научно-практическое приложение к международному журналу «Проблемы теории и практики управления». – 2005. – №3. – С. 2–5.
3. Лефевр В.А. Конфликтующие структуры. – М.: Сов. радио, 1973. – 169 с.
4. Сегал В.В. Анализ и синтез сложных систем. – К.: ЦЭМИ «Тридента», 1994. – 157 с.
5. Ивахненко А.Г. Метод группового учета аргументов – конкурент методу стохастичної апроксимації // Автоматика. – 1968. – № 3. – С. 58–72.
6. Степашко В.С. Структурная идентификация прогнозирующих моделей в условиях планируемого эксперимента // Автоматика. – 1992. – № 1. – С. 26–35.
7. Proceedings of International Workshop on Inductive Modelling (IWIM 2007). – Prague: Czech Technical University, 2007. – 329 p. – Режим доступа: <http://iwim2007.felk.cvut.cz>.
8. Proceedings of 2th International Conference on Inductive Modelling ICIM-2008 in Kyiv. – Режим доступа: [www.gmdh.net](http://www.gmdh.net).

## ЗАСТОСУВАННЯ ГЕНЕТИЧНОГО АЛГОРИТМУ ДО ПОШУКУ МІНІМАЛЬНОЇ ДОМІНУЮЧОЇ МНОЖИНИ

П. А. Негадайлов, О. І. Ревякина

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Україна*

Нехай заданий не орієнтовний граф  $G = (V, E)$  з множиною вершин  $V$  та множиною ребер  $E$ . Підмножину  $D \subseteq V$  будемо називати домінуючою в графі  $G$  [1], якщо для кожної вершини  $v \in V$  виконується одна з двох умов:

1.  $v \in D$ .
2.  $\exists w \in D : (v, w) \in E$  або  $(w, v) \in E$ .

Іншими словами кожна вершина графа або належить домінуючій множині, або зв'язана з нею ребром графа. Серед усіх домінуючих множин множин  $D$  будемо шукати ту, що містить найменшу кількість вершин. Ця множина і називається найменшою домінуючою множиною графа.

Відомо, що задача пошуку мінімальної домінуючої множини відноситься до класу NP-повних задач, а тому слід очікувати, що отримати точний розв'язок за прийнятний (поліноміальний) час навряд чи вдасться (принаймні доти, доки не доведена еквівалентність класів P та NP). В зв'язку з цим ми пропонуємо евристичний алгоритм пошуку наближеного розв'язку описаної задачі, який є варіацією генетичного алгоритму [2].

В якості вектора (генотипу) алгоритму візьмемо  $n$ -вимірний ( $n = |V|$ ) вектор, кожен елемент якого може приймати значення 0 або 1. Кожному такому вектору можна поставити у відповідність підмно-

жину вершин  $\tilde{D} \subseteq V$  (вважаємо, що всі вершини графа пронумеровані порядку від 1 до  $n$ ). На множині таких векторів  $a = (a_1, a_2, \dots, a_n)$  визначимо функцію пристосовності

$$f(a) = \sum_{i=1}^n a_i + g(a), \text{ де}$$

$$g(a) = \#\{v \in V : v \notin \tilde{D} \text{ та } v \text{ не зв'язано ребром з жодною з вершин } \tilde{D}\}.$$

Фактично,  $g(a)$  є кількістю вершин, які необхідно додати до множини  $\tilde{D}$ , щоб вона була домінуючою. Таким чином мінімізуючи функцію пристосовності  $f(a)$  знайдемо мінімальну домінуючу множину вершин графа  $G = (V, E)$ .

В експериментальних результатах кількість елементів початкової популяції становила 20 особин. У якості генетичних операторів використовувалися стандартні оператори двоточкового схрещування та односточкової мутації. Для невеликих графів є можливість порівняти відповідь та час роботи генетичного алгоритму з алгоритмом повного перебору. Зокрема, для графа на 30 вершин та 200 ребер повний перебір дає відповідь 7 (кількість елементів мінімальної домінуючої множини) за 0,5 секунд. На цьому ж графі генетичний алгоритм знаходить домінуючу множину з 8ми вершин за той же час. Для графу з 40 вершин та 400 ребер повний перебір дає відповідь 9 за 6хв 32 секунди, а генетичний алгоритм – 9 за 1 секунду.

В наступній таблиці наведені експериментальні результати роботи генетичного алгоритму для декількох графів (час повного перебору для них перевищує 1 годину)

Таблиця 1

Кількість вершин у графі	Кількість ребер у графі	Кількість вершин в домінуючій множині	Час роботи генетичного алгоритму	К-ть ітерацій генетичного алгоритму
500	6000	232	3с	121
1000	10000	489	9с	211
10000	100000	4941	10хв	2016

### Література

- Новиков Ф. А. Дискретная математика для программистов. Учебник для вузов. 2-е изд. – СПб.: Питер, 2007. – 364 с.: ил. – (Серия «Учебник для вузов») – ISBN 5-94723-741-5
- Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: Пер. с польск. И. Д. Рудинского / Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. – Москва : Горячая линия-Телеком, 2006. – 452 с.:ил. – ISBN 5-93517-103-1.

## ПЛАНЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ МОДЕЛЕЙ ВЫСОКОЙ ТОЧНОСТИ

С.Г. Радченко

*Национальный технический университет Украины  
«Киевский политехнический институт», Украина*

Математическое моделирование систем – технических, технологических, измерительных в большинстве случаев проводится с использованием экспериментально-статистического подхода. Модели получают путем аппроксимации исходных данных. Будем считать, что используются модели линейные по параметрам и нелинейные по факторам. Критерии качества статистических регрессионных моделей определяются свойствами используемого плана эксперимента.

Под высокоточной моделью будем понимать модель, для которой выполняется неравенство

$$\frac{\sum_{u=1}^{N_{\text{пр}}} |\bar{y}_u - \hat{y}_u|}{N_{\text{пр}}} \leq 2s_{\text{восп}},$$

где  $\bar{y}_u$  – среднее значение результатов опытов в  $u$ -той строке проверочной последовательности точек;

$\hat{y}_u$  – значение результата в  $u$ -той строке проверочной последовательности точек, рассчитанного по полученной статистической модели;

$N_{\text{пр}}$  – число точек проверочной последовательности;

$s_{\text{восп}}$  – среднеквадратическая ошибка результатов опытов плана эксперимента.

Структура модели, наиболее сильно влияющие факторы, закон распределения наблюдаемых величин исследователю обычно не известны. Выбранный план эксперимента должен удовлетворять следующим критериям.

1. Устойчивость (робастность) плана эксперимента при построении нескольких моделей по одному и тому же плану.

2. Устойчивость структуры и коэффициентов определяемой модели.

3. Общее число опытов не должно превышать  $N=32 \dots 64$ .

4. Главные эффекты  $x_i$  и взаимодействия факторов  $x_i x_j$  должны быть ортогональны друг к другу или слабо коррелированы (коэффициент парной корреляции  $|r(x_i, x_j)| < 0,4$ ).

5. При заданном числе опытов  $N$  получать максимально возможное количество информации из факторного пространства  $R^k$  ( $k$  – количество факторов) с ограничениями  $X_{i\min}$ ,  $X_{i\max}$  – минимальное и максимальное значение  $i$ -го фактора;  $1 \leq i \leq k$ .

Анализ существующих планов экспериментов показал, что такие планы в доступных каталогах не приведены. Наиболее близкие по критериям планы – многофакторные регулярные. Однако пятое условие при их использовании не выполняется, так как число различных уровней  $s_i$  всегда меньше числа опытов  $N$ . При  $N = 16 \dots 32$  число уровней  $s_i$  обычно не превышает 4. При небольшом количестве уровней варьирования в подавляющем числе экспериментальных исследований для быстро изменяющихся функций при наличии хорошей аппроксимации в точках плана эксперимента имеют место значительные отклонения между точками плана [1, с. 128].

В условиях отсутствия необходимой информации выбор плана эксперимента, структуры статистической модели должен обеспечивать получение наилучших критериев качества для множества возможных моделей, полученных из структуры полного факторного эксперимента, когда высшая степень полинома по каждому непрерывному фактору до проведения опытов исследователю не известна.

Количество информации можно увеличить, если число различных уровней  $s_i$  будет равно числу опытов  $N$ . Данное условие будет выполняться, если использовать ЛП<sub>τ</sub> равномерно распределенные последовательности (р.р.п.) в качестве планов экспериментов [2]. Оптимальность расположения точек в многомерном пространстве заключается в их равномерности в пространстве  $R^k$ . Теория построения, алгоритмы получения приведены в работах д.ф.-м.н. И.М. Соболя [2].

Последовательность точек  $P_0, P_1, \dots, P_i, \dots$   $n$ -мерного куба  $K^n$  называется ЛП<sub>τ</sub> последовательностью, если любой ее двоичный участок, содержащий не менее чем  $2^{\tau+1}$  точек, представляет собой П<sub>τ</sub>-сетку [2, с. 83].

ЛП<sub>τ</sub> равномерно распределенные последовательности характеризуются следующими замечательными свойствами: проекции  $N$  точек в  $k$ -мерном пространстве на любую  $(k-j)$ -мерную грань ( $1 \leq j \leq k-1$ ) многомерного единичного куба образуют также равномерно распределенные последовательности и, следовательно, содержат  $N$  проекций точек.

На рис. 1 показано расположение опытов (точек) в планах экспериментов многофакторного регулярного плана  $3 \times 5 // 15$  и ЛП<sub>τ</sub> плана  $15^2 // 15$ . Обратим внимание, что при одинаковом числе опытов  $N = 15$  в первом эксперименте число уровней факторов  $s_1 = 3$  для  $X_1$ ,  $s_2 = 5$  для  $X_2$ , а во втором случае  $s_1 = s_2 = 15$  для  $X_1$  и  $X_2$ , т. е. равно числу опытов

N. Расположение точек в плане эксперимента  $15^2//15$  по осям координат факторов  $X_1$  и  $X_2$  равномерное.

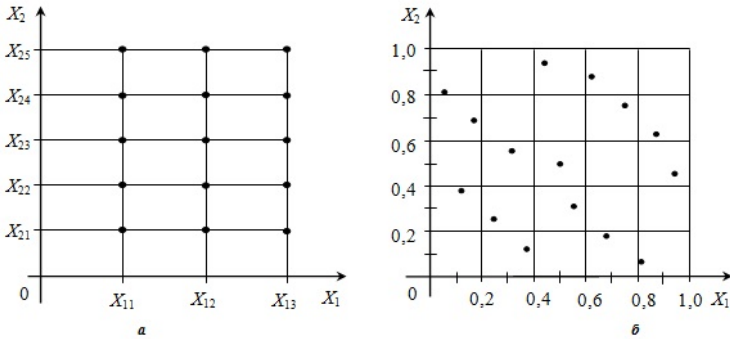


Рис. 1. Расположение опытов в факторном пространстве: а – эксперимент  $3 \times 5//15$ ; б – эксперимент  $15^2//15$

Точки ЛП<sub>τ</sub> р.р.п. при любом их количестве располагаются по всей области факторного пространства равномерно по каждому фактору. Использование ЛП<sub>τ</sub> р.р.п. не накладывает каких-либо условий на свойства моделируемой поверхности отклика. Для непрерывных факторов  $X_{iu}$  переход от значений  $\xi_{iu}$ , т. е. кодированных значений, к натуральным значениям уровней факторов осуществляется по формуле

$$X_{iu} = X_{i\min} + \xi_{iu}(X_{i\max} - X_{i\min}),$$

где  $\xi_{iu}$  — значение ЛП<sub>τ</sub> равномерно распределенной последовательности для  $i$ -го фактора и  $u$ -го опыта;  $1 \leq i \leq k$ ,  $k$  – число факторов;  $1 \leq u \leq N_{\text{ЛП}\tau}$ ;  $0 < \xi_{iu} < 1$ ;

$X_{i\min}$ ,  $X_{i\max}$  – минимальное и максимальное значения  $i$ -того фактора в эксперименте.

При моделировании качественных и дискретных факторов в многофакторных равномерных планах число их уровней  $s_i$  не будет соответствовать  $N$ . Необходимо использовать алгоритм RASTA8 и построить план эксперимента для этих факторов [3, с. 115–120].

Применение предложенных планов экспериментов позволяет существенно сократить число необходимых опытов за счет оптимизации и моделирования по одному плану эксперимента и увеличить количество получаемой информации путем увеличения числа уровней для непрерывных факторов.

В качестве дальнейших исследований необходимо провести статистический анализ ЛП<sub>τ</sub> планов экспериментов с целью установления ортогонального множества различных факторов друг к другу.

С разработанными методами решения регрессионных задач и полученными результатами можно ознакомиться в [4, 5].

## Литература

1. Лапач С.Н. Основные проблемы построения регрессионных моделей / С.Н. Лапач, С.Г. Радченко // Математичні машини і системи. – 2012. – № 4. – С. 125–133.
2. Соболев И.М. Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями / И.М. Соболев, Р.Б. Статников. — М. : Наука, 1981. — 111 с.
3. Радченко С.Г. Методология регрессионного анализа / Радченко С.Г. – К.: «Корнійчук», 2011. – 376 с.
4. Лаборатория экспериментально-статистических методов исследований (ЛЭСМИ) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.n-t.org/sp/lesmi/>.
5. Сайт кафедры «Технология машиностроения» Механико-машиностроительного института Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tm-mmi.kpi.ua/index.php/ru/1/publications/>

УДК 004.519.217

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ С УЧЕТОМ ФАКТОРА ВТОРИЧНЫХ ДЕФЕКТОВ**

<sup>1</sup>О.Н. Одарушенко, <sup>2</sup>А.А. Руденко, <sup>3</sup>З.Н. Руденко, <sup>2</sup>М.А. Мельник  
<sup>1</sup>НПП «Радий», Украина

<sup>2</sup>Полтавский национальный технический университет имени  
Юрия Кондратюка

<sup>3</sup>Полтавский нефтяной геологоразведывательный техникум Полтавского  
национального технического университета имени Юрия Кондратюка

Международные стандарты ISO/IEC 12207, ISO/IEC 25010 (ISO/IEC 9126) и др. определяют требования к надежности программных средств (ПС), как одной из наиболее значимых характеристик их качества. В процессе выполнения Закона Украины «О Национальной программе информатизации» одной из наиболее важных задач есть задача обеспечения высокой надежности ПС, которая является актуальной как для коммерческих, так и для критических приложений. Обеспечение высокой надежности ПС требует адекватной ее оценки, поскольку она связана с рисками безопасности или финансовыми рисками.

Оценка надежности осуществляется с помощью моделей, распределенных в соответствии с рассматриваемыми в них параметрами по различным классификационным признакам. Большое количество моделей оценки надежности ПС (МНПС) вызвано трудностями нахождения оптимального соотношения между системой допущений, принятых для модели, и сложностью математического аппарата для их описания, что не позволяет достаточно адекватно отображать реалии этапов жизненного цикла ПС.



Все МНПС, прямо или косвенно, содержат величину, характеризующую надежность, – дефект (ошибка). В системах допущений моделей предполагается, что обнаруженные (первичные) дефекты устраняются, при этом новые (вторичные) не вносятся или о возможности внесения дефектов во время устранения обнаруженных речь не идет вообще.

С увеличением требований к сложности программного обеспечения возрастает актуальность проблемы вторичных дефектов. Если три десятилетия назад доля вторичных дефектов оценивалась в среднем от 2 до 9 % [1], то в настоящее время составляет более 25 % [2], что подтверждается мнением экспертов-разработчиков программного обеспечения [3].

Один из подходов к оценке надежности ПС с учетом вторичных дефектов состоит в модификации существующих МНПС путем введения величины, характеризующей вторичные дефекты [4-6].

Последовательность исследования содержит следующие этапы.

1 Разработка сценариев внесения и устранения дефектов. Выбор базового сценария. Базовым для дальнейшего исследования выбран сценарий

$$M_i = N_{\Sigma} - N_i + K_i, \quad (1)$$

где  $M_i$  – число дефектов после  $i$ -той операции по устранению выявленных дефектов,  $N_{\Sigma}$  – число дефектов в исходной программе,  $N_i$  – число обнаруженных дефектов,  $K_i$  – число дефектов, внесенных в процессе устранения обнаруженных дефектов.

2. Анализ МНПС на предмет возможности их использования при учете фактора вторичных дефектов и выбор модели для дальнейшего исследования. Выбрана модель Джелинского-Моранды, модифицирована снятием допущения о том, что в процессе устранения обнаруженных дефектов новые не вносятся, вследствие чего модифицирована функция риска модели прибавлением слагаемого  $n^{BH}_i$ , характеризующего число вторичных дефектов

$$\lambda(t_i) = K(B - i + 1 + n^{BH}_i), \quad (2)$$

где  $t$  – произвольная точка времени между обнаружением  $i-1$  и  $i$ -го дефекта;  $K$  – коэффициент пропорциональности;  $B$  – исходное (неизвестное) число оставшихся в ПС дефектов.

Кроме того, показана невозможность непосредственного нахождения распределения вторичных дефектов на основе модифицированных моделей, что не исключает возможности его нахождения при комплексировании по входным данным с моделями других классификационных признаков [5].

3. Прогнозирование проявления вторичных дефектов по статистическим данным обнаружения дефектов. Главный принцип прогнозирования вторичных дефектов состоит в количественном анализе отклонений эмпирического распределения данных обнаружения дефектов от теоретического, при учете факторов, характеризующих этап тестирования или эксплуатации (вероятность проявления дефектов равно как и внесение вторичных дефектов более вероятно на раннем этапе) [7].

4. Комплексный подход определения показателей надежности ПС при учете фактора вторичных дефектов. При учете вторичных дефектов уточняется интенсивность проявления дефектов и полученный параметр используется для нахождения функции готовности средствами многофрагментного и имитационного моделирования. Проводится сравнение результатов, полученных при многофрагментном и имитационном моделировании.

Этапы определения показателей надежности ПС при учете фактора вторичных дефектов взаимосвязаны: анализ и модификация МНПС, разработка сценариев внесения и устранения дефектов, выбор среди них базового сценария, который соответствует модифицированной МНПС, прогнозирование вторичных дефектов с использованием корреляционного анализа, уточнение величины интенсивности проявления дефектов, нахождение функции готовности средствами многофрагментного и имитационного моделирования, сравнение полученных результатов (рис. 1).



Рис. 1. Последовательность оценки надежности ПС с учетом вторичных дефектов

Результатом проведенных исследований является разработанный метод определения интенсивности проявления дефектов, в котором учитывается фактор вторичных дефектов, на основе комплексного применения модифицированной модели Джелинского-Моранды и по-

следовательности прогнозирования вторичных дефектов по статистическим данным, что позволяет более точно определить показатели надежности.

### **Литература**

1. Тейер Т. Надежность программного обеспечения: Пер. с англ. / Т. Тейер, М. Липов, Э. Нельсон. – М.: Мир, 1981. – 323 с.
2. Совершенный код. Мастер-класс. Пер. с англ. / С. Макконнелл – М.: Издательско-торговый дом «Русская Редакция»; СПб.: Питер, 2005. – 896 с.
3. Маевський Д.А. Структурна динаміка програмних систем та прогнозування їх надійності при наявності вторинних дефектів. / Д.А. Маевський // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2010. – №3 – С. 103-109.
4. Одарущенко О.Н. Учет вторичных дефектов в моделях надежности программных средств / О.Н. Одарущенко, А.А. Руденко, В.С. Харченко // Математичні машини і системи. – 2010. – № 1. – С. 205-217.
5. Руденко А.А. Модели оценки надежности программных средств с учетом недетерминированного числа вторичных дефектов / А.А. Руденко, О.Н. Одарущенко, В.С. Харченко // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2010. – № 6 (47). – С. 197-203.
6. Одарущенко О.Н. CASE-оценка критических программных систем. В 3-х томах. Том 2. Надежность / О.Н. Одарущенко, В.С. Харченко, Д.А. Маевский, Ю.Л. Поночовный, А.А. Руденко, Е.Б. Одарущенко, С.А. Засуха, В.О. Жадан, С.В. Живило / Под ред. Харченко В.С. – Х.: Нац. аэрокосмический ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2012. – 292 с.
7. Харченко В.С. Анализ сценариев и определение параметров для оценки надежности программных средств с учетом вторичных дефектов / В.С. Харченко, О.Н. Одарущенко, А.А. Руденко, Е.Б. Одарущенко // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2011. – Випуск 2 (18). – С. 273-280.

УДК 004.415.2.043

## **ОПИС СТРУКТУРНО-ЛОГІЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОГРАМИ**

В.І. Салапатов

*Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, Україна*

Використання розширених недермінованих кінцевих автоматів (РНКА) є доволі зручним засобом для побудови структурно-логічної моделі програми. Така модель будується на підставі технічного завдання (ТЗ) та остаточно уточнюється разом з уточненням цього завдання. Таким чином, логіка роботи програми буде являти собою її модель у вигляді графу автомату. Верхівки графу - це стани, в яких мають виконуватись певні дії згідно ТЗ, а направлені дуги, що з'єднують верхівки графу, вказують на умови переходів і являють собою певні події, які виникають у кожному стані на графі. Тому РНКА не передбачають пустих станів. Найпростішим методом опису функції переходів такого автомату є табличний метод. При цьому по вертикалі таблиці перераховуються стани автомату  $S_i$  ( $i$  - номер стану), по гори-

зонталі - умови переходу  $C_{ik}$  ( $k$  - номер розгалуження в  $i$ -му стані), а на їх перетині в таблиці записується номер стану переходу. Звичайно, що такі таблиці можуть виявитись доволі громіздкими та складними, тому доречно розбити модель програми на окремі частини та створювати структурно-логічні моделі програм для таких модулів. Природно, що ці модулі мають з'єднуватись між собою дугами міжмодульних зв'язків. Таким чином, маючи структурно-логічні моделі окремих частин програми, можна з'єднати їх в єдину модель, де в кожному стані будуть визначені послідовності необхідних для виконання дій  $D_i$ . Тобто, модель програми в процесі остаточного уточнення ТЗ вже буде верифікованою, оскільки відповідатиме всім його вимогам. Опис дій  $D_i$  може бути виконаний на будь-якій мові програмування. При цьому програма  $P$  збирається шляхом обходу усіх верхівок графу, починаючи з початкової верхівки і закінчуючи кінцевою  $P = \bigcup_1^k S_i$ , де  $k$  - кількість

станів. Отже, опис структурно-логічної моделі програми фактично має описувати таблицю переходів. Це може бути звичайна декларативна мова, де функції переходів визначаються певними подіями в кожній з верхівок. Перед остаточною зборкою програми може бути виконана машинно-незалежна оптимізація моделі програми. Повний опис на розробку програми повинен доповнюватись програмними фрагментами у вигляді опису дій на будь-якій процедурній мові програмування, на якій буде створена остаточна програма. При цьому логіка програми буде повністю відповідати ТЗ на розробку, а процес побудови структурно-логічної моделі програми буде являти собою також процес її верифікації.

В процесі машинно-незалежної оптимізація моделі програми виявляються схожі фрагменти, які можуть бути оформлені як підпрограми, або в кожному випадку їх застосування помічені спеціальними логічними змінними, щоб розрізнити виконання дій для певних умов. Треба зазначити, що на відміну від темпоральної логіки, послідовність переходів в моделі програми та дій, які виконуються в кожному стані на моделі, визначаються при декларативному описі моделі та описі дій власно програмістом.

На даний час метод опису моделі програми за допомогою РНКА застосовується в Черкаському національному університеті для розробки програм, а також в навчальному процесі.

## Література

1. Салапатов В.І., Лукаш В.І. Застосування не детермінованих кінцевих автоматів для реалізації алгоритмів обробки потокової інформації / В.І. Салапатов, В.І. Лукаш – Чернівці.: Шоста міжнародна науково-практична конференція з міжнародною участю “Математичне та імітаційне моделювання систем МОДС

2011". Тези доповідей. с. 366-368. 2. Ю.Г. Карпов. MODEL CHECKING. Верифікація паралельних і розподілених програмних систем. – СПб: БХВ-Петербург, 2010. 560 с.

УДК 004.451.7.031.43

## ОПТИМІЗАЦІЯ ВИКОНАННЯ ЗАПИТІВ В РЕЛЯЦІЙНИХ БАЗАХ ДАНИХ

<sup>1</sup>В.В.Литвинов, <sup>2</sup>О.В.Скакаліна

<sup>1</sup>Інститут проблем математичних машин і систем НАН України, Україна

<sup>2</sup>Полтавський національний технічний університет ім. Ю.Кондратюка,  
Україна

Для забезпечення ефективної реалізації (з точки зору часу) будь-якого запиту для реляційних СУБД необхідно визначити таку послідовність обробки таблиць, що забезпечить мінімальну кількість блоків зовнішньої пам'яті, до яких іде звернення.

Відомо [1, 2], що випадковий розподіл  $n$  записів в  $M$  областях (блоках)

Підкоряється закону розподілу Пуассона за параметром  $\lambda=n/M$ . Отже, кількість блоків, які не влучить жоден запис, і, отже, вони не будуть прочитані у процесі пошуку інформації буде дорівнювати  $B_{i0} = B_i e^{-n_i/B_i}$

Якщо ж в обробку втягуються  $k$  таблиць, то загальне число перебираємих записів буде дорівнювати

$$Q = B'_{10} + B'_{10} * B'_{20} + B'_{10} * B'_{20} * B'_{30} + \dots + B'_{10} * B'_{20} * B'_{30} \dots B'_{k0} = B'_{10} (1 + B'_{20} (1 + B'_{30} (1 + \dots (1 + B'_{k0}) \dots))) \quad (1)$$

Де  $B'_{i0}$  — «приведене число блоків у таблиці» (кількість блоків, що дійсно прочитуються при пошуку інформації по умові).

Якщо у запиті беруть участь  $k$  документів, то загальна кількість можливих варіантів їхньої обробки дорівнює  $k!$ . Складність обчислення значення  $Q$  по формулі (1) дорівнює  $O(k-1)$ . Отже, загальна складність визначення оптимального рішення при переборі усіх варіантів дорівнює  $O_{пер} = O(k! (K - 1))$ . Очевидно, що навіть при не дуже великому значенні  $k$   $O_{пер}$  дуже швидко збільшується із зростанням  $k$ .

Для рішення поставленої задачі пропонується використати модель у вигляді орієнтованого графа  $G=\langle A, R \rangle$ , вершини  $A$  якого відповідають усім непустим підмножинам  $B_i$  множини таблиць, що беруть участь у запиті та визначимо на них відношення безпосереднього передування  $R$  [3]. Якщо підмножині  $B_i$  множини таблиць відповідає на графі крапка  $a$  і  $B_j$  – крапка  $b$ , то дуга  $\langle a, b \rangle \in R$  якщо і тільки якщо  $B_i \subseteq B_j$  та не існує такого  $B_k$  що  $B_i \subseteq B_k \subseteq B_j$ . Граф  $G=\langle A, R \rangle$ , що відображає відношення  $R$  є без контурним і його вершини можна розмі-

стити по рівням у відповідності із порядковою функцією. На  $i$ -му рівні буде знаходитися  $C_k^i, i = \overline{1, k}$  вершин (рис. 1). Кожній вершині графа припишемо два числа: перше  $Q_i$  – вага вершини, що характеризує мінімальне число прочитуємих блоків при обробці усіх таблиць, що складають множину даної вершини; другий -  $N_i$  – добуток «приведеного» числа блоків для тих же таблиць.  $N_i = B_{i0}' * B_{i0}'' * \dots * B_{ik0}'(i, j, \dots, k) \in B_i$ . Кожній дузі графа припишемо вагу  $V_{ij}$ , що характеризує приведені число блоків для таблиці, що буде вибиратися після таблиці якої відповідає вершина, з якої дуга виходить

$$V_{ij} = B_k \left( 1 - B_k e^{-\frac{Q_i}{B_i}} \right); k \in (B_j - B_i) \quad (2)$$

Наприклад, для дуги, виходить з вершини  $\{1,3,4\}$  у вершину\* $\{1,2,3,4\}$  – вага буде характеризувати приведені число блоків для другої таблиці. Припишемо вершинам 1-ого рівня  $Q_j = N_j = N_j', j = \overline{1, k}$ . Вагу вершини на  $j$  рівні визначимо по формулі  $Q_j = \min\{Q_j + N_j V_{ij}\}, \{<i, j> \in R\}$ .

*Твердження 1.* Для будь-якої пари таблиць  $<i, j>$ , якщо  $Q_{ij} \leq Q_{ji}$ , то і будь-яка послідовність обробки таблиць, що починається із  $<i, j>$  завжди краще, ніж будь-яка послідовність, що починається із  $<j, i>$ .

*Доказ.* Оскільки обчислення значення  $Q$  виконується по формулі (1), то  $Q_{ij} = B_i'(1 + B_j'), Q_{ji} = B_j''(1 + B_i'')$  і  $B_i'(1 + B_j') \leq B_j''(1 + B_i'')$ . Треба довести, що при цих умовах завжди виконується нерівність  $B_i'(1 + B_j'X) \leq B_j''(1 + B_i''X)$ , де  $X$  – значення, одержуване в внутрішніх дужках формули (1). З (1) слідує, що  $B_i'(1 + B_j') \leq B_j''(1 + B_i'')$ .  $B_i' - B_j'' \leq B_j''B_i' - B_i'B_j'$ , а значить і виконується нерівність  $B_i' - B_j'' \leq (B_j''B_i' - B_i'B_j')X$ , оскільки значення  $X$  за своїм змістом є кількістю блоків, що обробляються, при пошуку інформації у 3-ій та наступних таблицях і є числом позитивним більшим або рівним 1.

Вага вершини на  $j$  рівні є мінімальним числом з  $j!$  можливих значень різноманітних послідовностей обробки  $j$  таблиць, що складають множину даної вершини. Після відпрацювання всього алгоритму вага останньої вершини дасть мінімальне значення  $Q$ .

Оцінимо обчислювальну складність алгоритму, що пропонується, при обробці  $k$  таблиць. Оскільки граф має  $k$  рівнів, і на кожному рівні обробляється  $C_k^i$  вершин, то

$$Q_{\text{вс}} = \sum_{i=1}^k i * C_k^i = k * 2^{k-1} \quad (3)$$

Отриману оцінку можна значно покращити, якщо не одержувати оцінку для усіх вершин, а застосовувати техніку засобу «гілок та кордонів» [4, 5]. Для кожної вершини графа визначається нижній кордон  $W_i = Q_i + N_i$ , кількість читаємих зовнішніх блоків, і, подальший по-

шук рішення виконується для вершини, що має мінімальне значення  $W_i$  на кожному кроці.

### Література

1. Скакалина Е.В., Тарасов А.В. Метод организации индексных файлов на основе полиномиальных функций адресации. Полтава, Наукові записки ПДПУ ім.В.Г. Короленка, 2001. с.27-35.
- 2.Тиори Т., Фрай Дж. Проектирование структур баз данных. Кн.2. М.: Мир, 1985.320с.
- 3.Larson P. Expected worth-case performance of hash files.// Comput. Jornal 1982,25,No 3,p. 347-352.
4. Берзтисс А.Т. Структуры данных. М.: Статистика, 1974. 408 с.
5. Корбуг А. А., Филькенштейн Ю. Ю. Дискретное программирование. М.:Наука, 1969, 368 с.

УДК 004.946

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПОЛЮВАННЯ ЗГРАЇ ВОВКІВ ШЛЯХОМ ЇЇ МОДЕЛЮВАННЯ ЯК СИСТЕМИ КОЛЕКТИВНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Ю.М. Смирнов

*Національний Технічний Університет України «Київський Політехнічний  
Інститут», Україна*

Вовк звичайний (*Canis lupus*) - це хижий ссавець з родини псових (*Canidae*), що є предком домашнього собаки. Вовки полюють зграями, що організовані відповідно до жорсткої соціальної ієрархії на чолі з альфа-самцем. Для кращого розуміння поведінки цих тварин можна виконати моделювання процесу полювання: перевірити чи справді в основі складної колективної взаємодії лежать прості правила. Дослідження даного процесу може бути важливим ще й тому, що останнім часом на основі поведінки певних груп тварин будуються алгоритми колективного інтелекту (наприклад, мурашиний алгоритм, бджолиний алгоритм та інші), які потім використовуються в телекомунікаційних мережах, при створенні симуляції натовпу під час зйомки художніх фільмів, для управління безпілотними апаратами і т.д.

Сучасний рівень розвитку інформаційних технологій дозволяє проводити моделювання подій та явищ шляхом програмування відповідних алгоритмів за допомогою високорівневих мов та інструментів. В даному випадку переді мною постала задача розробки стратегії поведінки зграї вовків, а точніше - реалізація алгоритму поведінки окремого вовка у контексті полювання зграї. Окрім цього, для перевірки його ефективності необхідно було реалізувати алгоритм поведінки здобичі. Розроблювана стратегія полювання зграї повинна

вирішувати задачу пошуку та перехоплювання здобичі одним або багатьма вовками. В свою чергу, алгоритм поведінки здобичі має забезпечувати уникання контакту зі зграєю. При прийнятті рішень в обох випадках необхідно враховувати наступні параметри:

- кут огляду кожного вовка;
- дальність зору вовка;
- швидкість пересування вовка та здобичі.

З урахуванням всього вищесказаного був розроблений наступний алгоритм. Нехай кожен вовк володіє деякою змінною *state*, що визначає поточну дію, яку він має виконувати. За замовчуванням ця змінна має значення “follow”. В такому випадку вовк намагається слідувати за лідером, в результаті чого вся зграя утворює “ланцюг”. Коли дичина опиняється в полі зору вовка, змінна *state* набуває значення “surround”. В цьому разі він перестає слідувати за лідером і намагається відсікти один з можливих шляхів втечі здобичі. Коли дичина оточена, значення *state* змінюється на “attack”, і зграя нападає на здобич.

В даному алгоритмі був згаданий лідер. Це пов’язано з тим, що у ієрархії зграї кожен вовк займає певне місце. Для простоти, можна взяти деяку змінну *rank*, яка буде визначати положення окремого вовка у зграї. Таким чином буде забезпечено утворення “ланцюга”, згаданого вище. При цьому, вовк-лідер буде слідувати згідно маршруту, який визначає він сам. Його реалізація залежить виключно від розробника: це може бути як випадково згенерований маршрут, так і, наприклад, спроба шукати здобич по “запаху”.

Таким чином, щоб реалізувати поведінку зграї, вовки мають поєднувати три типи поведінки: згуртованість, групування та відокремлення. Окрім того, як сказано вище, всі вовки повинні знати хто є безпосереднім лідером у їх полі зору, щоб слідувати за ним, при цьому уникаючи потрапляння в його “особистий простір”.

Для вирішення поставленої задачі пропонується використати систему моделювання поведінки роботів у багатоагентному середовищі [1]. Система складається з симулятора, що дозволяє користувачу керувати процесом моделювання та проводити спостереження в реальному часі, та засобу розробки, який представляє собою бібліотеку для реалізації власних агентів. Реалізовуватися алгоритми поведінки агентів будуть на мові Java 7, оскільки засіб розробки на даний момент підтримує лише її. Таким чином, для проведення моделювання необхідно:

- реалізувати вказаний вище алгоритм поведінки вовка;
- реалізувати деякий алгоритм поведінки здобичі;
- задати початкові налаштування для кожного агента (вовків та дичини) у відповідних конфігураційних файлах;



Ефективність алгоритму поведінки вовка оцінюється за часом, який знадобився зграї для перехоплення здобичі.

### **Література**

1. Батішев О.С., Обламський В.В., Смирнов Ю.М. Система моделювання поведінки роботів у багатоагентному середовищі // Системний аналіз та інформаційні технології: матеріали 15-ї Міжнародної науково-технічної конференції SAIT 2013, Київ, 27-31 травня 2013 р. / ННК "ПСА" НТУУ "КПР". – К.: ННК "ПСА" НТУУ "КПР", 2013. – ст. 247-248.

УДК 004.94:519.876.2

## **ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІЗУАЛЬНОЇ РОЗРОБКИ ПЕТРІ-ОБ'ЄКТНИХ МОДЕЛЕЙ СИСТЕМ**

І. В. Стеценко, О.В. Василевська

*Черкаський державний технологічний університет, Україна*

З розвитком інформаційних технологій до моделей систем висуваються спеціальні вимоги щодо забезпечення швидкості побудови моделі та отримання результатів моделювання. Важливими властивостями моделі стають швидкість модифікації у зв'язку зі структурними та функціональними змінами та можливість інтеграції з іншими інформаційними технологіями. Петрі-об'єктне моделювання є технологією імітаційного моделювання систем, що ґрунтується на стохастичній мережі Петрі і дозволяє створювати моделі складних систем з конструктивних елементів [1]. На відміну від відомих технологій імітаційного моделювання Петрі-об'єктна технологія ґрунтується на формалізованому описі динаміки системи стохастичною мережею Петрі, що дозволяє досягти найбільш абстрактного і водночас найбільш детального опису процесів функціонування. Використання Петрі-об'єктного моделювання для практичних цілей передбачає розробку комплексу методів та засобів, що забезпечують побудову, реалізацію та дослідження Петрі-об'єктних моделей. Важливим аспектом сучасного програмного забезпечення є наявність засобів візуалізації.

Бібліотека класів PetriObj, яка розроблена [2], є плагіном, що забезпечує користувача основними класами для реалізації Петрі-об'єктних моделей. Розробка мереж Петрі класів Петрі-об'єктів виконується в бібліотеці PetriObj за допомогою спеціально розроблених методів. Набори таких методів можуть розроблятися як універсальні (наприклад, для розробки моделей предметних галузей), так і як локальні (для розв'язання окремої задачі). На розробку цих методів розробник Петрі-об'єктної моделі витрачає найбільше часу та зусиль. Тому доцільною є розробка графічного модуля до бібліотеки

класів Петрі-об'єктного моделювання, що надає можливості побудови мережі Петрі класу Петрі-об'єктів з використанням візуальних засобів.

Існує ряд програмних продуктів, призначених для моделювання мережею Петрі [3], які отримали узагальнену назву Петрі-симуляторів. Більшість Петрі-симуляторів мають обмежені можливості насамперед у використанні переходів зі стохастичними часовими затримками, у використанні конфліктних переходів та способів розв'язання конфліктів. Серед усіх програмних симуляторів мереж Петрі слід виділити CPN та POSES++, що призначені для моделювання мереж Петрі з часовими затримками. Через те, що ці програмні продукти використовують просування часу з детермінованим кроком, застосування їх для моделювання стохастичних процесів при досить загальних умовах призводить до помилкового відтворення потоку випадкових подій.

Бібліотека PetriObj, на відміну від наведених імітаторів, використовує в алгоритмі імітації спосіб просування часу за принципом до найближчої події [4], що забезпечує відтворення подій у відповідності до генерованої послідовності випадкових чисел. Основними класами бібліотеки є клас Петрі-мережа (PetriNet), що конструює мережу Петрі, клас Петрі-імітатор (PetriSim), що здійснює імітацію функціонування мережі Петрі з часовими затримками, і клас Петрі-об'єктна модель (PetriObjModel).

Перевагою Петрі-об'єктного підходу є те, що розробник Петрі-об'єктної моделі має можливість конструювати модель системи зі структурних елементів. Динаміка побудованої моделі повністю визначається динамікою складових елементів та зв'язками між ними. Мережа Петрі об'єкта розробляється так, щоб повністю відтворювати динаміку функціонування структурного елемента системи в залежності від зовнішніх умов.

Графічний модуль створений таким чином, щоб забезпечити використання класів бібліотеки PetriObj як з графічним модулем, так і без нього, в залежності від потреб користувача. Таким чином, наявність графічного модуля не зв'яже користувача зобов'язанням використовувати для побудови мереж Петрі виключно графічний інтерфейс. Це важливо, оскільки використання візуального представлення мережі Петрі неминуче зменшує гнучкість програмування. Наприклад, у графічному інтерфейсі складно уявити побудову мережі Петрі світлофорного об'єкта в залежності від заданої кількості напрямів руху, кількості фаз та тривалості світлофорного циклу.

Основне призначення графічного модуля - забезпечити користувача візуальними засобами програмування стохастичної мережі Петрі та засобами зберігання складеної мережі Петрі у форматі, зручному для розробки Петрі-об'єктів класами бібліотеки PetriObj.

Графічний модуль розв'язує 1) задачу програмної розробки графічних об'єктів мережі Петрі – позицій, переходів та дуг, та їх спільне взаємопов'язане існування у візуальному просторі; 2) задачу надання відповідної функціональності графічним об'єктам. Оскільки функціональність елементів стохастичної мережі Петрі повністю реалізована у бібліотеці класів PetriObj, то для набуття відповідної функціональності достатньо зв'язати графічні об'єкти з відповідними класами бібліотеки PetriObj. Відповідно до кожної задачі розроблені пакети класів – graphpresentation та PetriObjPaint.

Уніфіковане графічне представлення елементів мережі Петрі, представляють класи пакету graphpresentation. Клас GraphElement є супер-клас, призначений для відображення вершин дводольного орієнтованого мультиграфу, окремим випадком якого є мережа Петрі. Нащадки цього класу GraphPosition і GraphTransition реалізують функції батьківського класу та пристосовують цей функціонал до особливостей графічного подання елементів мережі Петрі.

Клас GraphTie використовується для графічного подання дуг, що зв'язують позиції з переходами мережі Петрі, тому відношення між GraphElement і GraphTie приймає вид агрегації.

Зображення мережі Петрі та реалізація основних функцій графічного редактора (додавання, видалення, переміщення елементів) здійснюється об'єктом класу PetriNetsPanel. Панель графічного відображення розміщується у вікні PetriNetsFrame, яке окрім панелі містить також області для виведення результатів моделювання та командне меню.

Клас FileUse дозволяє працювати зі створеною мережею як з файлом (зберігати, відкривати). Зберігання відбувається у двох форматах – як об'єкта GraphPetriNet та об'єкта PetriNet, що є надзвичайно зручним, зважаючи на складність мережі Петрі і велику кількість її елементів.

Пакет GraphObjPaint (рис. 1) комбінує функціонал пакетів graphpresentation і PetriObj таким чином, що досягається відповідність між графічним поданням і реалізацією логіки функціонування мережі Петрі.

Ядро цього пакету клас GraphPetriPaint відповідає за структуру і графічне відображення мережі, у тому числі за створення об'єкта класу PetriNet на основі графічного подання мережі. Клас GraphPetriPaint також містить функції для корегування зв'язків між позиціями і переходами, необхідні при багаторазовому використанні мережі, наприклад, для відкриття мережі з файлу.

Класи GraphPetriPlace і GraphPetriTransition мають у якості полів елементи класів PetriP та PetriT відповідно. Разом із наслідуванням від GraphPosition і GraphTransition це надає можливість правильно

відобразити елементи мережі Петрі і бути незалежним від графічного представлення, що використовується в класі GraphPetriPlace при створенні мережі типу PetriNet з графічного подання.

GraphTieOut та GraphTieIn – це класи, які відповідають за малювання дуг (вихідних та входних по відношенню до переходу), та їх взаємодію з класами TieOut та TieIn відповідно. Композиційний зв'язок між цими класами подібний до зв'язку між GraphPetriPlace і PetriP, GraphPetriTransition і PetriT.

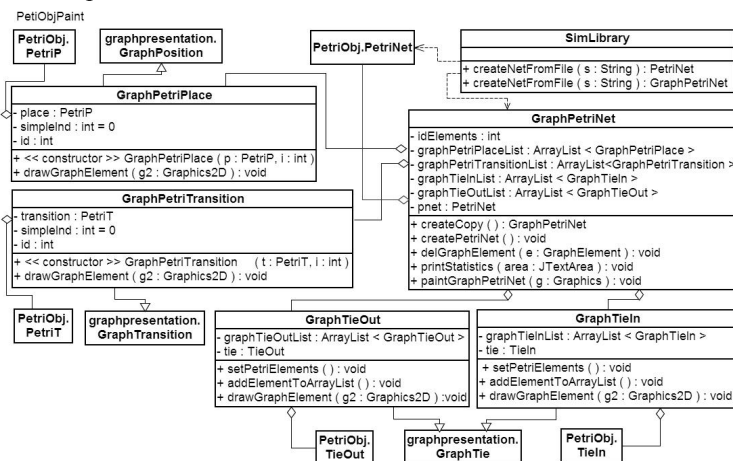


Рис. 1. Діаграма класів пакету PetriObjPaint

В результаті наукового дослідження розроблена бібліотека Java-класів програмного забезпечення Петрі-об'єктної технології моделювання систем, використання якої забезпечує візуальне сприйняття мереж Петрі-об'єктів моделі та спрощує побудову та відлагодження динаміки функціонування Петрі-об'єктів. Графічна візуалізація, що використовується в процесі побудови моделі, прискорює також процеси вивчення нової технології моделювання.

## Література

1. Стеценко І.В. Теоретические основы Петри-объектного моделирования систем // Математичні машини і системи. – Київ, 2011. - №4. – С.136-148.
2. Стеценко І.В. Технологія Петрі-об'єктного моделювання систем // Вісник Черкаського державного технологічного університету. – Черкаси: ЧДТУ, 2011. - №4. – С.25-30.
4. University of Hamburg. Petri Nets Tools Database Quick Overview [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.informatik.uni-hamburg.de/TGI/PetriNets/tools/quick.html>
5. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука. - М., 1986. – 418с.

**ЗАСТОСУВАННЯ СТРУКТУРНИХ ПАТЕРНІВ ОБ'ЄКТНО-ОРІЄНТОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ДЛЯ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ ДИСКРЕТНОГО ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ МОВОЮ C++**

С.С.Стоянченко

*Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Україна*

**Актуальність проблеми.** Для дослідження складних систем широкого використовується метод імітаційного моделювання [1]. Він передбачає побудову програмної моделі, функціонування якої багато в чому повторює поведінку системи, що вивчається. З імітаційної моделлю проводиться серія статистичних експериментів. Зібрані дані дозволяють зробити висновки про характеристики складної системи, що вивчається. Можна побудувати імітаційну модель практично будь-якого ступеня складності.

**Огляд існуючих систем.** Існуючі в даний час програмні системи імітаційного моделювання можна розділити на два класи: класичні системи типу GPSS, Simula, Simgscript і системи візуального моделювання типу Simulink, VisSim, Anylogic [1]. Загальною характеристикою подібних програмних комплексів є їх закритість. Користувач змушений користуватися обмеженим набором наданих йому засобів

Однією найбільш знаменитих мов імітаційного моделювання є мова GPSS [2]. Її версія: GPSS-F реалізована мовою Fortran-77 [3]. Використання відкритої платформи Fortran робить цю систему відкритою для розширень. Будь-який користувач має можливість дописати свої необхідні йому блоки програмного коду.

**Мета роботи.** Мова Fortran з часом поступово втрачає свою колишню популярність. Метою цієї роботи є реалізація відкритої GPSS-подібної системи імітаційного моделювання на мові C++. Вибір цієї мови в якості інструментального засобу виправданий тому, що компілятори з нього присутні практично на всіх програмних платформах. Крім того, при реалізації проекту можна використовувати сучасні засоби об'єктно-орієнтованого програмування.

Основна частина. Аналіз реалізації мови GPSS-F показує, що для реалізації алгоритму імітаційного монітора широко використовуються вельми екзотичні засоби мови Fortran-77, які відсутні в інших системах програмування.

Таблиця 1. Приклади програм на мовах GPSS та GPSS-F

Мова GPSS	Мова GPSS-F
GENERATE G1, 10,12	1001 call activ1
QUEUE Q1	goto (1,2,3), naddr
SEIZE S1	1 call genera (1,1,10,12, * 1002)
Q1DEPART	call queue (1)
ADAVANCE 10	2 call seize (1,2, * 1002)
RELEASE S1	call depart (1)
TERMINATE	3 call advance (3,10, * 1002)
	call releas (1)
	call terminat
	1002 call activ2 (* 1001)

Порівняльний аналіз наведених у таблиці 1 текстів програм на мовах GPSS та GPSS-F показує, що структура програмного коду однакова. Реалізація на мові Fortran-77 заснована на широкому використанні механізму адресного виходу з процедури. Цей механізм передбачає передачу мітки в процедуру як параметр. У процедурі аналізується стан моделі і в разі виконання певних умов проводиться вихід з процедури. При цьому управління передається не оператору, що є наступним за оператором виклику процедури, а на оператор з вказаною міткою.

Оператори переходу не рекомендуються для використання в програмах, тому що ускладнюють читання і налагодження великих програмних комплексів. Тому механічне перекодування GPSS імітатора з мови Fortran в нашому випадку неможливо.

При розробці об'єктно-орієнтованого програмного забезпечення добре зарекомендував себе підхід із застосуванням патернів. Патерни - стандартні рішення типових завдань при використанні об'єктно-орієнтованого підходу [4].

Аналіз особливостей роботи системи моделювання GPSS показує, що для розробки основного алгоритму роботи GPSS імітатора можна використовувати патерн Chain-of-responsibility. На рис. 1 показана діаграма класів патерну Chain-of-responsibility, що адаптовано для GPSS імітатора.

Основними елементами рішення на основі цього патерну є об'єкти, відповідальні за виконання команд. Всі ці об'єкти є спадкоємцями одного батьківського класу, який задає їх поведінку. Спільним у поведінці об'єктів-спадкоємців є те, що всі вони мають метод handleEvent, але кожен очікує і реалізує тільки свій різновид події.

Стан GPSS моделі визначається поточним станом складових її об'єктів. До таких об'єктів відносяться транзакти, обслуговуючі пристрої тощо. При зміні стану будь-якого об'єкта змінюється стан всієї моделі. При зміні стану моделі повинен бути активований блок моделі, що відповідає за цю подію. Процедура обробки події вносить необхідні зміни в стан необхідних об'єктів моделі та генерує нові події. Нові по-

дії повинні бути оброблені відповідними оброблювачами. Зв'язок між подіями та відповідними оброблювачами часто носить досить складний характер.

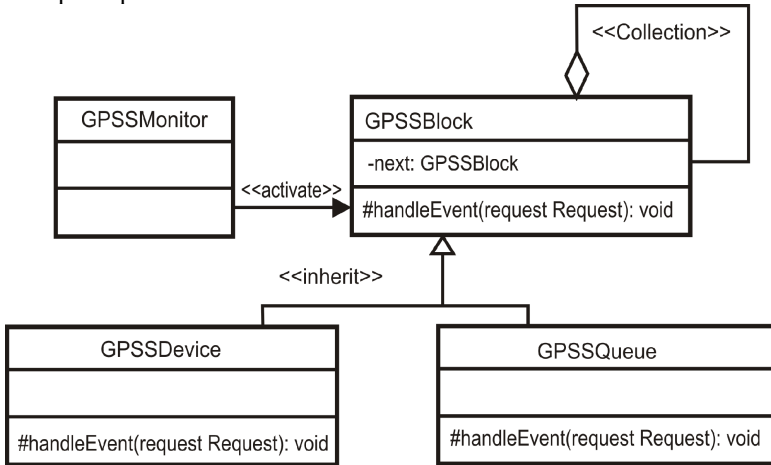
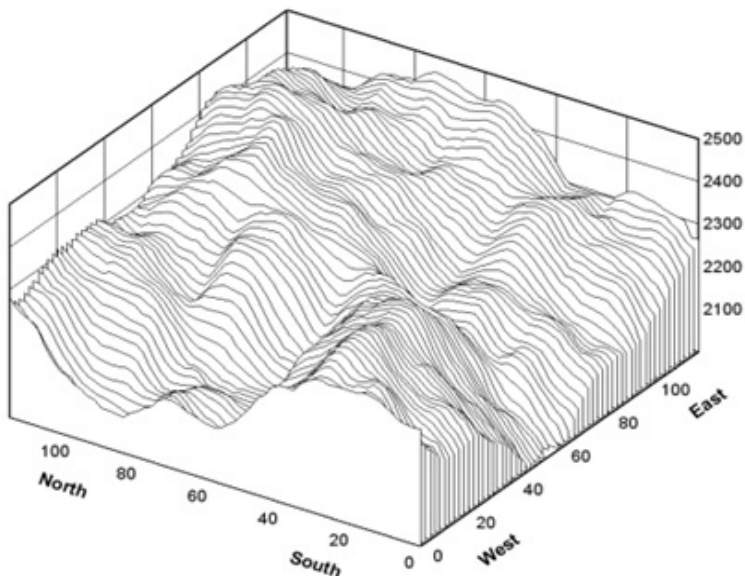


Рис. 1. Діаграма класів для патерну Chain-of-responsibility

Паттерн Chain-of-responsibility призначений для використання в подібних ситуаціях. Він дозволяє об'єкту послати команду не маючи інформації про її обробнику. Всі об'єкти - обробники подій ув'язуються в ланцюжок, пересилаючи команду-подія по цьому ланцюжку. Один з об'єктів ланцюжка розпізнає подію і обробляє її. Подія позначається як оброблене, що виключає її повторну обробку. Після чого можуть бути згенеровані нові події, які в свою чергу пересилаються по ланцюжку. В якості клієнта в цьому патерні в програмі GPSS симулятора виступає спеціальний монітор, який є універсальним і не потребує уваги з боку користувача. Завданням користувача є розробка ланцюжка зв'язаних об'єктів, які імітують GPSS блоки і є оброблювачами подій. У процесі проектування GPSS моделі розробник повинен тільки розташувати в потрібній послідовності необхідні об'єкти із стандартного переліку. Ланцюжок будується автоматично на етапі ініціалізації моделі і не вимагає уваги розробника.



*Рис. 2. Приклад одержаних результатів імітаційного моделювання*

**Висновки.** Створено фреймворк для мови C++, який дозволяє розробляти GPSS моделі використовуючи спеціальний шаблон. Застосування патерну дозволяє підтримувати слабкий зв'язок між об'єктами, що дуже бажано при розробці об'єктно-орієнтованого програмного забезпечення. Слабкі зв'язки між об'єктами знижують їх взаємну залежність і дозволяють легко вносити зміни в комп'ютерну програму.

### **Література.**

1. Кіндлер Є. Мови моделювання. - М.: Мир, 1985. - 288 с.
2. Томашевський В. Імітаційне моделювання в середовищі GPSS / В. Томашевський, Є. Жданова - М.: бестселер, 2003. - 416с.
3. Schmidt B. Simulation of discrete system using GPSS-Fortran / В. Schmidt. - NJ: John Wiley & Sons, 1980. - 342р.
4. Е. Гамма Р. Хелм Р. Джонсон Дж. Вліссідес Прийоми об'єктно-орієнтованого проектування. Патерни проектування. - СПб: Пітер, 2010. - 366 с.



## ЗАСТОСУВАННЯ ФІЛЬТРІВ ДЛЯ ПОБУДОВИ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ОДНОВИМІРНОЇ ПОЛІНОМІАЛЬНОЇ ФУНКЦІЇ ЗА ЗАШУМЛЕНИМ НАБОРОМ ВИХІДНИХ ДАНИХ.

А.Ю. Халимон

*Кафедра Автоматизованих систем обробки інформації і управління, ФІОТ,  
НТУУ «КПІ», Україна*

Задачі побудови математичних моделей поліноміальних систем є важливим розділом інтелектуального аналізу даних, що часто застосовується на практиці. Моделлю одновимірної поліноміальної системи є поліном  $n$ -ного степеня з відомими коефіцієнтами. Для знаходження цих коефіцієнтів часто використовується метод найменших квадратів, застосований до моделей зростаючої складності, що є частковим випадком методу групового урахування аргументів. Проблемаю цього підходу є необхідність інформації про дійсну степінь полінома моделі. Для визначення складності моделі існує кілька підходів. По-перше, степінь моделі може бути відома з міркувань внутрішнього влаштування системи (наприклад, у системі, де розглядається рух тіла під дією сили опору повітря на дозвукових швидкостях, правильною з фізичних міркувань буде модель 2-го степеня). По-друге, дослідник може задати складність моделі сам, виходячи з кількості і якості наявних даних для побудови моделі та інших даних, у тому числі методом проб і помилок. По-третє, існують критерії підбору найкращої моделі серед кількох доступних. Одним з найбільш поширених критеріїв є критерій Маллоу, що є частковим випадком інформаційного критерію Акаїке. Ці критерії базуються на сумі квадратів залишків (тобто сумі квадратів різниць між передбаченими і вихідними даними). Сума квадратів залишків зменшується з наближенням модельних значень до вихідних даних. Однак, якщо вибірка зашумлена (а це якраз той випадок, що ми розглядаємо), то значення цієї суми продовжить падати навіть після того, коли складність моделі досягне свого оптимального значення, тому що модель наближається не до фактичних, а до зашумлених значень. У згаданих вище критеріях вводиться штраф за складність моделі, який запобігає отриманню неадекватних моделей. Наприклад, критерій Маллоу [1] виглядає так:

$$C_p = \frac{RSS(p)}{\mathcal{E}^2} + 2p - n, \quad (1)$$

де  $C_p$  – значення критерію,  $RSS$  – сума залишків,  $p$  – складність моделі (ступінь поліному),  $n$  – кількість випробувань,  $\mathcal{E}^2$  – прогнозована дисперсія вибірки.

Проблема полягає в тому, що точність даних критеріїв на сильно зашумлених вибірках недостатня, що в свою чергу приводить до зайвого спрощення побудованої моделі. Далі наведений метод покращення точності даних моделей.

У задачах цифрової обробки сигналів достатньо часто застосовують фільтри. Фільтр – це пристрій чи програма обробки й перетворення сигналів. Одним із фільтрів, що спрямовані на зменшення зашумленості вхідних даних, є медіанний фільтр. Цей фільтр з успіхом застосовується для видалення шумів, особливо дрібних і розсіяних по всьому зображенню. Наведено приклад застосування фільтру розмірності 3 для одновимірної послідовності:

$$x = [2 \ 80 \ 6 \ 3]$$

$$- y[1] = \text{медіана}[2 \ 2 \ 80] = 2$$

$$- y[2] = \text{медіана}[2 \ 80 \ 6] = \text{медіана}[2 \ 6 \ 80] = 6$$

$$- y[3] = \text{медіана}[80 \ 6 \ 3] = \text{медіана}[3 \ 6 \ 80] = 6$$

$$- y[4] = \text{медіана}[6 \ 3 \ 3] = \text{медіана}[3 \ 3 \ 6] = 3$$

$$- y = [2 \ 6 \ 6 \ 3] \text{ вихід медіанного фільтру}$$

Ідея покращеного методу в тому, щоб рахувати суму квадратів залишків для фільтрованих даних, а не вхідних неочищених. При цьому модель будуємо для нефільтрованих даних, щоб виключити вплив фільтру на результат. Назвемо покращений метод методом  $C_{pm}$ . Перевіривши ідею на широкому діапазоні вхідних даних, ми отримали наступні результати:

1. В усіх випадках, коли використання  $C_p$  приходить до правильних результатів, метод  $C_{pm}$  також приходить до правильних результатів.

2. Найперспективніші результати метод  $C_{pm}$  показав при великих дисперсіях вхідних даних, що і варто було очікувати. Використання  $C_p$  у таких випадках дуже часто спрощує модель, і вона стає неадекватною, в той час як помилка у  $C_{pm}$  відсутня або набагато менша. Це дозволяє отримувати точні коефіцієнти навіть за дуже великого шуму (за умови що він має нормальний розподіл).

3. Мінімум  $C_p$  в експериментах достатньо часто дає складність моделі на 1 більше реальної. Коефіцієнти цієї моделі практично точні, старший коефіцієнт прямує до нуля, як і повинен, однак його відмінність від нуля впливає на інші коефіцієнти. Метод  $C_{pm}$  у цьому відношенні набагато точніший.

4. Обидва методи краще працюють на невеликих степенях поліномів (до 6).

Наведемо кілька прикладів побудови моделей із використанням обох методів (рис.1, 2). При цьому, маленькими колами показано точки вхідних даних, тонкою ламаною лінією – фільтровані дані, лінією 1 - модель, побудовану по нефільтрованим даним, лінією 2 – по фільтрованим, лінією 3 – вхідну функцію без похибки.

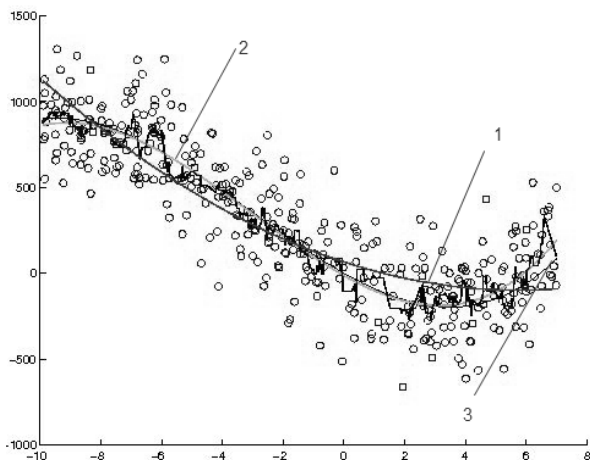


Рис. 1. Реальна функція:  $x^3 + 9x^2 - 100$ , дисперсія 200

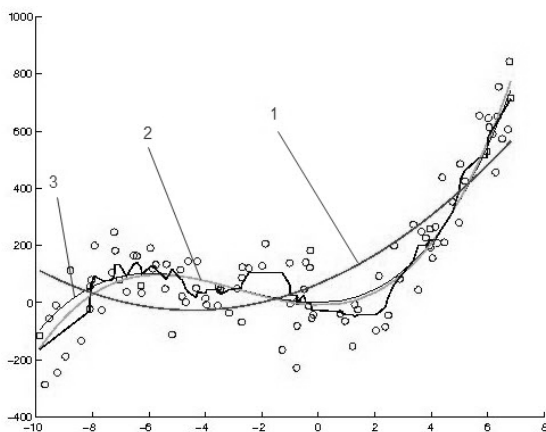


Рис. 2. Реальна функція:  $x^3 + 9x^2 + x$ , дисперсія 100

Як видно з наведених графіків, використання фільтрування суттєво наближає вхідні дані до їх реальних значень і зменшує похибку, що надає можливість критерію вибрати правильну модель.

### Література

1. Akaike H. A new look at the statistical model identification. System identification and time-series analysis. // *IEEE Trans. Automatic Control* AC-19, 1974. – P. 716–723.
2. Кветний Р.Н. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень // Р.Н. Кветний, Богач І.В., Бойко О.Р., Софіна О.Ю., Шушура О.М. - Режим доступу : [http://posibnyky.vntu.edu.ua/k\\_m/t2/2132..htm](http://posibnyky.vntu.edu.ua/k_m/t2/2132..htm)

## ВИКОРИСТАННЯ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ РОЗВ'ЯЗАННІ ЗАДАЧІ ОДНОЕТАПНОГО СТОХАСТИЧНОГО ПРОГРАМУВАННЯ

О.О. Храмов

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Україна*

Лінійна модель є однією з найпростіших моделей при описі виробничих процесів. За допомогою лінійної моделі можна описати певні технології виробництва, обсяги виробництва і збуту товарів. Отримавши результат, ми можемо провести постоптимальний аналіз для визначення стійкості нашого розв'язку. Коли значення всіх коефіцієнтів відомі, ми можемо безпосередньо застосовувати всі методи лінійного програмування і проводити постоптимальний аналіз. Але у випадку, коли значення коефіцієнтів задачі є невизначеними чи є випадковими величинами, застосування класичних методів може або не дати жодних результатів або дати результати, які не мають змісту для даної задачі. В такому випадку, для системи, що обстежується, необхідно створити стохастичну математичну модель, що врахує невизначеність параметрів. Маючи таку модель, її можна привести до детермінованої моделі, для якої визначені певні алгоритми. При перетворенні стохастичної моделі ми можемо використовувати свої правила приведення для того, щоб отримана модель була змістовно якомога ближчою до справжньої системи.

Ми розглянемо наступну задачу стохастичного програмування[1].

$$Z = \sum_{i=1}^n C_i x_i \rightarrow \max(\min) \quad (1)$$

$$P\left\{ \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq B_i \right\} \geq 1 - \varepsilon_i, \quad 0 \leq \varepsilon_i \leq 1, \quad i = \overline{1, m} \quad (2)$$

$$\forall x_i \geq 0, \quad i = \overline{1, m}$$

Необхідно знайти такий вектор  $x$ , при якому значення функції  $Z$  буде максимальним (або мінімальним). При цьому, ймовірність виконання  $i$ -того обмеження має бути не нижчою ніж  $1 - \varepsilon_i$ .

$C_i, B_i$  – незалежні, довільно розподілені випадкові величини,  $a_{ij}$  – деякі відомі значення коефіцієнтів.

Цільова функція може з деякою ймовірністю набувати різних значень при одному і тому ж векторі  $x$ . Для максимізації цієї ймовірності, в якості нової цільової функції ми прийємо математичне сподівання початкової цільової функції.

$$Z = M\left(\sum_{i=1}^n C_i x_i\right) = \sum_{i=1}^n M C_i x_i \rightarrow \max(\min)$$

Спробуємо звести обмеження початкової задачі до лінійних обмежень вигляду

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq \tilde{b}_i$$

де,  $\tilde{b}_i$  – число.

Нехай кожна випадкова величина  $B_i$  має неперервну, строго монотонну функцію розподілу  $F_i(b_i)$ . Тоді має місце рівняння[2].

$$1 - F_i(\tilde{b}_i) = \varepsilon_i$$

$$\tilde{b}_i = F_i^{-1}(1 - \varepsilon_i) \quad (3)$$

$$F_i^{-1}(t) = \sup\{y \mid F_i(y) \leq t\}$$

На жаль, в більшості випадків, ми не знаємо ні функцію розподілу, ні функцію щільності розподілу. Але якщо у нас є статистичні дані, що стосуються величин  $B_i$ , то використавши методи математичної статистики ми можемо отримати необхідні значення  $\tilde{b}_i$ .

Виконавши ці перетворення отримаємо звичайну задачу лінійного програмування.

$$Z = \sum_{i=1}^n M C_i x_i \rightarrow \max(\min) \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq \tilde{b}_i, \quad i = \overline{1, m} \quad (5)$$

$$\forall x_i \geq 0, i = \overline{1, n}$$

Усі коефіцієнти даної задачі є числами і задачу можна вирішити методами призначеними для розв'язку задач лінійного програмування.

Нехай вектор  $x$  – розв'язок задачі стохастичного програмування. Оскільки при отриманні розв'язку не були враховані деякі параметри початкової задачі, то  $x$  буде розв'язком початкової задачі лише з деякою ймовірністю.

В загальному випадку, ймовірність того, що вектор  $x$  буде хоча б допустимим базовим розв'язком початкової задачі дорівнює нулю, оскільки ймовірність того, що неперервна випадкова величина  $B_i$  прийме значення  $\tilde{b}_i - 0$ . Але, враховуючи особливості задачі, нас влаштує і те, що вектор  $x$  буде знаходитись в межах допустимої області.

Позначимо ймовірність помилки області як  $\beta$ . Цей показник визначає ймовірність того, що внаслідок реалізації випадкових величин  $B_i$

вектор  $x$  опиниться за межами допустимої області. Визначимо верхню оцінку  $\beta$ .

$$\beta = 1 - \prod_{i=1}^n P(b_i \leq \tilde{b}_i) = 1 - \prod_{i=1}^n F_i(\tilde{b}_i) \quad i = \overline{1, n}$$

В найгіршому випадку ми опинимося за межами області, якщо хоча б одна реалізація  $B_i$  прийме значення менше запланованого  $\tilde{b}_i$ .

У випадку, якщо ми не знаємо аналітичного вигляду функції  $F_i(b_i)$ , то визначити значення  $\beta$  можна за допомогою імітаційного моделювання. Визначивши функції  $\Phi_i(\phi_i)$  на базі статистичних даних про величини  $B_i$  ми можемо розпочати моделювання. В якості процесу, що моделюється візьмемо генерацію  $n$ -вимірного вектору і підстановку його в систему рівнянь (5) замість величин  $\tilde{b}_i$ , вважаючи, що вектор  $x$  є константою.

Нехай  $\bar{\phi}$  –  $n$ -вимірний вектор, що є реалізацією  $n$ -вимірної випадкової величини  $\Phi = (\Phi_1, \dots, \Phi_n)$ . Виконавши заміну в системі рівнянь (5) отримаємо систему рівнянь:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq \phi_i, \quad i = \overline{1, m} \quad (6)$$

Визначення величини  $\beta$ , шляхом імітаційного моделювання буде полягати у тому, щоб провести деяку кількість випробувань  $m$  над випадковою величиною  $\Phi$ , підставляючи результати випробувань у систему рівнянь (6). Якщо всі нерівності виконались – вважаємо, що випробування пройшло успішно. Значенням величини  $1-\beta$  буде відношення кількості успішних випробувань до загальної кількості випробувань.

Імітаційне моделювання є дуже корисним методом розв'язання подібних задач. Замість того, щоб за допомогою складних математичних методів знаходити аналітичний вигляд функції, а потім, не менш складними методами, шукати ймовірність попадання  $n$ -вимірної випадкової величини в область в  $n$ -вимірному просторі, ми можемо провести певну кількість випробувань і отримати результат бажаної точності. З розвитком потужностей обчислювальної техніки і програмних засобів імітаційного моделювання, розв'язок задач за допомогою моделювання стає все більш привабливим варіантом.

## Література

1. Кузнецов А.В., Сакович В.А., Холод Н.И. Математическое программирование. // –Мн.: Выш. шк., 1994. – с. 272-281.
2. Юдин Д.Б. Математические методы управления в условиях неполной информации. // – М.: Советское Радио, 1974. – с. 61-83

## **ПОРІВНЯННЯ МЕТОДІВ ВЕРИФІКАЦІЇ MODEL CHECKING ТА НЕДЕТЕРМІНОВАНИХ КІНЦЕВИХ АВТОМАТІВ**

С.В.Цибровський

*Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, Україна*

Проблема розробки коректного та якісного програмного забезпечення в найкоротші строки на даний час все ще є актуальною. При цьому програмний продукт має бути верифікований та перевірений на багатьох тестах. Створення програм на будь-якій процедурній мові програмування пов'язано з їх логічною структурою, яка характеризує певні її стани та умови переходів з одних станів в інші. На такому етапі моделювання можна виявити можливі помилки, усунути їх, виконати оптимізацію на рівні моделі програми та остаточно перейти до створення програми на деякій процедурній мові програмування (Pascal, C, Java). Останнім часом поширеною стала технологія MODEL CHECKING [1] при створенні розподілених та паралельних програмних систем, яка дозволяє виконати верифікацію таких програм з готових програмних модулів, але розробка та верифікація власно самих модулів все ще залишається актуальною.

Останнім часом найпоширенішим методом верифікації є Model Checking [2, 3]. Цей підхід вже реалізовано в багатьох інструментах, та використовується у розробці програмних продуктах. Але незважаючи на переваги цього методу він має і недоліки.

Можливість побудови логічної структури програми може бути надана, якщо у кожному стані моделі програми описати дії, які необхідно виконати для реалізації конкретної програми. При цьому суміщаються одразу два етапи створення програм: розробка та верифікація. Верифікація програми виконується під час побудови, усунення недоліків та оптимізації на рівні моделі структури програми. Остаточна перевірка коректності роботи програми виконується при тестуванні таким чином, щоб усі шляхи переходів програми з одного стану в інший були перевірені. Таким чином, на етапі тестування програм фактично виконується перевірка коректності опису дій згідно логічної моделі роботи програми [5]. Оскільки опис дій може бути виконаний на будь-якій процедурній мові програмування, то така технологія є універсальною у такому розумінні.

Для опису логічної структури програми може бути прийнятий апарат не детермінованих кінцевих автоматів з деякими доповненнями. Доповнення полягають, по-перше, у тому, що в таких автоматах відсутні 'пусті' стани, але можуть бути присутні 'пусті' переходи з одного стану в інший. По-друге, дії у кожному стані мають бути

описані у вигляді фрагментів на обраній процедурній мові програмування. Для опису автоматної моделі зручною є розширена форма опису Бекуса-Наура [4]. Розширення полягає у введенні необов'язкових елементів (оточуються квадратними дужками) та у застосуванні рекурсивних зв'язків у такому описі та, відповідно, в автоматній моделі. А з іншого боку розширення полягає у застосуванні описів дій, які мають виконуватись у кожному стані моделі програми. Такий метод створення програм назвемо методом розширених недетермінованих кінцевих автоматів (РНКА). Таким чином, маючи з одного боку, стани автоматної моделі програми  $S_i$  ( $i$  – номер стану), функції переходів  $F(i, j, k)$  ( $i$  – номер поточного стану,  $j$  – номер стану переходу,  $k$  – значення певної функції при виконанні дій у поточному стані), а з іншого боку – опис дій, який має виконуватись у кожному стані вигляді програмного фрагменту  $F_i$  на обраній мові програмування, фактично маємо власно потрібну програму. Зборка програми ( $P = \bigcup_1^k F_i$ ,  $P$  – текст програми на

обраній мові програмування,  $k$  – кількість станів автоматної логічної моделі програми) повинна виконуватись з початкового стану моделі і далі по всіх зв'язках моделі до її кінцевого стану.

Обидва підходи верифікації мають свої переваги та недоліки. Так, наприклад, метод Model Checking має наступні недоліки:

- для того, щоб почати використовувати цей метод потрібна підготовка, адже метод не є простим та зрозумілим для нового користувача.
- цей метод виконує верифікацію лише за цілими та логічними змінними[2].
- верифікація проводиться після того, як код програмного продукту вже написаний.

Також, цей метод, має і переваги:

- чітка формалізація.
- для різних мов програмування існує велика кількість інструментів, що вже реалізують цей метод (BLAST, CADP, CHESS, ISP, Java Pathfinder, MoonWalker, MRMC, NuSMV, PRISM, Rabbit, SPIN, Vereofy, UPPAAL).

Метод верифікації з використанням РНКА теж має недоліки:

- не чітка формалізація.
- відсутність програмних інструментів, що повною мірою реалізують цей підхід.

Але, цей метод має і значні переваги:

- верифікація проводиться перед написанням коду програми, що значно прискорює процес розробки.
- не має обмеження по типу змінних.



Порівняння переваг та недоліків цих двох методів показало в якому напрямку треба робити подальші досліді РНКА для того, щоб розробити універсальний та легкий у користуванні підхід верифікації програмного забезпечення. В подальшій роботі планується проведення формалізації методу РНКА, розробка інструменту, що реалізує цей метод верифікації для мов високого рівня (Pascal, C, Java).

### **Литература**

1. Vaishnavi V.K., Fraser M.D. A Validation Framework for a Maturity Measurement Model for Safety-critical Software Systems, Proceedings of the 36th Annual Southeast Regional Conference, 1998.
2. Верификация программ с помощью моделей [Электронный ресурс]. – Режим доступа : URL : <http://www.osp.ru/os/2003/12/183691>. – Назва з екрана.
3. Карпов Ю.Г. MODEL CHECKING. Верификация параллельных и распределенных программных систем / Ю.Г. Карпов - СПб.: БХВ – Петербург, 2010. – 560с.
4. Ахо А., Сети А.Р., Ульман Дж. Компиляторы: принципы, технологии, инструменты. / А. Ахо, А.Р.Сети, Дж.Ульман - М.: Вильямс, 2001. – 768 с.
5. Салапатов В.І., Лукаш В.І. Застосування не детермінованих кінцевих автоматів для реалізації алгоритмів обробки потокової інформації / В.І. Салапатов, В.І. Лукаш – Чернігів.: Шоста міжнародна науково-практична конференція з міжнародною участю “Математичне та імітаційне моделювання систем МОДС 2011”.Тези доповідей. с. 366-368.

УДК 004.4

## **ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ АНАЛИЗА И ФОРМИРОВАНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ МОДЕЛЕЙ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ**

Е.И. Ярцева

*Винницкий Национальный Технический Университет, Украина*

Разработан программный модуль для анализа компонентных структур устройств, которые могут использоваться специалистами-проектировщиками или системами поддержки принятия решений для выработки рекомендаций по надежности и слаженности работы предустановленной структуры.

**Актуальность работы.** В связи с широким применением в промышленности микропроцессоров, аналоговых интегральных схем повышенной сложности возникли проблемы производственного характера, связанные с быстрым увеличением контрольно-диагностических операций.

Существующие системы в пределах серийного производства обладают недостаточными технико-экономическими показателями, которые обусловлены следующими причинами: большой трудоемкостью процесса уточнения места возникновения дефекта, особенно когда

происходит кратная или нелогичная неисправность; тяжестью внесения изменений в массивы тестовых наборов и технологической документации на подконтрольные устройства. Для ликвидации перечисленных недостатков возникло новое направление поэлементного диагностирования аналоговых, цифровых и гибридных узлов [1].

Скорость и точность идентификации дефектов в системах покомпонентного диагностирования во многом определяется выбором эффективной стратегии диагностирования. Алгоритмы покомпонентного диагностирования можно разделить на методы, которые выделяют поэлементную структуру, жесткую и переменную компонентную структуру.

Развитие алгоритмических средств для систем данного класса позволило упростить сложную и трудоемкую задачу поиска места дефекта в объекте диагностирования к ряду менее сложных путем декомпозиции объекта на многоэлементные фрагменты (компоненты). Для того, чтобы правильно оценить ход процесса диагностирования и состояние объекта проверяется система должна обеспечить выявление неисправности с заданной точностью и за заданный интервал времени [2].

Достоверность процессов диагностирования определяется главным образом их стратегиями и алгоритмами, а эффективность алгоритмов поиска неисправностей тем выше, чем меньше время поиска этой неисправности. Целесообразность применения различных стратегий декомпозиции сводится к оптимальному размещению заданного числа точек в объекте диагностирования при ограничении сложности выделенных компонентов, глубины поиска дефектов, времени реализации алгоритмов диагностирования и прочее.

Возможности аппаратно-программных средств систем покомпонентного диагностирования осуществлять искусственные каналы передачи тестовой информации делают перспективным исследование алгоритмов переменной компонентной структуры, основанные на декомпозиционном подходе (создание искусственных фрагментов только на время проведения диагностического эксперимента, удобных и рациональных для этой цели). Оптимальная деструктуризация объекта исследования относительно возможностей систем покомпонентного диагностирования позволяет минимизировать реализационно-временные затраты, то есть упростить процесс тестирования, подготовку тестовых программ и сократить общее время тестирования всего устройства [3].

Решение поставленных задач: обеспечивает оптимальное использование возможностей систем покомпонентного диагностирования и дает возможность получить необходимые показатели реализационно - временных затрат процесса диагностирования.

**Усовершенствованная математическая модель компонентных структур для диагностики на основе теории гиперграфов.** Любую структуру можно представить в виде  $G^*(V^*, E^*)$ , где  $V^*$  - множество вершин, соответствующих элементам устройства на принципиальной схеме, а  $E^*$  - множество дуг, отражающих связи между элементами. Формирование любой компонентной структуры схемы устройства обычно выполняется при определенных условиях исходного графа  $G^* \rightarrow G$ , где  $G(V, E)$  - гиперграф, для каждого ребра которого можно поставить в соответствие один из сформированных фрагментов схем, при соответствующей условии их объединения(1):

$$G = \{G_1, G_2, \dots, G_p\} \quad (1)$$

Под степенью декомпозиции цифрового устройства будем понимать число  $p$ -компонентов разбиение его исходной структуры, покрывающие множество элементов  $V^*$  элементов цифрового устройства. Состав множества  $G$  и взаимного пересечения подмножеств ее элементов определяют глубину которой осуществляется поиск неисправностей в различных устройствах согласно направленности процесса диагностирования.

**Качество и себестоимость новой разработки.** Качество контроля и диагностики зависит не только от технических характеристик устройства, но и в первую очередь от тестовых наборов (контролируемости) самого испытываемого изделия. Это означает, что качество проверки во многом предопределяется качеством разработки изделий. Самое простое решение повышения качества контроля - это поэтапный контроль каждого отдельного компонента диагностирования. Отсюда возникает актуальность анализа отдельных компонентных структур для их дальнейшего диагностирования.

Уровень рыночной новизны программного модуля: новая разработка является модернизированным товаром благодаря улучшению его потребительских свойств; товар, адаптированный к изменению потребностей рынка.

Требования потребителей к новому товару, а именно к пользователю, который должен:

- быть хорошо осведомленным в области технических новинок;
- уметь составлять компонентные структуры соответствующие схемам;
- задавать тестовые входные наборы;
- анализировать полученные результаты.

Потенциальным рынком сбыта могут быть медицинские учреждения, промышленные предприятия как в пределах государства, так и за рубежом.

Спрос на инновационное решение представлен специалистами в области технической диагностики, студентами, аспирантами, а также

владельцами фирм, которые занимаются продажей измерительной техники.

В ходе выполнения исследований проведены все необходимые расчеты для экономического обоснования целесообразности разработки системы диагностирования цифровых электронных устройств [4].

Были проанализированы рынок систем диагностирования и товары-аналоги конкурентов. Также была проведена оценка уровня качества инновационного решения и его конкурентоспособности. В результате было обнаружено, что уровень качества товара и конкурентоспособности выше единицы, что свидетельствует о том, что инновационный продукт имеет лучшие характеристики, чем товар-аналог и более конкурентоспособный.

Следующим шагом проведения экономического обоснования целесообразности разработки продукта было вычисление его цены и критического объема производства. Завершающим этапом стала оценка экономической эффективности инновационного решения, которая показала, что индекс рентабельности и чистый дисконтный доход выше единицы. Поэтому можно считать, что данный инновационный проект целесообразно принять. Таким образом, можно сделать вывод, что на сегодня обеспечение диагностирования цифровых электронных устройств очень важной отраслью, которая гарантирует невозможность поломки устройств даже в случае неправильно составленной структуры. Поэтому разработка данного инновационного продукта является весьма актуальной на рынке современных систем диагностирования.

**Выводы.** Получены следующие результаты: проанализировано предметную область «Компонентные структуры в системах диагностирования»; проанализированы современные средства анализа компонентных структур; проведена сравнительная характеристика методов интеллектуального анализа, которые можно использовать при анализе компонентных структур для систем диагностирования; определена целесообразность использования методов диагностирования для анализа компонентных структур; поставлена задача декомпозиции структуры цифрового устройства будет решаться при анализе отдельных компонентных структур; разработана математическая модель компонентных структур для систем диагностирования; спланировано процесс разработки программного модуля для системы диагностирования; разработан программный модуль для анализа компонентных структур.

## **Литература**

1. Б. Хабаров, Г. Куликов, А. Парамонов. Техническая диагностика и ремонт бытовой радиоэлектронной аппаратуры. - Мн.: Издательство: Горячая Линия - Телеком, 2004. - 376 с.

2. Дэвидсон Г. Поиск неисправностей и ремонт электронной аппаратуры без схем. Второе издание. М. Издательство: ДМК Пресс. 2005, - 544 с.
3. Игнатович В.Г., Митюхина А.И. - Регулировка и ремонт радиоэлектронной аппаратуры. - Минск: "Высэйшая школа", 2002 - 366 с.
4. Н.И. Домарёнок, Н.С. Собчук. "Физические основы диагностики и неразрушающего контроля качества МЭА", - Мн., БГУИР, 2001.

УДК 519.16: 338.262

## **ГЕНЕТИЧЕСКИЕ АЛГОРИТМЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ЦЕЛЕПОЛАГАНИЯ**

А.В. Гайдатов

*Донецкий национальный технический университет, Украина*

Целеполагание является важнейшим этапом в системе стратегического управления предприятием. На верхнем уровне управления предприятием целеполагание состоит в разработке системы целей, выражающих миссию и видение предприятия в форме, доступной для управления процессом их достижения. Использование понятия «системности» подразумевает тесную связь и взаимообусловленность между всеми целями, что позволяет рассматривать их как некую древовидную структуру. Очевидно, что в сложной экономической системе могут наблюдаться противоречия между целями различных структурных элементов или различных звеньев управления. Одной из функций правильно организованного процесса целеполагания как раз и является минимизация этих противоречий.

Математический аппарат оптимизации процессов целеполагания в настоящее время сводится к оптимизации экономических показателей деятельности отдельных подразделений, то есть базируется на теории рационального поведения, которая не способна описать всё множество стимулов, определяющих работу организации, значительное количество которых относится к категории «морального дохода» (*psychic income*).

Специалист в области менеджмента решает задачу оптимального распределения целей во многом подсознательно, опираясь на свой опыт и интуицию в управлении не только экономическими аспектами производства, но и людьми, однако таких специалистов немного, да и они нередко ошибаются. При решении задачи целеполагания менеджер должен распределить имеющиеся у него в распоряжении стимулы таким образом, чтобы получить оптимальное соотношение между экономической отдачей и затраченными ресурсами. Это позволяет рассматривать задачу целеполагания как разновидность комбинаторных задач.

Среди инструментов, позволяющих решать комбинаторные задачи, выделяются генетические алгоритмы, для использования которых решаемая задача должна удовлетворять всего двум требованиям: *ограниченность пространства решений* и *наличие критериев оптимальности решения, или формализованных методов сравнения эффективности различных решений* [1].

Таким образом, если задача целеполагания позволяет определить область допустимых решений, то для формирования оптимального набора целей можно использовать генетические алгоритмы оптимизации. Генетический алгоритм, являясь, по сути, разновидностью переборных методов поиска, позволяет находить оптимальные решения примерно в  $10^4$  быстрее. Применение генетических алгоритмов для решения задач управления предприятием уже рассматривалось в [2], однако при решении поставленной задачи авторам пришлось столкнуться со сложностью описания проблемы в терминах генетического моделирования, а особенно с программированием полученной модели. В целом именно сложности с программной реализацией долгое время ограничивали применение аппарата генетического моделирования.

Однако за прошедшее время появились и стали доступными для широкого круга пользователей программные продукты, позволяющие сделать процесс построения генетической модели намного более простым и прозрачным для пользователя. К таким продуктам можно отнести, например *Genetic Algorithm and Direct Search Toolbox*, в составе пакета MatLab, и пакет *Evolver* компании *Palisade Corporation*. Для решения задачи в рамках данных пакетов достаточно описать переменные модели, области их целевых значений и сформулировать целевую функцию вместе с критерием оптимальности. Причем всё производится в рамках стандартного математического инструментария.

Эксперименты по решению рассматриваемой задачи в пакете *Evolver* показали значительное снижение трудоемкости процесса описания модели в терминах программной среды. В то же время для повышения эффективности решения все равно целесообразно структурировать задачу таким образом, чтобы её решение полностью описывалось одной переменной (хромосомой). Множество компонентов решения может быть представлено в виде одной переменной любым доступным способом, например в виде десятичного кода.

Несмотря на то, что время счета тестового алгоритма, запрограммированного в среде *Evolver* (35-40 с.), оказалось значительно больше времени счёта аналогичной задачи, непосредственно запрограммированной в среде C++ (~3 с.), анализ общего времени, затраченного на решение задачи, позволяют однозначно рекомендовать использование специализированных программных продуктов.

Таким образом, задача управления целеполаганием, при выполнении определенных условий на область допустимых решений, может быть формализована с использованием современного инструментария генетического моделирования, что позволяет существенно снизить время решения задачи и повысить эффективность решений.

#### **Литература:**

1. Кравчук Е.В., Хантер Э. Искусственные нейронные сети и генетические алгоритмы: Донецк, ДонГУ, 2000. – 200с.
2. Минц А.Ю., Петрачкова Е.Л. Генетическая модель оптимизации рефлексивных воздействий при взаимодействии предприятия с потребителями // Вісник економічної науки України. – 2006. – №2(10). – С. 129-134.

УДК 004.934.5

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ГОЛОСОВОГО ТРАФИКА, ПЕРЕДАВАЕМОГО ПО IP СЕТЯМ, С ПОМОЩЬЮ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ТИПА САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ КАРТ КОХОНЕНА.**

О.А. Гергарт, В.В. Золотухин

*Сибирский федеральный университет, Россия*

Развитие IP сетей с технологией пакетной коммутации вызвало большой интерес к передаче мультимедийного трафика, в частности голоса, по IP сетям в реальном времени ввиду их широкого распространения и низкой стоимости использования и эксплуатации.

Однако пакетная коммутация добавляет ряд проблем, связанных с надежностью и гарантированностью доставки каждого пакета получателю. Перегрузки в узлах коммутации и маршрутизации в часы большей нагрузки приводят к заметным потерям пакетов, что, в лучшем случае, приводит к повторной отправке пакета, в худшем – получатель теряет предназначенную для него информацию. В итоге, все эти проблемы могут быть критическими для приложений, работающих в режиме реального времени [1].

На сегодняшний день существует несколько распространенных способов сокрытия потерь на стороне приемника, которые не требуют дополнительных реализаций, обработки и служебных данных на стороне передатчика. Простейший способ восстановления потерь – это замена отсутствующих речевых сегментов образцами со значением 0 («замещение тишиной») [2]. Другой способ заключается в замещении отсутствующего сегмента сигнала участком сигналоподобной формы, однако такой способ подходит для «коротких» речевых сегментов [3]. Ещё одним из применяемых методов сокрытия потерь является метод временного масштабирования, заключающийся в «растяжении» сегмента сигнала определенной длины до разрыва, что покрывает отсут-

ствующий сегмент [1, 4]. Однако указанные методики имеют ряд недостатков: низкое качество сокрытия потерь, невозможность сокрытия больших участков и т. д.

В работе исследуется новый способ восстановления потерянных участков данных голосового трафика, основанный на использовании самоорганизующихся карт Кохонена. Данный способ является промежуточной стадией между процессом приема данных и их декодированием и воспроизведением. С помощью данного типа искусственных нейронных сетей происходит кластеризация векторов входных данных. В данной работе входные данные представляют собой тестовые звуковые образцы, которые подвергаются разделению на 10 мс интервалы и прямому преобразованию Фурье, что позволяет обрабатывать сигналы в частотной области.

Прежде чем начать процесс восстановления, искусственная нейронная сеть обучается «без учителя» на исходных тестовых образцах без повреждений, тем самым, формируется так называемый «словарь» - сеть, каждый нейрон которой имеет вектор весовых коэффициентов. Обучающая последовательность выборок организуется из 20-тимиллисекундных интервалов (попарно объединённые два 10-тимиллисекундных интервала, непосредственно расположенных последовательно друг за другом в тестовом образце). Размерность вектора весовых коэффициентов равна размерности вектора входных данных.

Имитационное моделирование процессов повреждения и восстановления происходит по алгоритму, представленному на рис. 1. Все процессы моделируются в среде MATLAB.

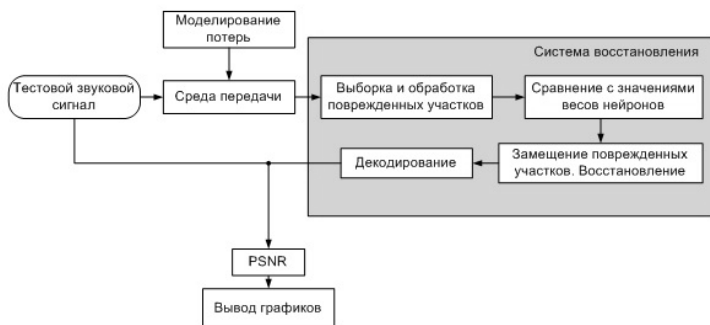


Рис. 1. Алгоритм процесса моделирования работы системы восстановления

После того как сеть Кохонена обучена, тестовый звуковой сигнал передается через среду передачи (в данной работе сеть IP), где моделируются потери участков, длиной 10 мс. Поврежденный тестовый



сигнал передается на вход системы восстановления, где производится обнаружение поврежденных участков сигнала, до и/или после которых расположены неповрежденные участки длиной 10 мс. В итоге создаются два вектора, первый из которых содержит поврежденный участок и цельный участок, предшествующий поврежденному (если таковой существует), а второй вектор содержит поврежденный участок и цельный участок, следующий за поврежденным (если таковой существует). Оба вектора подвергаются дискретному преобразованию Фурье. После чего система сравнивает значения двух векторов со значениями весов нейронов. Критерий сравнения  $d$  определяется по формуле:

$$d(x, m_i) = \sum_l (m_i[l] - x[l])^2, \quad (1)$$

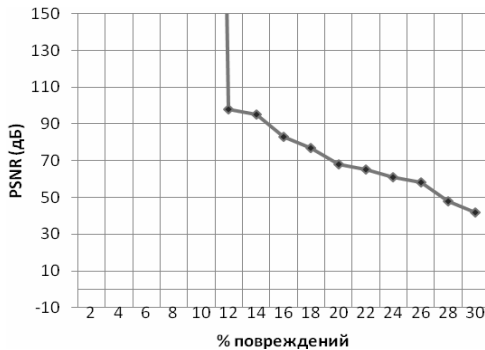
где  $l$  – размерность вектора весовых коэффициентов нейрона,  $m_i$  –  $i$ -й нейрон,  $x$  – восстанавливаемый участок. В итоге система находит «наилучший» нейрон среди всех, для которого значение критерия (1) является наименьшим (в процессе поиска не учитываются весовые коэффициенты, которые соответствуют непосредственно поврежденным участкам сигнала), после чего значения поврежденных участков заменяются на значения соответствующих весовых коэффициентов.

Наконец, сигнал декодируется и передается в блок сравнения с исходным неповрежденным сигналом. Критерием оценки качества восстановленного сигнала служит пиковое отношение сигнала к шуму  $PSNR$  (Peak-to-peak Signal-to-Noise Ratio):

$$PSNR = 20 \cdot \log_{10} \left( \frac{mA}{RMS} \right), \quad (2)$$

где  $mA$  – максимально возможная амплитуда сигнала,  $RMS$  – средне-

квадратичное отклонение амплитуд сравниваемых сигналов.



*Рис. 2. Зависимость ошибки восстановления от процента поврежденных образца*

Результаты исследования показывают, что используя способ с изначально сформированным «словарем», можно добиться высоких показателей восстановления для сигналов с потерями данных до 28 % (рис. 2).

## **Литература**

1. Гольдштейн, Б.С. Показатели функционирования мультисервисной сети связи общего пользования / Б. С. Гольдштейн, М. А. Маршак, Е. Д. Мишин, Н. А. Соколов, А. В. Тум. – Техника связи: Технологии и средства измерений. – №3. – Апрель 2009.
2. Sanneck, H. Fehlerverschleierungsverfahren fuer Sprachuebertragung mit Packetverlust: Diploma Thesis / H. Sanneck. – Erlangen: Lehrstuhl fuer Nachrichtentechnik. – June 1995.
3. Goodman, D.J. The Effect of Waveform Substitution on the Quality of PCM Packet Communications / D. J. Goodman, O. J. Wasem, C. A. Dvorak, H. G. Page. – IEEE Transactions on Acoustics, Speech and Signal Processing. – March 1988. – Vol. 36(3). – P. 342–348.
4. Sanneck, H. A New Technique for Audio Packet Loss Concealment / H. Sanneck, A. Stenger, K. Ben Younes, B. Girod. – England: IEEE Global Internet. – November 1996. – P. 48–52.

УДК 519.2:530.1:600.1

## **КЛАССИФИКАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ**

И.И. Горбань

*Институт проблем математических машин и систем, Украина*

**Введение.** Реальные явления окружающего мира невозможно описать абсолютно точно. Любая модель дает лишь приближенное описание реалити. Стремление дать наиболее полное и точное описание действительности стимулирует разработку новых математических моделей.

Целью настоящего доклада является классификация математических моделей и рассмотрение вопроса об адекватности одного из мало изученных классов моделей – многозначных в пределах одной реализации.

**Классификация математических моделей.** Известно множество разных классификаций математических моделей (см., например, [1, 2]). К сожалению, ни одну из них нельзя признать совершенной. Основными недостатками многих классификаций является использование расплывчатых неформализованных неконкретных понятий (таких как недоопределенность, неадекватность и пр.), а также применение разных исходных модельных представлений, затрудняющих установление связи между разными подклассами моделей (к таковым, напри-

мер, относятся понятия случайности и хаотичности). Предлагаемая ниже классификация, хотя и не полностью лишена указанных недостатков, однако, в отличие от многих классификаций, стремится избежать их.

Применяя дихотомический принцип, математические модели можно разделить на детерминированные модели, описываемые детерминированными величинами и функциями, и недетерминированные (индетерминированные или неопределенные) модели, не допускающие такого представления (рис. 1). В последнем классе моделей можно выделить многозначные (неоднозначные) модели.

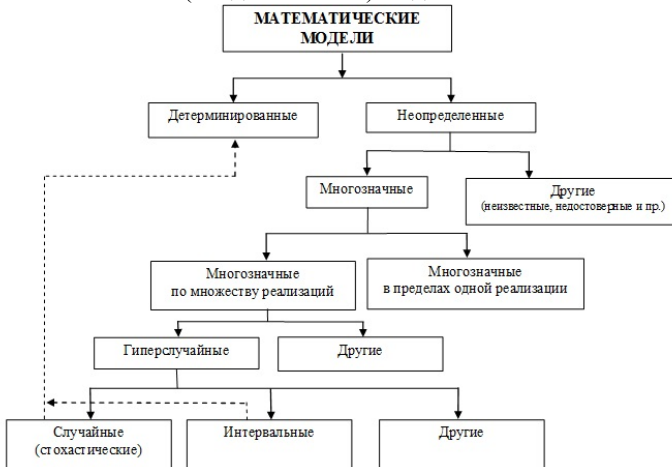


Рис. 3. Классификация математических моделей

Многозначные модели можно разделить на два основных подкласса: модели, многозначность которых проявляется на множестве реализаций, состоящем из одного и более чем одного элемента (соответственно *многозначные в пределах одной реализации* и *многозначные по множеству реализаций*). В классе моделей, многозначных по множеству реализаций, можно выделить *гиперслучайные модели* [3, 4], исчерпывающе описываемые множеством функций распределений, и прочие. Частными случаями гиперслучайных моделей являются *случайные (стохастические)*, *интервальные* и другие модели.

Заметим, что детерминированные модели можно интерпретировать (приближенно) как особый тип случайных или как вырожденный тип интервальных моделей [3–5].

**Математические модели, многозначные в пределах одной реализации.** Особый интерес представляют модели многозначные в пределах одной реализации. Любая реализация такой модели описывается не числом или однозначной функцией, а многозначной величиной

(множеством чисел) или многозначной функцией (множеством однозначных функций).

Пока рано говорить о существовании развитой теории многозначных величин и функций, однако первые шаги к ее построению уже сделаны. В работах [6–7] введены понятия обобщенного предела (принимающего не обязательно единственное значение), непрерывной многозначной функции, производной многозначной функции, интеграла многозначной функции, а также другие понятия, полезные при моделировании.

Наличие в любой области знаний достаточно развитого математического аппарата облегчает построение соответствующих математических моделей, однако не дает ответа на главный вопрос: об адекватности этих моделей окружающей действительности.

Рассмотрим вопрос адекватности применительно к моделям, многозначным в пределах одной реализации. Обычно предполагают, что все реализации однозначны. Согласно ГОСТ [8] физическая величина – свойство, общее в качественном отношении многим физическим объектам (физическим системам, их состояниям и происходящим в них процессам), но в количественном отношении индивидуальное для каждого объекта. Как видим, уже *в понятие физической величины заложено предположение об однозначности реализаций*. Безусловно, такое предположение существенно упрощает ситуацию. Но являются ли реальные величины и процессы в действительности однозначными? Измеряя физическую величину или наблюдая реальный процесс, мы фиксируем однозначный результат. Однако это не означает, что реальная величина или процесс однозначны.

Стремясь обосновать однозначность физических процессов, можно рассуждать следующим образом. Классическая дискретизация аналогового колебания предполагает взятие однозначных отсчетов в равноотстоящие моменты времени. При корректном выборе частоты дискретизации (в соответствии с теоремой Котельникова – Найквиста) промежуточные значения могут быть восстановлены, поскольку они полностью определяются отсчетами выборки. На основании этого можно сделать вывод, что реальный процесс однозначен, причем он однозначно описывается множеством дискретных отсчетов.

Эти рассуждения корректны с математической точки зрения, однако, проблема в том, что в реальной жизни условия теоремы Котельникова – Найквиста выполняются лишь приближенно. Эта теорема, как известно, требует, чтобы вне рабочей полосы частот спектральные составляющие колебания равнялись нулю. Для достижения этого перед дискретизацией колебание подвергают аналоговой фильтрации фильтром с частотной характеристикой, близкой к прямоугольной. К сожалению, создать идеальный фильтр, вырезающий необходимую

полосу частот, вне которой коэффициент передачи точно равен нулю, невозможно. В результате *между дискретными отсчетами выборки и промежуточными значениями нет однозначного соответствия*. Это обстоятельство приводит к тому, что восстановление исходных колебаний возможно лишь с погрешностью. Повышая частоту дискретизации и ужесточая требования к фильтрации, можно уменьшить погрешность (именно так и поступают), однако полностью исключить ее нельзя. Эта погрешность обусловлена *принципиальной невозможностью обеспечить требуемые идеальные условия дискретизации*.

При описании погрешности нередко используют стохастические модели. Применение таких моделей далеко не всегда обосновано. Следует иметь в виду, что в данном случае погрешность *не вызвана действием каких-либо случайных факторов*. Потому она может трактоваться как случайная лишь в первом приближении.

Приведенный пример подводит к пониманию, что реальный мир не так прост, как мы привыкли его трактовать. Можно (а, возможно, и правильнее) рассматривать его как неоднозначный и описывать многозначными моделями, причем многозначными не только по множеству реализаций, как это делается в рамках теории вероятностей и теории гиперслучайных явлений, но и в пределах одной реализации.

### **Выводы**

1. Предложена классификация математических моделей, охватывающая детерминированные, неопределенные, многозначные (по множеству реализаций и в пределах одной реализации), гиперслучайные, случайные, интервальные и прочие модели.

2. Высказаны соображения в пользу описания реального мира многозначными моделями, причем многозначными не только по множеству реализаций, но и в пределах одной реализации.

### **Литература**

1. Руководство по выражению неопределенности измерения. – Санкт-Петербург: ГП «Всероссийский НИИ метрологии им. Д.И. Менделеева». – 1999. – 124 с.
2. Бочарников В.П. Fuzzy-технология: Математические основы. Практика моделирования в экономике / В.П. Бочарников. – СПб: Наука, 2001. – 328 с.
3. Горбань И.И. Теория гиперслучайных явлений [Электронный ресурс] / Горбань И.И. – К.: ИПММС НАН Украины, 2007. – 184 с. – Режим доступа: [http://www.immsp.kiev.ua/perspages/gorban\\_i\\_i/index.html](http://www.immsp.kiev.ua/perspages/gorban_i_i/index.html).
4. Горбань И.И. Теория гиперслучайных явлений: физические и математические основы [Электронный ресурс] / Горбань И.И. – К.: Наукова думка, 2011. – 318 с. – Режим доступа: [http://www.immsp.kiev.ua/perspages/gorban\\_i\\_i/index.html](http://www.immsp.kiev.ua/perspages/gorban_i_i/index.html).
5. Горбань И.И. Энтропия неопределенности / И.И. Горбань // Математические машины и системы. – № 2. – 2013. – (в печати).

6. Горбань И.И. Расходящиеся последовательности и функции / И.И. Горбань // Математические машины и системы. – №1. – 2012. – С. 106 – 118.
7. Горбань И.И. Многочленные величины, последовательности и функции / И.И. Горбань // Математические машины и системы. – №3. – 2012. – С. 147–161.
8. ГОСТ 16263-70 ГСИ. Метрология. Термины и определения. – М.: Госстандарт, 1970. – 92 с.

УДК 004.75: 004.414.23

## МЕТОДЫ И МОДЕЛИ ПЛАНИРОВАНИЯ ЗАДАЧ ТИПА ПОТОК РАБОТ В GRID-СРЕДЕ

В.В. Казимир, П.Г. Бивойно, О.А. Преляя, Т.А. Гуза

*Черниговский государственный технологический университет, Украина*

**Введение.** Активно развивающимся направлением области grid-вычислений является разработка технологий использования grid-инфраструктуры для решения вычислительных задач большой размерности, представленных в виде потока работ (workflow) – последовательно-параллельных подзадач с определенной схемой синхронизации вычислений. Наличие параллельных блоков обуславливает возможность одновременного использования нескольких ресурсов grid-сети. При этом важным является минимизация затрат на передачу данных между вычислительными блоками и предоставление требуемого пользователем уровня качества обслуживания (QoS). Планирование потоков работ является NP-полной задачей в общем виде [1].

Целью работы является исследование методов планирования потоков работ в grid-среде и оценка их эффективности на базе комплекса имитационных моделей в соответствии с критериями, которые сформулированы в работе.

**Особенности использования grid-среды для решения задач разного типа.** Одним из факторов, влияющих на производительность grid-сети, является эффективность планирования – равномерная загруженность всех узлов вычислительной сети и минимальное время простаивающих задач в очереди на выполнение.

Эффективность выполнения задачи, представленной единым вычислительным блоком, зависит от эффективности ее программной реализации и стратегии планирования низкоуровневых брокеров grid.

В случае если задача может быть представлена в виде набора однотипных задач с разными входными данными, планирование сводится к оптимизации декомпозиции задачи с учетом текущих параметров доступной grid-инфраструктуры и требуемого уровня QoS.

Планирование задач типа поток работ в grid-сети является сложной задачей в связи с: 1) разнородностью вычислительных блоков, состав-

ляющих задачу; 2) гетерогенностью сети; 3) необходимостью учета связей между блоками и затрат на пересылку данных. Задача типа поток работ может быть представлена в виде направленного ациклического графа (DAG) [1], узлы которого представляют вычислительные подзадачи, а дуги – зависимости между подзадачами, характеризующиеся объемом пересылаемых данных. Модель grid-сети может быть представлена в виде направленного графа, вершины которого – grid-ресурсы, а веса дуг задают пропускную способность вычислительной сети. Задача оптимизации заключается в нахождении оптимального варианта размещения потока работ на доступном множестве ресурсов в соответствии с заявленным уровнем QoS.

**Методы планирования задач типа поток работ.** Для решения задачи планирования потока работ применяются следующие подходы: поиск решений в пространстве состояний, динамическое программирование и эвристические подходы. Первые два подхода могут давать оптимальные решения, но в общем случае характеризуются высокой сложностью алгоритмов. С использованием эвристических подходов можно получить эффективные решения за полиномиальное время, однако в общем случае подобные подходы не позволяют получить оптимальные решения [1].

Выделяют алгоритмы, предназначенные для гомогенных и гетерогенных сетей. Тем не менее, многие алгоритмы, учитывая гетерогенность grid-ресурсов, принимают гомогенными свойства сети, однако подобные ограничения не могут быть применены для grid-среды.

Методы, нацеленные на наилучшую производительность, в основном используют эвристические и метаэвристические подходы к планированию. Среди эвристических выделяют следующие подходы: индивидуальное планирование задач, планирование списков задач, кластеризация и дублирующее планирование [2]. Индивидуальное планирование эффективно только для потоков работ, представленных в виде последовательно выполняющихся задач.

Планирование на основе списков подразумевает назначение приоритетов задачам в случае, когда несколько задач соревнуются за общие ресурсы, и может выполняться в следующих режимах: пакетном, когда все задачи считаются независимыми, и в режиме с учетом зависимостей между задачами.

Кластерный и дублирующий подходы нацелены на уменьшение временных затрат на пересылку данных между узлами путем размещения задач, которые требуют обмена большим количеством данных, на одном ресурсе или дублирования блоков. Недостатками данных подходов является сложность учета разнородности подзадач, а также отсутствие возможности одновременного использования нескольких ресурсов grid-сети для параллельных блоков задачи.

Преимущество метаэвристических подходов заключается в оценке производительности выполнения потока работ в целом, а не частично-го потока работ как предполагают эвристические подходы. Эвристические алгоритмы хорошо подходят для планирования потоков работ с простой структурой. Метаэвристические подходы позволяют получать эффективные решения для потоков работ с различной структурой [3].

Алгоритм планирования потоков работ должен учитывать динамику изменения структуры grid-сети в процессе выполнения задачи. Важным критерием также является низкая вычислительная сложность алгоритма.

В работе предлагается алгоритм планирования потока работ на базе метода динамического программирования [4], учитывающий запрашиваемый уровень QoS. Согласно алгоритму, структура задачи условно разбивается на уровни, определяемые параллельно выполняющимися блоками, с последующим нахождением оптимального решения на каждом уровне. Вид целевой функции зависит от запрашиваемых параметров QoS.

**Разработка имитационной модели планирования выполнения задач в grid-среде на базе инструментария GridSim.** С целью оценки количественных показателей эффективности алгоритмов планирования разных типов grid-задач, а также реализации модуля планирования системы управления потоками задач была разработана имитационная модель процесса выполнения задач в grid-среде. Было проведено исследование существующих открытых фреймворков для создания моделей grid-сети, наиболее распространенными и полнофункциональными из которых являются инструменты SimGrid [5] и GridSim [6].

SimGrid позволяет симулировать связи между узлами, их пропускные способности, характеристики ресурсов, виртуальные машины, обмен данными с использованием MPI и др. Инструмент предоставляет модели grid-задач разных типов, однако API инструмента является низкоуровневым и специфичным, ориентированным на стандарт MPI. Фреймворк требует перекомпиляции для каждой платформы, в том числе и перекомпиляции модели, что увеличивает время разработки и проверки модели.

GridSim является объектно-ориентированным фреймворком для создания моделей grid-сетей, использует JVM в качестве платформы, поэтому является переносимым и не требует повторной компиляции моделей. API фреймворка предоставляет следующие абстракции – grid-ресурсы, задачи, планировщики, и специфические для grid-среды характеристики. Предоставляются инструменты определения зависимости характеристик grid-ресурсов, таких как пропускная способность сети, загруженность процессоров и др., от времени суток, дней недели и т.д. Фреймворк является расширяемым и предоставляет API для rea-



лизации собственных абстракций grid-среды, алгоритмов планирования и др.

Модели задач фреймворка GridSim были расширены моделями задач типа поток работ, анализ алгоритмов планирования которых проводился. Поскольку GridSim не предоставляет сущности задач типа поток работ, данная абстракция была построена на основе имеющихся в GridSim примитивов.

На базе разработанной модели grid-сети были получены экспериментальные результаты оценки эффективности эвристического алгоритма планирования на основе списков с учетом зависимостей Heterogeneous-Earliest-Finish-Time (HEFT) [3] и предложенного в работе алгоритма планирования на базе метода динамического программирования с учетом требуемого уровня QoS. Предложенный авторами алгоритм показал более высокую эффективность согласно критерия времени выполнения потока работ по сравнению с алгоритмом HEFT, особенно для моделей задач, характеризующихся большими объемами пересылаемых данных между блоками вычислений. Однако время, затрачиваемое на планирование с использованием предложенного алгоритма значительно выше.

**Выводы.** Рассмотрены особенности выполнения задач типа поток работ в grid-среде. Представлены результаты разработки модели планирования потока работ в grid-среде на базе инструментария GridSim и реализованного авторами модуля для построения разных типов моделей потока работ. Приведены результаты оценки эффективности предложенного авторами алгоритма планирования на базе метода динамического программирования и эвристического алгоритма HEFT.

Перспектива дальнейших исследований заключается в классификации моделей потоков работ и оценке эффективности алгоритма планирования в зависимости от типа модели. Разработанная модель планирования потоков работ в grid-среде будет интегрирована с модулем прогнозирования и планирования системы управления потоками работ.

## Литература

1. Alberto Forti. DAG Scheduling for grid computing systems. Ph.D. Thesis, University of Udine – Italy, Department of Mathematics and Computer Science, 2005-2006.
2. Jia Yu, Rajkumar Buyya, and Kotagiri Ramamohanarao, Workflow Scheduling Algorithms for Grid Computing, Metaheuristics for Scheduling in Distributed Computing Environments, F. Xhafa and A. Abraham (eds), ISBN: 978-3-540-69260-7, Springer, Berlin, Germany, 2008.
3. H. Topcuoglu, S. Hariri, and M. Y. Wu. Performance-Effective and Low-Complexity Task Scheduling for Heterogeneous Computing, IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, 13(3): 260-274, March 2002.

4. Thomas H. Cormen, Charles E. Leiserson, Ronald L. Rivest, Clifford Stein. Introduction to algorithms, third ed., 2009. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts London, England.
5. Henri Casanova, Arnaud Legrand, Martin Quinson. SimGrid: a Generic Framework for Large-Scale Distributed Experiments. 10th IEEE International Conference on Computer Modeling and Simulation - EUROSIM / UKSIM 2008, Cambridge : United Kingdom (2008).
6. Rajkumar Buyya and Manzur Murshed, GridSim: A Toolkit for the Modeling and Simulation of Distributed Resource Management and Scheduling for Grid Computing, The Journal of Concurrency and Computation: Practice and Experience (CCPE), Volume 14, Issue 13-15, Wiley Press, Nov.-Dec., 2002.

УДК 519.85

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ГЛОБАЛЬНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ

А.И. Косолап

*Украинский государственный химико-технологический университет, Украина*

Системы, которые нас окружают, можно разбить на два класса: естественные и искусственные. Известно, что естественные системы (например, вселенная или человек) функционируют в соответствии с некоторым вариационным принципом. Этот принцип может быть локальным или глобальным. В тоже время искусственные системы должны создаваться и функционировать в соответствии с заданным глобальным критерием качества. Выбор локального принципа оптимальности при построении сложных систем приводит к невосполнимым ресурсным потерям. Учитывая то, что критерием оптимизации функционирования сложной системы является функционал, интервал времени на котором ищется его оптимальное значение, не может быть большим. В конце этого интервала необходимо модифицировать математическую модель системы и ее критерий качества. Модификация включает уточнение параметров системы, часть из которых может быть включена в переменные модели следующего времени ее функционирования. Таким образом, сложная система оптимально функционирует и модернизируется в фиксированные моменты времени. Схема функционирования сложной системы представлена на рис. 1.



*Рис. 1. Схема математического моделирования сложных динамических систем*  
 Данная схема функционирования сложной системы будет эффективной, если на каждом этапе осуществляется глобальная оптимизация

системы. Будем предполагать, что математическая модель системы может быть представлена в виде

$$\min \{f_0(x) \mid f_i(x) \leq 0, i = 1, \dots, m, x \in E^n\}, \quad (1)$$

где все  $f_i(x)$  – дважды дифференцируемые функции, а  $E^n$  – евклидово пространство. Рассмотрим метод точной квадратичной регуляризации [1] для преобразования задачи (1) к максимизации нормы вектора на выпуклом множестве. Это преобразование содержит две новых переменных  $x_{n+1}, d$  и два параметра  $s, r$ . Используем переменную  $x_{n+1}$  для преобразования задачи (1) к виду

$$\min \{x_{n+1} \mid f_0(x) + s \leq x_{n+1}, f_i(x) \leq 0, i = 1, \dots, m, x \in E^n\}, \quad (2)$$

где значение параметра  $s$  выбираем таким, чтобы  $f_0(x) + s \geq \|x^*\|^2$ ,  $x^*$  – решение задачи (1). Далее, с помощью нелинейного преобразования  $x = Az$ , где матрица  $A$  порядка  $(n+1) \times (n+1)$  имеет вид

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ z_1 & z_2 & \dots & z_{n+1} \end{pmatrix},$$

задачу (2) преобразуем к виду

$$\min \{\|z\|^2 \mid f_0(\bar{z}) + s \leq \|z\|^2, f_i(\bar{z}) \leq 0, i = 1, \dots, m, z \in E^{n+1}\}, \quad (3)$$

где  $\bar{z} = (z_1, \dots, z_n)$ ,  $z = (\bar{z}, z_{n+1})$ . Существует такое значение  $r > 0$ , что все функции

$$g_0(z) = f_0(\bar{z}) + s + (r-1)\|z\|^2, g_i(z) = f_i(\bar{z}) + r\|z\|^2, i = 1, \dots, m$$

будут выпуклыми для допустимых значений  $z$ .

Таким образом, задача (3) сведена к следующей

$$\min \{\|z\|^2 \mid g_i(z) \leq d, i = 0, \dots, m, r\|z\|^2 = d\}, \quad (4)$$

где все  $g_i(z)$  – выпуклые функции, а  $d$  – новая переменная. В задаче (4) необходимо найти минимальное допустимое значение  $d$ , а соответствующая ему точка  $z$  будет принадлежать границе шара  $S_2(d) = \{z \mid r\|z\|^2 \leq d\}$ . Точка глобального минимума  $z^*$  задачи (4) будет точкой касания двух выпуклых множеств  $S_1(d) = \{z \mid g_i(z) \leq 0, i = 0, \dots, m\}$  и  $S_2(d)$  при минимальном значении  $d$ , которое находим, решая выпуклую задачу

$$\min \{d \mid g_i(z) \leq d, i = 0, \dots, m, r\|z\|^2 \leq d\}. \quad (5)$$

Если решение задачи (5) принадлежит границе множества  $S_2(d)$ , то задача (1) решена. В противном случае, необходимо решать задачу

$$\max \{ \|z\|^2 \mid g_i(z) \leq d, i = 0, \dots, m, r \|z\|^2 = d \}. \quad (6)$$

Если выпуклое множество  $S_1(d)$  совпадает с прямоугольным параллелепипедом с центром в точке  $c$ , то решение задачи (6) находим, решая выпуклую задачу

$$\max \{ c^T z \mid g_i(z) \leq d, i = 0, \dots, m \}$$

и находим минимальное значение  $d$ , для которого выполняется условие  $r \|z\|^2 = d$ . Это условие будет справедливым и для любого центрально симметричного множества  $S_1(d)$ . Таким образом, центр выпуклого множества  $S_1(d)$  играет решающую роль при решении задачи (6). Это означает, что для решения задачи (6) могут быть использованы прямо-двойственные методы внутренней точки [2], которые используют аналитический центр выпуклого множества. В задаче (6) переменную  $d$  будем фиксировать, и решать последовательность задач

$$\max \{ \|z\|^2 \mid g_i(z) \leq d, i = 0, \dots, m \}. \quad (7)$$

Значение переменной  $d$ , удовлетворяющее условию  $r \|z\|^2 = d$ , находим методом дихотомии.

Заметим, что решение задачи (7) не меняется при увеличении параметров  $s$  и  $r$ , но при увеличении  $r$  допустимое множество этой задачи стремится к пересечению шаров. Таким образом, задача (7) аппроксимируется следующей

$$\max \{ \|z\|^2 \mid \|z - a^i\|^2 \leq r_i^2, i = 0, \dots, m \}, \quad (8)$$

которая эффективно решается двойственным методом. Двойственная задача для (8) будет иметь вид

$$\min \left\{ \frac{\sum_{i=0}^m \lambda_i a^i \|^2}{\sum_{i=0}^m \lambda_i - 1} - \sum_{i=0}^m \lambda_i (\|a^i\|^2 - r_i^2) \mid \left\| \frac{\sum_{i=0}^m \lambda_i a^i}{\sum_{i=0}^m \lambda_i - 1} - a^i \right\|^2 \leq r_i^2, i = 0, \dots, m, \sum_{i=0}^m \lambda_i - 1 \geq 0, \lambda \geq 0 \right\}. \quad (9)$$

Решение двойственной выпуклой задачи (9) подставляем в формулу

$$x = \frac{\sum_{i=0}^m \lambda_i a^i}{\sum_{i=0}^m \lambda_i - 1}$$

и находим решение прямой задачи (8).

Рассмотренный метод точной квадратичной регуляризации для решения многоэкстремальных задач был проверен на множестве извест-

них тестових задач [3–5], задач з області оптимального проектування і оптимізації хімічних технологій. Он показав значительное преимущество над существующими методами глобальной оптимізації в скорости и точности достижения точки глобального минимума. Поэтому данный метод может быть использован для реализации предложенной схемы математического моделирования.

### **Литература**

1. Косолап А.И. Метод квадратичной регуляризации для решения систем нелинейных уравнений / А.И. Косолап. – Журнал обчислювальної та прикладної математики. – 2010. – №4. – С. 44–50.
2. Nocedal J. Numerical optimization / J. Nocedal, S.J. Wright. – Springer, 2006. – 685 p.
3. Floudas C. A. A collection of Test Problems for Constrained Global Optimization Algorithms / C. A. Floudas, P.M. Pardalos.– Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 1990. – 193 p.
4. Nie J. Regularization Methods for Sum of Squares Relaxations in Large Scale Polynomial Optimization / J. Nie. – California: University of California, 2009. – 31 p.
5. Сокурєнко В.М. Числові дослідження стохастичних методів безперервної глобальної оптимізації / В.М. Сокурєнко, В.С. Неділюк // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2012. – №1. – С. 81–87.

УДК 004.056.55

## **АРХІТЕКТУРА СИСТЕМИ БЕЗПЕКИ І МОДЕЛЬ КОНТРОЛЮ ДОСТУПУ ДЛЯ ХМАРНИХ ОБЧИСЛЕНЬ**

<sup>1</sup>В.В. Литвинов, <sup>1</sup>К.А. Мацуєва, <sup>2</sup>В.В. Бегун

<sup>1</sup>*Інститут проблем математичних машин та систем, Україна*

<sup>2</sup>*Національний технічний університет КПІ, Україна*

Хмарні обчислення не є новою технологією для ІТ-сфери. На даний момент не існує потужної і унікальної концепції хмарних обчислень. Розвиток хмарних обчислень, безпеки даних, систем безпеки впливає на надання послуг. У даній статті аналізуються відносини між численними постачальниками послуг та користувачами, представлена архітектура служби безпеки для хмарних обчислень. Представлений загальний метод контролю доступу, який базується на декількох атрибутах з суб'єктами і об'єктами динамічної моделі, містить описання та ілюстрації служби контролю безпеки системи з хмарними обчисленнями.

Управління доступом на основі ролей (RBAC) є методом для загального доступу до ресурсів системи організаційного рівня. Він розподіляє права доступу для кожної ролі і один користувач отримує авторизаційний доступ до об'єктних ресурсів через відповідну роль. Хоча RBAC є моделлю відкритого контролю доступу, при його



UID = {UserID, UserGroupID, UserEPID, PIN}. Далі дана відформатована інформація передається на другий шар. 2) шар контролю доступу: він відповідає за обробку авторизації користувачів і політику контролю.

Політика має складну систему вирішень, щоб прийняти рішення на основі управління ролями, управління навколишніми умовами, управління доменом, управління атрибутами. Дії, які передбачені у політиці допомагають завершити весь робочий потік. 3) SaaS шар постачальника послуг: коли кілька типів SaaS завантажені і опубліковані, даний шар показує загальний інтерфейс для шару контролю доступу. Постачальник SaaS відповідає тільки за послуги публікації і надання управління.

### **Література**

1. Armbrust M., Fox A., Griffith R. Above the Clouds: A Berkeley view of cloud computing. – 2009. - с. 191-196.
2. Zhang L., Zhou Q. Cloud computing open architecture// Proceeding of 2009 IEEE International Conference on Web Services: July 6-10, 2011. Los-Angeles, CA. - 2011. - с. 607-616.
3. Emig C., Brandt F., Abeck S. An access control metamodel for Web Service oriented// International Conference on Software Engineering Advances (ICSEA 2007): August 25-31, 2007. – Cap Esterel: IEEE press, 2007. – 57с.

УДК 621.039:681.5

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОЦЕНИВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ В КОНТЕКСТЕ СТАНДАРТА ИЕС 61508**

<sup>1</sup>О.Н. Одарущенко, <sup>2</sup>В.С. Харченко

<sup>1</sup>НПП «Радий», Украина

<sup>2</sup>Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "ХАИ",  
Украина

Одними из основных отраслей промышленности, в которых безопасность функционирования оборудования приобретает все большее значение являются следующие: генерация электрической энергии (АЭС, ТЭС, ГЭС); нефтегазовая; химическая; транспорт. Ядром таких систем являются программно-технические комплексы, которые представляют собой совокупность средств вычислительной техники, программного обеспечения и средств создания и заполнения машинной информационной базы при вводе системы в действие, достаточных для выполнения одной или более задач АС (автоматизированных систем) [2]. Примерами ПТК могут быть распределенные системы управления (PCY) и системы противоаварийной защиты (ПАЗ) [3,4]. Базовым свойством для таких систем, является свойство функциональной безо-

пасности, подходы, к оценке которого определены рядом международных стандартов и основным является IEC 61508 [1]. IEC 61508 - свод действительных во всем мире нормативов функциональной безопасности для электрических, электронных и программируемых электронных систем (E/E/PES), которые выполняют предохранительные функции.

Стандарт описывает методы оценки риска аварии современных систем, в том числе систем с программным управлением, и предлагают комплекс действий для снижения этих рисков. Особенно важными являются методы количественной оценки остаточных рисков. В основе реализации применения стандарта лежат методики анализа рисков, примером которых является методика анализа режимов, эффектов и диагностики отказов FMEDA (Failure Mode Effect and Diagnostic Analysis).

Основными расчетными показателями функциональной безопасности являются:

- средняя вероятность отказа по запросу функции безопасности - PFDavg (Probability of Failure on Demand, Average), которая показывает среднюю вероятность несрабатывания функции безопасности после подачи сигнала на ее включение;

- вероятное количество отказов в час - PFH (Probability of Failure per Hour) - ожидаемая частотность наступления аварии и, таким образом, интенсивность запроса на выполнение соответствующей функции безопасности;

- доля безопасных отказов Safe Failure Fraction (SFF) - показывает процент неопасных отказов из общего количества отказов. Отказ относится к безопасным, если он не представляет опасности для системы. Чем выше значение этого параметра, тем ниже вероятность опасного отказа системы. Пример: значение 62 %, означает, что 62 отказа из 100 не оказывают влияния на работоспособность системы.

- отказоустойчивость оборудования Hardware Fault Tolerance (HFT) ) показывает способность аппаратного модуля обеспечивать выполнение функции безопасности в случае отказа. Отказоустойчивость N означает, что отказ N + 1 может привести к отказу функции безопасности. Если отказоустойчивость равна нулю, то уже первая ошибка может стать причиной отказа функции безопасности.

В стандарте МЭК 61508 различаются простые и сложные устройства. Простые устройства (тип «А») - устройства типа «А» характеризуются тем, что их узлы реагируют на отказ полностью понятным образом. Конструкция «простых» устройств состоит, например, из реле, резисторов, транзисторов. Сложные устройства (тип «В») - в конструкцию устройств типа «В» входят электронные узлы, например, микроконтроллеры, микропроцессоры и интегральные микросхемы.



При наличии таких узлов сложно определить все источники отказов, особенно для программно-управляемых функций.

Стандарт различает режим «низкой интенсивности запросов» (частотность запроса не превышает одного раза в год) ( $PFD_{avg}$ ) и режим «высокой (непрерывной) интенсивности запросов» (частотность запроса непрерывная или чаще одного раза в год) ( $PFH$ ), при этом устанавливаются четкие количественные требования на соответствие системы интегральному уровню безопасности Safety Integrity Level (SIL), который задает требуемую меру снижения риска. Требования к точности вычисления представленных показателей лежат в пределах от  $10^{-1}$  до  $10^{-9}$ , в зависимости от вычисляемого уровня SIL. В качестве базового математического метода, для оценки показателей авторами стандарта предлагается Марковский анализ.

Этот метод заключается в разработке графа состояний и переходов Марковского случайного процесса. В граф состояний и переходов включаются все мыслимые состояния процесса, которые могут возникнуть вследствие отказа любого из компонентов процесса, включая состояния полного отказа, и задаются интенсивности перехода системы из одного состояния в другое. По графу формируется система дифференциальных уравнений (СДУ), и в результате ее решения определяются вероятности нахождения процесса в определенных состояниях как функции времени.

Однако, стандарт не учитывает, что применение марковских случайных процессов связано с рядом проблем. В случае принятия допущений о постоянстве параметров при устранении дефектов нарушаются требования к адекватности модели, что приводит к существенному отклонению результирующей функции. Реальные процессы характеризуются тем, что в ходе эксплуатации системы при устранении программных дефектов изменяются как параметр потоков отказов из-за (например, физического старения систем, устранения и внесения новых программных дефектов), так и параметр потока восстановлений из-за (например, изменения состояния систем ремонта и технического обслуживания). Учет этих факторов приводит к тому, что на порядок возрастает размерность задачи, связанной с ростом количества состояний размеченного графа, определяющего матрицу коэффициентов системы дифференциальных уравнений Колмогорова. Процесс функционирования системы описывается с помощью графа с конечным числом вершин. Например, если при анализе надежности рассматриваются только работоспособные и неработоспособные состояния компонент системы, то количество узлов графа составит:

$$N_{ГР} \approx K_{\phi} \cdot N_{ГР0} = K_{\phi} \cdot 2^{(N_{AC} + N_{ПС})},$$

где:  $K_\Phi$  – количество уровней дискретизации при аппроксимации изменяющихся функций  $\lambda(t)$ ,  $\mu(t)$  ступенчатой функцией (в частности,  $K_\Phi$  равно количеству программных дефектов, не выявленных на ранних этапах и устраняемых при тестировании);

$N_{ГР0}$  – количество узлов графа при постоянных параметрах  $\lambda$ ,  $\mu$ ;

$N_{ПС}$  – количество версий ПС;

$N_{АС}$  – количество резервированных каналов АС.

Кроме того, при численном решении системы дифференциальных уравнений возникает проблема жесткости [4,5,6], связанная с различием коэффициентов матрицы более чем на два порядка и обуславливающая увеличение вычислительных затрат при уменьшении шага интегрирования. Таким образом, существует противоречие между требованиями к точности оценки систем с сотнями и тысячами состояний и существующими методами и средствами оценки, которые не позволяют учесть изменения параметров процессов отказов и восстановления и соответственно получать адекватные оценки требуемых показателей.

В данном докладе рассматриваются элементы методологии моделирования и оценивания функциональной безопасности программно-технических комплексов в контексте стандарта IEC61508, которая решает задачу адекватности моделирования, обеспечивающая точность вычисленных результатов при имеющихся вычислительных ресурсах и обеспечивающая устойчивость численного решения СДУ.

## Литература

1. IEC 61508. Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety/related systems.-1998-2010.
2. ГОСТ 34.003-90 Информационные технологии. Комплекс стандартов на автоматизированные системы Термины и определения.
3. *Безопасность* атомных станций: информационные и управляющие системы / Под ред. М.А. Ястребенецкого. – К.: Техника, 2004. – 472 с.
4. Системы управления и защиты ядерных реакторов /М.А. Ястребенецкий, В.С. Харченко и др.; Под ред. М.А. Ястребенецкого.- К.: Основа-Принт, 2011.- 768с.
5. CASE-оценка критических программных систем. В 3-х томах. Том 2. Надежность/ Одарушенко О.Н., Харченко В.С. и др./ под ред. Харченко В.С. - Х.: Нац. Аэрокосмический ун-т "Харьк. авиац. ин-т", 2012.-292с.
6. *Арушанян О.Б., Залеткин С.Ф.* Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений на

## ОЦЕНИВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ НЕЛИНЕЙНОЙ СТАЦИОНАРНОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РАЗНОГО ПОРЯДКА ПРИ НАЛИЧИИ ПОМЕХ НА ВЫХОДЕ

В.Г. Семашкин

*Самарский государственный университет путей сообщения, Россия*

В статье предложен современный метод идентификации многомерных нелинейных динамических систем, описываемых разностными уравнениями при наличии помех наблюдения в выходных сигналах. Была доказана состоятельность получаемых оценок. Данный метод идентификации не требует знания распределения помех и сигналов.

Рассмотрим многомерную динамическую систему с дискретным временем, которая описывается следующим уравнением

$$z_i^{(n)} = \sum_{l=1}^k \sum_{m=1}^{\overline{r_{nl}}} b_0^{(ml)}(n) \cdot z_{i-m}^{(l)} + \sum_{l=1}^d \sum_{m=1}^{\overline{r_{nl}}} a_0^{(mj)}(n) \cdot \eta_{i-m}^{(l)}(x_{i-m}^{(l)}) \quad (1)$$

$$y_i^{(l)} = z_i^{(l)} + \xi_i^{(l)}$$

где  $n = \overline{1, k}$ ,  $y^{(l)}, z^{(l)}$  – наблюдаемые и ненаблюдаемые выходные сигналы,  $l = \overline{1, k}$ ;

$k$  – число выходных переменных;  $d$  – число входных переменных;

$b_0^{(ml)}(n), a_0^{(mj)}(n)$  – параметры разностного уравнения;

$x_i^{(l)}$  – входной сигнал;  $z_i^{(l)}$  – выходной сигнал;  $j = \overline{1, d}$ ;  $\xi_i^{(l)}$  – помеха  $l$ -ом выходном сигнале.

Требуется определить оценки неизвестных коэффициентов нелинейного динамического объекта, описанного уравнением (1) по наблюдаемым последовательностям  $\{y_i^{(l)}\}, \{x_{i-m}^{(l)}\}$ .

При выполнении условий  $1^0-4^0$  [2] определим оценки  $\begin{bmatrix} b_0(n) \\ \dots \\ a_0(n) \end{bmatrix}$  неиз-

вестных значений из условия минимума суммы взвешенных квадратичных отклонений  $e(n)$  с весом  $\omega(b(n))$ .

$$\min_{\begin{bmatrix} b(n) \\ \dots \\ a(n) \end{bmatrix} \in \mathbb{R}} \frac{\sum_{i=1}^N \left[ y_i^{(n)} - \begin{bmatrix} b(n) \\ \dots \\ a(n) \end{bmatrix}^T \left( \frac{Y_{\overline{r_{nl}}(i-1)}}{N \overline{r_{nl}}(i)} \right) \right]^2}{\sigma_0^2 + b(n) D(n) b^T(n)} \quad (2)$$

Критерий (2) можно записать в виде

$$\min_{\substack{b(n) \\ a(n)}} \omega^{-1}(b(n), a(n)) \times \left( Y(n) - (A_Y(n) | A_\eta(n)) \begin{pmatrix} b(n) \\ a(n) \end{pmatrix}, Y(n) - (A_Y(n) | A_\eta(n)) \begin{pmatrix} b(n) \\ a(n) \end{pmatrix} \right) = \min_{\substack{b(n) \\ a(n)}} \omega^{-1}(b(n), a(n)) \quad (3)$$

Для получения численного метода вычисления оценок параметров из критерия (3) рассмотрим функцию:

$$V_N(b(n), a(n), \theta(n)) = U_N(b(n), a(n)) - \theta(n) \omega(b(n)) \quad (4)$$

$$V_N(\theta(n)) = \min_{\substack{b(n) \\ a(n)}} V_N(b(n), a(n), \theta(n));$$

Дифференцируя  $V_N(b(n), a(n), \theta(n))$  по  $\begin{pmatrix} b(n) \\ a(n) \end{pmatrix}^T$  и приравнявая производную к нулю имеем:

$$\begin{pmatrix} A_Y^T(n) Y(n) \\ A_\eta^T(n) Y(n) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_Y^T(n) A_Y(n) - \theta(n) D(n) | A_Y^T(n) A_\eta(n) \\ A_\eta^T(n) A_Y(n) | A_\eta^T(n) A_\eta(n) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} b(n) \\ a(n) \end{pmatrix} \quad (5)$$

$$V_N(\theta(n)) = (Y(n))^T Y(n) - \theta(n) \sigma_2^2 - \begin{pmatrix} A_Y^T(n) Y(n) \\ A_\eta^T(n) Y(n) \end{pmatrix}^T \begin{pmatrix} A_Y^T(n) A_Y(n) - \theta(n) D(n) | A_Y^T(n) A_\eta(n) \\ A_\eta^T(n) A_Y(n) | A_\eta^T(n) A_\eta(n) \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} A_Y^T(n) Y(n) \\ A_\eta^T(n) Y(n) \end{pmatrix} \quad (6)$$

Имеет место следующая лемма:

Лемма. Для функции  $V_N(\theta(n))$ , связанной с задачей (3) существует следующее утверждение:

1. Все корни уравнения  $V_N(\theta(n)) = 0$  неотрицательны.
2. Уравнение (6) на полусегменте  $[0, \lambda_{\min}(N))$  имеет не более одного корня  $\hat{\theta}(N, n)$ , где  $\lambda_{\min}$  – минимальное собственное число регулярного пучка форм, то есть наименьший корень уравнения

$$\det\left\{ \left( A_Y^T A_Y - A_Y^T A_\eta (A_\eta^T A_\eta)^{-1} A_\eta^T A_Y - \theta(n) D(n) \right) \right\} = 0. \quad (7)$$

3. Существование корня  $\hat{\theta}^{(1)}(N)$  на полусегменте  $[0, \lambda_{\min})$  является необходимым и достаточным условием существования, единственности решения (3).

Отсюда вытекает справедливость утверждения 1, 2 и достаточность 3.

Необходимость 3 вытекает из экстремальных свойств характеристик регулярного пучка форм.

*Утверждение 1.* Пусть выполняются все условия 1<sup>0</sup>-4<sup>0</sup> [2], тогда с вероятностью 1 при  $N \rightarrow \infty$ ,  $\det\{(A_\eta^T A_\eta)\} \neq 0$  существует корень  $\hat{\theta}(n)$ ,

$N) \in [0, \lambda_{\min}(N))$  уравнения (6), и при этом существует единственное решение (5) которое является одновременно решением задачи (2) тогда

$$\hat{b}(n, N) \xrightarrow[N \rightarrow \infty]{\text{п.п.}} b_0; \quad \hat{a}(n, N) \xrightarrow[N \rightarrow \infty]{\text{п.п.}} a_0$$

Доказательство утверждения 1 следует из утверждения 1 [2] и леммы.

*Утверждение 2.* Пусть последовательность  $\{\hat{\theta}_1(n, i)\}$  определяется следующим алгоритмом:

Шаг 0.  $\hat{\theta}_1(n, 0) = 0$ ;

Шаг 1.  $\hat{\theta}_1(n, i) = \frac{\lambda_{\min}(N) + \hat{\theta}(n, i-1)}{2}$ ,  $\lambda_{\min}$  определяется из (7);

Шаг 2. Вычислить  $\hat{b}(n, N, \hat{\theta}_1(n, i))$ ,  $\hat{a}(n, N, \hat{\theta}_1(n, i))$  из системы линейных уравнений (5);

Шаг 3. Вычислить  $V_N(\hat{\theta}_1(n, i)) = (Y^{(n)})^T Y^{(n)} - \hat{\theta}_1(n, i) \sigma_n^2 - (Y^{(n)})^T [A_p | A_n] \|\hat{b}(n, \hat{\theta}_1(n, i)), \hat{a}(n, \hat{\theta}_1(n, i))\|^T$ ;

Шаг 4. Проверить условие  $V_N(\hat{\theta}_1(n, i)) \leq 0$ ;

Этот алгоритм позволяет определить начальное приближение  $\theta(n, 0)$  необходимое для дальнейшего применения метода Ньютона, или определить, что корень  $\hat{\theta}_1(N, n)$  не существует.

*Утверждение 3.* Пусть существует  $\theta(n, 0) \in [\hat{\theta}_1(N, n), \lambda_{\min}(N)]$ , тогда  $\lim_{i \rightarrow \infty} \theta(n, i) = \theta_1(n, N)$ ,  $\lim_{i \rightarrow \infty} \hat{b}(n, N, \theta(n, i)) = \hat{b}(n, N)$ ,  $\lim_{i \rightarrow \infty} \hat{a}(n, N, \theta(n, i)) = \hat{a}(n, N)$ , где  $\theta(n, i)$ ,  $\hat{b}(n, N, \theta(n, i))$ ,  $\hat{a}(n, N, \theta(n, i))$  определяются совместно следующим алгоритмом:

Шаг 1. Вычислить  $\hat{b}(n, N, \theta(n, i))$ ,  $\hat{a}(n, N, \theta(n, i))$  из системы уравнений (5).

Шаг 2. Вычислить 
$$\theta(n, i+1) = \left( \sigma_n^2 + \|\hat{b}(n, \theta(n, i))\| D \hat{b}(n, \theta(n, i)) \right)^{-1} \times \\ \times \left\{ (Y^{(n)})^T Y^{(n)} + \theta(n, i) \times \right. \\ \left. \times \left[ \|\hat{b}(n, \theta(n, i))\| D \hat{b}(n, \theta(n, i)) \right] - (Y^{(n)})^T [A_p | A_n] \|\hat{b}(n, \theta(n, i)), \hat{a}(n, \theta(n, i))\|^T \right\}$$

Шаг 3. Переход к шагу 1.

Вычисления заканчиваются если выполняется условие:

$$\frac{\|V_N(\theta(n, i+1)) - V_N(\theta(n, i))\|}{\|V_N(\theta(n, i+1))\|} \leq \delta$$

где  $\delta$  – априорно заданная точность нахождения оценок.

Это утверждение непосредственно следует из метода Ньютона:

$$\theta(n, i+1) = \theta^{(i)}(i) - \frac{V_N(\theta(n, i))}{V_N'(\theta(n, i))}$$

Обоснованность использования метода Ньютона вытекает из того, что  $V_N(\theta(n, i))$  – непрерывна на  $\forall \theta(n, i) \in [0, \lambda_{\min}(N))$  и  $V_N'(\theta(n, i)) \leq -\sigma_n^2$  для  $\forall \theta(n, i) \in [0, \lambda_{\min}(N))$ ,

$$2|b_n|a_n \left| \frac{D;0}{0;0} \right| \left| \frac{A_Y^T A_Y - \theta D \quad | A_Y^T A_\eta}{A_\eta^T A_Y \quad | A_\eta^T A_\eta} \right|^{-1} \times \left| \frac{D;0}{0;0} \right| |b_n|a_n|^T \ll 0,$$

$$\forall \theta(n, i) \in [0, \lambda_{\min}(N)]$$

На практике вычисления прекращаются, если достигнута заранее заданная точность.

На основании описанных выше алгоритмов создано программное обеспечение, позволяющее получать оценки параметров с наперед заданной точностью.

### Литература

1. Гантмахер Ф.Р. Теория матриц. - М.: Физматлит, 2010.
2. О.А. Кацоба, В.Г. Семашкин Рекуррентная параметрическая идентификация многомерных нелинейных динамических систем разного порядка с помехами в выходных сигналах // Вестник Транспорта Поволжья. – Вып. . – Самара: СамГУПС, 2012. – С.

УДК 519.254

## ОЦЕНИВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ НЕЛИНЕЙНОЙ СТАЦИОНАРНОЙ МНОГОМЕРНОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ПОМЕХОЙ НА ВЫХОДЕ

К.К. Руднев

*Самарский государственный университет путей сообщения, РФ*

В статье предложен численный метод оценивания параметров динамических систем, описываемых разностными уравнениями при наличии помех наблюдения в выходных сигналах.

Пусть имеет место многомерная стационарная динамическая система с дискретным временем, описываемая следующим уравнением:

$$Z_{i+1} = G_1^{(0)} Z_i + G_1^{(1)} Z_{i-1} + \dots + G_1^{(r)} Z_{i-r} + G_2^{(0)} \eta_0(x_i) + G_2^{(1)} \eta_1(x_{i-1}) + \dots + G_2^{(r_1)} \eta_{r_1}(x_{i-r_1}), \quad (1)$$

$$\text{где } \eta_0(x_i) = \begin{bmatrix} \eta_0^{(1)}(x_i^{(1)}) \\ \vdots \\ \eta_0^{(m)}(x_i^{(m)}) \end{bmatrix}; \quad \begin{bmatrix} \eta_{r_1}^{(1)}(x_{i-r_1}^{(1)}) \\ \vdots \\ \eta_{r_1}^{(m)}(x_{i-r_1}^{(m)}) \end{bmatrix} = \eta_{(r_1)}(x_{i-r_1}),$$

$$Y_i = Z_i + \Xi(i), \text{ где}$$

$Y_i, Z_i$  – наблюдаемые и ненаблюдаемые векторы выходных сигналов;

$(Z_j, Y_j \in \mathbb{R}^n)$ ,  $X_j$  — наблюдаемые векторы входных сигналов ( $x_j \in \mathbb{R}^m$ );  
 $\{\Xi(i)\}$  — случайная векторная последовательность.

Применение классического МНК не позволяет получить состоятельные оценки параметров матриц, так как такая постановка задачи не совпадает с обычной постановкой задачи в регрессионном анализе [2].

Для получения состоятельных оценок матриц коэффициентов при определенных ограничениях на помеху и входной сигнал может быть применен следующий критерий [1]:

$$\min_{\substack{b_{j \cdot}, \\ a_{j \cdot}}} \frac{\sum_{i=1}^N \left( y_{i+1}^{(j)} - |b_{j \cdot}, a_{j \cdot}| \frac{Y_i^{(j)}}{\|A_{\eta}^{(j)}\|} \right)^2}{\sigma_j^2 + b_{j \cdot} D(b_{j \cdot})^T} \quad (2)$$

где  $y_{i+1}^{(j)}$  — значение  $j$  — выходного сигнала ( $j = \overline{1, n}$ ),

Критерий (2) можно записать в виде:

$$\begin{aligned} & \min_{(b_{j \cdot}, a_{j \cdot}) \in \mathbb{R}} \omega^{-1}(b_{j \cdot}, a_{j \cdot}) \times \left( Y^{(j)} - |A_Y | A_{\eta} | \|b_{j \cdot}, a_{j \cdot}\|^T, Y^{(j)} - |A_Y | A_{\eta} | \|b_{j \cdot}, a_{j \cdot}\|^T \right) \\ & = \\ & = \min_{(b_{j \cdot}, a_{j \cdot}) \in \mathbb{R}} \omega^{-1}(b_{j \cdot}, a_{j \cdot}) U_N(b_{j \cdot}, a_{j \cdot}) \end{aligned} \quad (3)$$

где  $(\bullet, \bullet)$  — скалярное произведение.

Для получения численного метода вычисления оценок параметров критерия (3) рассмотрим функцию:

$$V_N(b_{j \cdot}, a_{j \cdot}, \Theta^{(j)}) = U_N(b_{j \cdot}, a_{j \cdot}) - \Theta^{(j)} \omega(b_{j \cdot}, a_{j \cdot}),$$

$$V_N(\Theta^{(j)}) = \min_{(b_{j \cdot}, a_{j \cdot}) \in \mathbb{R}} V_N(b_{j \cdot}, a_{j \cdot}, \Theta^{(j)}), \text{ тогда}$$

$$\begin{aligned} V_N(b_{j \cdot}, a_{j \cdot}, \Theta^{(j)}) &= \left( (Y^{(j)})^T - |b_{j \cdot}, a_{j \cdot}| |A_Y | A_{\eta} |^T \right) \times \left( Y^{(j)} - |A_Y | A_{\eta} | \|b_{j \cdot}, a_{j \cdot}\|^T \right) \\ &- \Theta^{(j)} \left( \sigma_j^2 + |b_{j \cdot}, a_{j \cdot}| D(b_{j \cdot})^T \right) = (Y^{(j)})^T Y^{(j)} - 2(Y^{(j)})^T |A_Y | A_{\eta} | \|b_{j \cdot}, a_{j \cdot}\|^T - \Theta^{(j)} \sigma_j^2 \\ &+ |b_{j \cdot}, a_{j \cdot}| \left| \frac{A_Y^T A_Y - \Theta^{(j)} D}{A_{\eta}^T A_Y} \quad \frac{|A_Y | A_{\eta} |}{|A_{\eta}^T A_{\eta} |} \right| \|b_{j \cdot}, a_{j \cdot}\|^T \end{aligned}$$

Дифференцируя  $V_N(b_{j \cdot}, a_{j \cdot}, \Theta^{(j)})$  по  $b_{j \cdot}, a_{j \cdot}$  и приравнявая производную к нулю имеем:

$$\begin{aligned} \left| \frac{A_Y^T Y^{(j)}}{A_{\eta}^T Y^{(j)}} \right| &= \left| \frac{A_Y^T A_Y - \Theta^{(j)} D}{A_{\eta}^T A_Y} \quad \frac{|A_Y | A_{\eta} |}{|A_{\eta}^T A_{\eta} |} \right| \|b_{j \cdot}, a_{j \cdot}\|^T \quad (4) \\ V_N(\Theta^{(j)}) &= (Y^{(j)})^T Y^{(j)} - \Theta^{(j)} \sigma_j^2 - (Y^{(j)})^T |A_Y | A_{\eta} | \end{aligned}$$

$$\begin{pmatrix} A_Y^T A_Y - \Theta^{(i)} D & A_Y^T A_\eta \\ \hline A_\eta^T A_Y & A_\eta^T A_\eta \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} A_Y^T Y^{(i)} \\ \hline A_\eta^T Y^{(i)} \end{pmatrix} \quad (5)$$

*Утверждение 1.* Пусть выполняются все условия 1<sup>о</sup>-4<sup>о</sup> утверждения 1 [1], тогда с вероятностью 1 при  $N \rightarrow \infty$  и  $\det\{(A_\eta^T A_\eta)\} \neq 0$  существует корень  $\hat{\Theta}^{(i)}(N) \in [0, \lambda_{\min}(N))$  уравнения (5) и существует единственное решение (4) которое является одновременно решением задачи (2) тогда,

$$\hat{b}_{j*}(N) \xrightarrow[N \rightarrow \infty]{\text{п.н.}} b_{j*}, \hat{a}_{j*}(N) \xrightarrow[N \rightarrow \infty]{\text{п.н.}} a_{j*}.$$

Доказательство утверждения 1 следует из утверждения 1[2] и леммы.

На основании утверждения 1 может быть получен численный метод, который позволяет:

- ответить на вопрос существует ли единственная оценка  $[\hat{b}_{j*}, \hat{a}_{j*}]$ ;
- определить начальное приближение, гарантирующее сходимость итерационного процесса к единственной оценке  $\hat{b}_{j*}(N)$ ,  $\hat{a}_{j*}(N)$ ;
- вычислить с любой наперед заданной точностью оценку  $\hat{b}_{j*}(N)$ ,  $\hat{a}_{j*}(N)$ .

*Утверждение 2.* Пусть последовательность  $\{\hat{\Theta}_i^{(i)}(i)\}$  определяется следующим алгоритмом:

Шаг 0.  $\hat{\Theta}_i^{(i)}(0) = 0$ ;

Шаг 1.  $\hat{\Theta}_i^{(i)}(i) = \frac{(\lambda_{\min}(N) + \hat{\Theta}_i^{(i)}(i-1))}{2}$ ,  $\lambda_{\min}$  определяется из (6);

Шаг 2. Вычислить  $\hat{b}_{j*}(N, \hat{\Theta}_i^{(i)}(i))$ ,  $\hat{a}_{j*}(N, \hat{\Theta}_i^{(i)}(i))$  из системы линейных уравнений (4);

Шаг 3. Вычислить  $V_N(\hat{\Theta}_i^{(i)}(i)) = (Y^{(i)})^T Y^{(i)} - \hat{\Theta}_i^{(i)}(i) \sigma_i^2 - (Y^{(i)})^T [A_Y^T A_\eta] [\hat{b}(N, \hat{\Theta}_i^{(i)}(i)), \hat{a}(N, \hat{\Theta}_i^{(i)}(i))]^T$ ;

Шаг 4. Проверить условие  $V_N(\hat{\Theta}_i^{(i)}(i)) \leq 0$ ;

Тогда если уравнение  $V_N(\hat{\Theta}_i^{(i)}(i)) = 0$  имеет корень  $\hat{\Theta}_i^{(i)}(N) \in [0, \lambda_{\min}(N))$  то последовательность  $\hat{\Theta}_i^{(i)}(0), \hat{\Theta}_i^{(i)}(1), \dots, \hat{\Theta}_i^{(i)}(N)$  конечна и  $\hat{\Theta}_i^{(i)}(N) \in [\hat{\Theta}_i^{(i)}(N), \lambda_{\min}(N))$ , в противном случае последовательность бесконечна. Доказательство утверждения немедленно следует из леммы.



Этот алгоритм позволяет определить начальное приближение  $\Theta^{(0)}$  необходимое для дальнейшего применения метода Ньютона, или определить, что корень  $\hat{\Theta}_1^{(0)}(N)$  не существует.

*Утверждение 3.* Пусть существует  $\Theta^{(0)} \in [\hat{\Theta}_1^{(0)}, \lambda_{\min}(N)]$ , тогда  $\lim_{i \rightarrow \infty} \Theta^{(i)} = \Theta_1^*(N)$ ,  $\lim_{i \rightarrow \infty} \hat{b}_{j_1}(N, \hat{\Theta}^{(i)}(i)) = \hat{b}_{j_1}(N)$ ,  $\lim_{i \rightarrow \infty} \hat{a}_{j_1}(N, \hat{\Theta}^{(i)}(i)) = \hat{a}_{j_1}(N)$ , где  $\hat{\Theta}^{(i)}(i)$ ,  $\hat{b}_{j_1}(N, \hat{\Theta}^{(i)}(i))$ ,  $\hat{a}_{j_1}(N, \hat{\Theta}^{(i)}(i))$  определяется совместно следующим алгоритмом:

Шаг 1. Вычислить  $\hat{b}_{j_1}(N, \hat{\Theta}^{(i)}(i))$ ,  $\hat{a}_{j_1}(N, \hat{\Theta}^{(i)}(i))$  из системы уравнений (4).

Шаг 2. Вычислить

$$\begin{aligned} \Theta^{(i+1)} = & (\sigma_j^2 + |\hat{b}_{j_1}(N, \hat{\Theta}^{(i)}(i)) \mathbf{D} \hat{b}_{j_1}(N, \hat{\Theta}^{(i)}(i))|)^{-1} \times \\ & \times \{ (\mathbf{Y}^{(i)})^T \mathbf{Y}^{(i)} + \Theta^{(i)}(i) \times \\ & \times [|\hat{b}_{j_1}(N, \hat{\Theta}^{(i)}(i)) \mathbf{D} \hat{b}_{j_1}(N, \hat{\Theta}^{(i)}(i))|] - (\mathbf{Y}^{(i)})^T |_{A_Y | A_\eta} |\hat{b}_{j_1}(N, \hat{\Theta}^{(i)}(i)) \hat{a}_{j_1}(N, \hat{\Theta}^{(i)}(i))|^T \} \end{aligned}$$

Шаг 3. Переход к шагу 1.

Вычисления заканчиваются если выполняется условие:

$$\frac{\|V_N(\hat{\Theta}^{(i)}(i+1) - V_N(\hat{\Theta}^{(i)}(i)))\|}{\|V_N(\hat{\Theta}^{(i)}(i+1))\|} \leq \delta$$

где  $\delta$  – априорно заданная точность нахождения оценок.

Это утверждение непосредственно следует из метода Ньютона:

$$\Theta^{(i+1)} = \Theta^{(i)} - \frac{V_N(\Theta^{(i)})}{V_N'(\Theta^{(i)})}$$

Обоснованность использования метода Ньютона вытекает из того, что  $V_N(\Theta^{(i)})$  – непрерывна на  $V \Theta^{(i)} \in [0, \lambda_{\min}(N)]$  и  $V_N'(\Theta^{(i)}) \leq -\sigma_j^2$  для  $V \Theta^{(i)} \in [0, \lambda_{\min}(N)]$ ,

$$\begin{aligned} V(\Theta^{(i)}) = & - \\ & 2 |\hat{b}_{j_1} | \hat{a}_{j_1} | \left| \frac{D | 0}{0 | 0} \right| \left| \frac{A_Y^T A_Y - \Theta D \quad | A_Y^T A_\eta}{A_\eta^T A_Y \quad | A_\eta^T A_\eta} \right|^{-1} \times \left| \frac{D | 0}{0 | 0} \right| |\hat{b}_{j_1} | \hat{a}_{j_1} |^T < 0, \\ & V \Theta^{(i)} \in [0, \lambda_{\min}(N)] \end{aligned}$$

На практике вычисления прекращаются, если достигнута заранее заданная точность.

На основании описанных выше алгоритмов создано программное обеспечение, позволяющее получать оценки параметров с наперед заданной точностью.

## Литература

1. Кацюба О.А., Руднев К.К. Параметрическая идентификация многомерной нелинейной стационарной динамической системы при наличии помех в выходных сигналах // Вестник Транспорта Поволжья. – Самара: СамГУПС, 2012.
2. Гантмахер Ф.Р. Теория матриц. - М.: Физматлит, 2010.

УДК 004:005.21

### **МЕТОД РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ ДТИП СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ С РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЕМ ВЫЧИСЛЕНИЙ**

М.Ю.Степанюк., И.П.Синицын

*Институт программных систем НАН Украины, Украина*

Дискретные технологические и информационные процессы (ДТИП) встречаются во многих отраслях, в том числе на этапе стратегического планирования (СП) в многоуровневых иерархических структурах организационного управления. Для эффективного управления ДТИП была разработана технология автоматизации управления (АУ) ДТИП [1], которая позволяет решать проблему поиска эффективного управления для задач с количеством фазовых переходов порядка  $10^5$ . Особенностью задач СП, является большая размерность оптимизируемой модели. Для решения задачи использовались приближенные методы, что приводило к снижению точности решения. Поэтому актуальным является поиск методов, которые позволят повысить эффективность решения задачи. Одним из возможных направлений повышения эффективности, по мнению авторов, является использование моделей реальной размерности.

Для решения задач СП на основе сбалансированной системы показателей (ССП) с использованием технологии АУ ДТИП была разработана математическая модель численной оптимизации ДТИП СП [2]. Расчет параметров фазовых переходов является наиболее трудоемкой задачей. Примеры некоторых алгоритмов расчета параметров фазовых переходов приведены в работе [3].

Цель доклада - изложение предложенного метода расчета параметров фазовых переходов ДТИП с распараллеливанием вычислений.

**Математическая модель.** Математическая модель численной оптимизации ДТИП СП на основе СПП описана в [2]. При описании модели определены параметры класса процесса, входные данные, формализована постановка задачи и определен алгоритм расчета параметров фазовых переходов. Рисунок 1 содержит схему алгоритма без распараллеливания (далее однопроцессного алгоритма). Для повышения эффективности работы алгоритма предложен метод расчета фазовых переходов ДТИП СП с распараллеливанием вычислений, который по-

зволяет использовать современные вычислительные технологии, в том числе GRID-технологии.

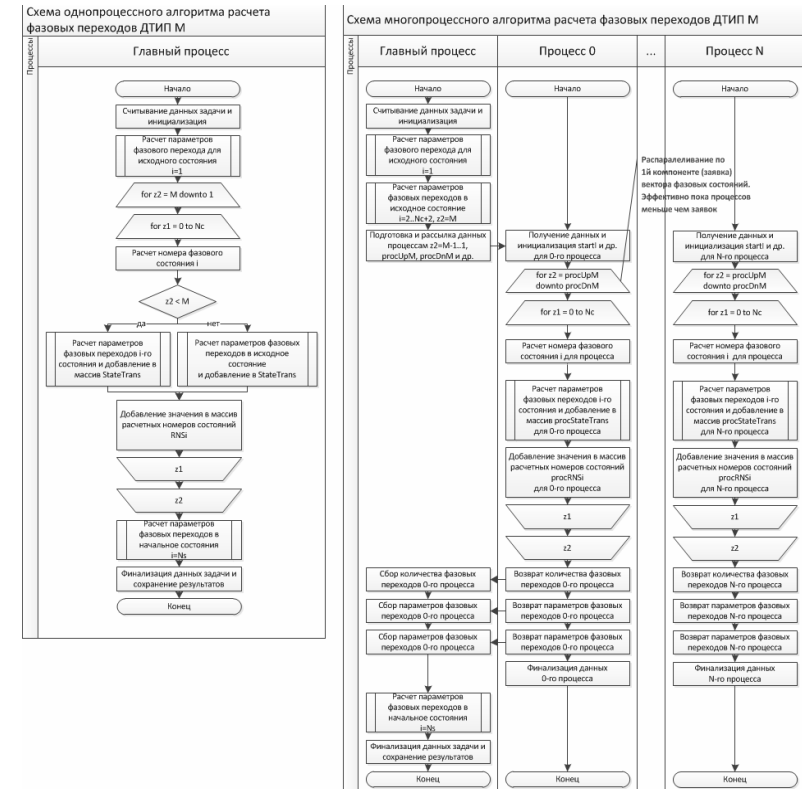


Рис. 1. Схема одно- и многопроцессного алгоритмов расчета параметров фазовых переходов ДТИП СП

**Подход к распараллеливанию однопроцессного алгоритма.** На данный момент нет единой научной методологии распараллеливания любого алгоритма, но существует ряд подходов к распараллеливанию [4].

Решаемая задача может быть разбита на подзадачи, которые могут быть решены одним алгоритмом, поэтому выбрана модель вычислений с распараллеливанием по данным SPMD по таксономии Флина. Наибольший ресурс параллелизма в программах сосредоточен в циклах [4]. Необходимым условием для распараллеливания итераций в циклах является отсутствие информационных зависимостей между итерациями цикла. Для однопроцессного алгоритма условие независимости итераций выполняется как для цикла по компоненте  $z2$  вариант выбора, так и по компоненте  $z1$  ресурс в тактах. С учетом минимизации

коммуникаций при разбитии можно выделить в качестве подзадачи итерацию цикла по компоненте  $z_2$  вариант выбора.

Общая структура однопроцессного алгоритма расчета параметров фазовых переходов подобна во многих моделях реальных ДТИП [3], поэтому для них можно широко использовать предложенный подход.

**Описание многопроцессного алгоритма с распараллеливанием.** На основе предложенного подхода разработан многопроцессный алгоритм расчета параметров фазовых переходов ДТИП СП (Рис.1).

В начале многопроцессного алгоритма главный процесс выполняет считывание данных задачи, инициализацию входных данных для моделирования и определение параметров модели. Затем выполняется расчет параметров фазовых переходов для базового состояния  $i=1$ , которые сохраняются в массиве параметров фазовых переходов всей задачи StateTrans. Расчет параметров фазовых переходов в базовое состояние для  $z_2=M$  происходит в главном процессе, потому что объем расчетов невелик относительно размерности задачи и значительно упрощается алгоритм расчета для каждого процесса.

Следующий этап - подготовка данных для процессов. Происходит расчет границ вычислений для каждого процесса  $procUpM$ ,  $procDownM$  в пределах от  $M-1$  до  $1$  (распараллеливание может быть эффективным, если количество процессов будет меньше  $M-1$ ), рассылка данных главным процессом.

Каждый процесс получает свой набор данных, выполняет инициализацию данных процесса. В том числе расчет диапазона номеров входных состояний процесса  $startI = 1 + Nc + 1 + ((Nc+1)*(M-1 - procUpM))$ .

Для каждого процесса в цикле в границах диапазона значений компоненты  $z_2$  процесса выполняется: расчет номера фазового состояния  $i$  для процесса; расчет параметров фазовых переходов  $i$ -го состояния и добавление их в локальный массив параметров фазовых переходов  $procStateTrans$ ; определение расчетного номера фазового состояния и добавление его в локальный массив номеров фазовых состояний  $procRNS$ .

После выполнения расчетов каждый из процессов выполняет: возврат количества переходов для процесса, их сбор главным процессом и выделение памяти для получения данных фазовых переходов от процессов; возврат данных фазовых переходов для каждого процесса, их сбор главным процессом в массиве параметров фазовых переходов всей задачи StateTrans; финализацию данных (освобождение памяти и т.п.).

Расчет параметров фазовых переходов для начального состояния  $i=N_s$  происходит в главном процессе, потому что объем расчетов не-

лик относительно размерности задачи и алгоритм расчета для процесса.

Главный процесс на последнем шаге выполняет определение номера конечного состояния  $j$  по расчетному номеру конечного состояния путем поиска в массиве расчетных номеров состояний.

**Описание экспериментальной проверки.** Для апробации алгоритма и его экспериментальной проверки разработан прототип программных средств, реализующих алгоритм. Программные средства разработаны с использованием библиотеки MPI2. С использованием разработанных программных средств была выполнена серия расчетов для задач с размерностью  $10^4$ ,  $2 \cdot 10^4$ ,  $3 \cdot 10^4$ ,  $4 \cdot 10^4$  для разного количества процессоров. Рис.2 содержит основные показатели эффективности многопроцессного алгоритма: ускорение алгоритма и эффективность использования процессоров.

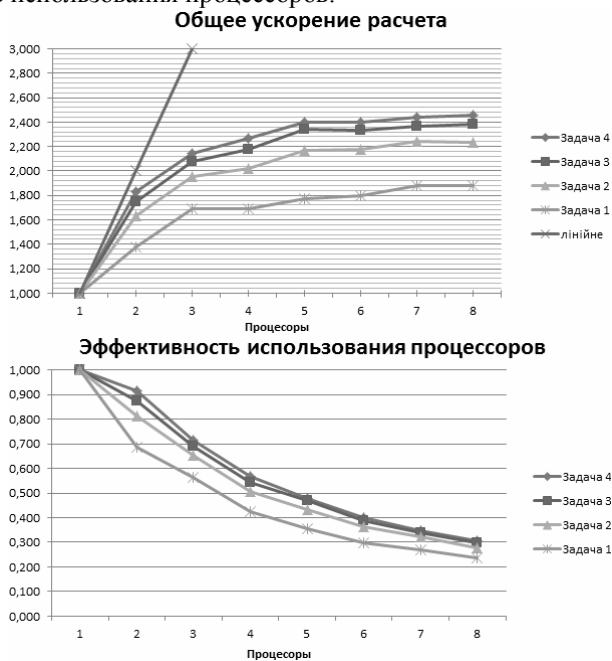


Рис. 2. Показатели эффективности многопроцессного алгоритма

**Выводы.** Впервые предложен метод расчета параметров фазовых переходов с распараллеливанием вычислений для решения задач СП с использованием технологии АУ ДТИП. Предложенный метод позволяет повысить эффективность управления ДТИП, поскольку делает возможным использование моделей реальной размерности. Использо-

ваний підхід може бути використаний для широкого класу моделей ДТИП.

### Литература

1. Силицын И.П. Основы автоматизации управления дискретными технологическими и информационными процессами. – Киев: Наукова думка, 2005. – 164 с.
2. Степанюк М.Ю. Математична модель чисельної оптимізації ДТІП стратегічного планування на основі збалансованої системи позників. – Математичні машини і системи. Київ, 2012. – № 2. – С. 108-115
3. Бурлаков М.В. Основы технологии автоматизации управления дискретными технологическими и информационными процессами. Монография. – К: Университет "Україна", 2010. – 561 с.
4. Антонов А.С. Параллельное программирование с использованием технологии МРІ: Учебное пособие. – М.: Изд-во МГУ, 2004. – 71 с.

УДК 519.6

## СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В ЗАДАЧАХ СИСТЕМНОГО ПРОЕКТУВАННЯ

А.А. Тимченко

*Інститут системних інформаційних досліджень Черкаського державного технологічного університету, Україна*

**Вступ.** В доповіді наведені результати *системного аналізу* одного із ключових етапів життєвих циклів об'єктів нової техніки (ЖЦ ОНТ). Більш того, вперше *системний підхід* як складова системного аналізу був проілюстрований на прикладі аналізу ЖЦ поколінь авіаційної техніки, і в першу чергу, з економічної точки зору. В подальшому це знайшло своє відображення при системному аналізі процесів в суднобудуванні і в подальшому узагальнено в роботах проф. К.Д. Жука та його учнів [1].

**Задача** оптимізації процесів автоматизованого проектування ОНТ сформульована як перманентно невизначена. Якщо її розглядати з позиції ресурсної оптимізації (*час – гроші*), то наявність зворотних зв'язків в ЖЦ свідчить про відсутність вхідних даних на попередньому етапі з наступних (виготовлення та використання), що не надає можливості знайти глобальний оптимум (аналогічно поняттю *системної оптимізації* по акад. В.М. Глушкову). Неповний облік прогнозних даних на цьому етапі і буде складати ту міру невизначеності при розв'язанні оптимізаційної постановки [2]. В доповіді викладені результати аналізу системної методології імітаційного моделювання (синтез, аналіз, прийняття рішення) відповідно до схеми:

<об'єкт дослідження – логіко-динамічна система> → <технологія системного проектування(планування та управління)> → <засоби системного моделювання (моделі, методи, критерії)>.

**Логіко-динамічні системи як об'єкт системного моделювання.** Дослідження складних процесів в складних динамічних систем довготривалого (автономного) функціонування, які створюються для виконання багатопланових аспектів використання є постійною проблемою, яка накладає додаткові вимоги до створення програмно-технічних або програмно-методичних моделюючих комплексів. Раніше були представлені результати по створенню наукових основ, методів та програмно-методичних засобів моделювання одного із класів систем як об'єкта автономного функціонування – КСАУ (комплексної (корабельної) системи автоматизованого управління) як логіко-динамічної системи – математичної моделі класу динамічних систем з керованою структурою. В цьому класі систем виділено системи з багатьма рівнями і складним характером взаємодії підсистем, що мають дискретно-неперервну природу функціонування типу мереж, системи, які зображаються моделями з імовірнісними характеристиками, нестационарними процесами та ін. (НЕДІС – неперервно-дискретна система, ЛОДІС – логіко-дискретна динамічна система, ЛДС - логіко-динамічна система). По ствердженню акад. О.Г. Івахненко: «Кожний складний об'єкт вимагає створення окремої теорії» – теорія та методи дослідження ЛДС – аксіоматична теорія, яка об'єднує в якості об'єкта дослідження динамічно-диференціальну систему (ДДС) та кінечну динамічну систему (КДС). Багато складних комплексів (комп'ютерні системи та їх мережі, енергетичні комплекси, саморухомі літальні апарати та ін.) стаціонарні в надто обмежених інтервалах часу. Більше того, нестационарність конструюється цілеспрямовано для вирішення проблем керування структурою таких комплексів (структурою обчислювального комплексу, складом енергетичних блоків, керуванням профілем крила, зміною напрямку руху «вперед-назад» та ін.).

*В задачах системного моделювання* процесів в складних комплексах в широкому розумінні моделі ЛДС використовуються для дослідження окремих агрегатів чи підсистем. Кожну із сукупностей підсистем складного об'єкта нової техніки (ОНТ) можна визначити за допомогою домінуючої підсистеми, категорії якої визначають процес і факт досягнення мети (наприклад, підсистеми керування рухом у просторі для саморушних машин). Задача керування ЛДС об'єднує і математично узгоджує дві ієрархічно упорядковані і математично різномірні задачі:

- синтез вхідного впливу для локального структурного стану зі стаціонарною функцією (нижній рівень);

- повна упорядкованість дискретних переходів на скінченній множині структур підсистем (верхній рівень).

Слід зазначити, що відомий принцип Беллмана («керування є функція фазового стану») недостатній в разі «ієрархічних систем виділеного логіко-динамічного класу» може мати таку форму: «керування є функція упорядкованої послідовності структурних станів (верхній рівень) та фазових станів підсистем (нижній рівень)». Задача повного упорядкування (керування верхнього рівня) зводиться до синтезу законів функціонування ініціального скінченного автомата як комбіновані частини системи (КДС). Задача глобальної оптимізації ЛДС включає в себе дві ієрархічні упорядковані підзадачі:

- оптимальне упорядкування скінченної сукупності структур підсистем (верхній рівень);
- синтез оптимальних керуючих впливів при локальній стаціонарності структури системи (нижній рівень).

Сумісне дослідження методами моделювання цих задач виключає необхідність повного перебору переходів на множині структур. Цілеспрямованість процесів керування в ЛДС, що вводиться в закон функціонування системи шляхом упорядкування підцілей, конструктивно виражається перетином підобластей існування локальних розв'язань системи ЛДР. Ця властивість ЛДС, отримана як наслідок їх аксіоматичного визначення, виділяє із множини логічних автоматів ініціальний автомат Мура (як КДС) в складі комбінаторної частини ЛДС.

**Інтелектуалізація процесів системного проектування.** Технологія *системного проектування* є результатом системного підходу до автоматизованого (комп'ютеризованого) проектування в першу чергу ОНТ. Системне проектування розглядається як процес побудови проектів складних ОНТ як цілеорієнтованих систем, представлених в основах *системних властивостей* (ціледосяжність, техніко-економічна ефективність, конструктивно-функціональна надійність, безпечність використання та ін.), *системних ресурсів* (психофізичний та кваліфікаційний ресурси персоналу, технічні ресурси об'єкту, ресурс типу запасів та ін.) та *структурах життєвих циклів* (створення та використання) [1].

Становлення технології системного проектування стало можливим в результаті розвитку математичного апарату і методів *програмування* (планування та керування) *життєвих циклів* поколінь техніки і теорії та методів *системної оптимізації* [2]. Разом із розвитком методології та комп'ютерної технології і методів системного проектування створені програмно-технічні та програмно-методичні комплекси як інструментальна основа *систем автоматизованого проектування* (САПР) [3].



В основу *інтелектуалізації* процесів автоматизованого проектування ОНТ покладена концепція побудови систем інформації, що структурно і функціонально об'єднує як *потенціальну* так і *цільову* системну інформацію в вигляді відповідно *баз даних* та *баз знань*. Це в деякій мірі відповідає природним механізмам генної інформатики і технології єдиного і наскрізного розвитку систем інформації на рівнях організмів, видів і популяцій. Показано, що для цільового використання техніки потрібен математичний апарат опису об'єктів, процесів, що відбуваються в цих об'єктах та *виробляючих* та *забезпечуючих* систем, що взаємодіють з ними[1]. Розглянуті дві макросистеми у навколишньому світі які розвиваються і взаємодіють між собою: природна (біосфера) і штучна (техніка у широкому розумінні). У біосфері існування та розвиток ґрунтуються на двох фундаментальних механізмах: механізмі відновлення і механізмі боротьби за існування. Світ штучного (техніка) не має у своїй основі рівноцінних механізмів: їх роль повинні виконувати різноманітні технологічні, економічні та ергономічні структури та процеси, які далеко не кращим чином взаємодіють між собою.

**Системні моделі та системне моделювання.** Системна модель являє собою складну багаторівневу структуру, кожен рівень якої відображає певний етап подання даної системи, виражений і зафіксований мовою даного рівня. У системних моделях виділяють наступні рівні: *цілей, завдань, алгоритмів, програмних і технічних засобів*. Перехід від вищого рівня до нижчого фактично означає процес прийняття рішення при управлінні. Таким чином перехід від самого вищого рівня до самого нижчого означає комплексне вирішення задачі управління. Однак побудова системної моделі пов'язано з рядом труднощів, основна з яких - отримання необхідної інформації для здійснення переходу від рівня до рівня. Часто самі переходи між рівнями здійснюються неформальним чином. Під час побудови рівня цілей системної моделі припускають, що кожен елемент цієї системи являє собою кінцеву послідовність (цілі, задачі, алгоритм, організаційно-технічні засоби).

*Системне моделювання.* Розвиток можливості побудови системної моделі внесло нове розуміння в моделювання систем. Стало можливим виділити такий термін як *системне моделювання*. Системне моделювання - це форма моделювання, для якої характерно уявлення об'єкта дослідження у вигляді системи та ітеративність побудови моделі. У цій плідності з'єднання системного підходу і моделювання полягає важливий фактор, що сприяє їх взаємодії і взаємопроникненню. Спираючись на процедури системного моделювання можна виділити основні терміни системного моделювання: *активність, процес, дія*. Так як об'єкт дослідження представляється у вигляді *системи* необхідно виділити елементарну роботу, яка розглядається в рамках моделі. Ця елементарна робота називається активністю. Дія - факт початку або завершення

деякої активності, тому дія розглядається як активність вищого рівня. З точки зору цього визначення виділяють основні процедури моделювання (*обґрунтування цільового елемента, моделювання алгоритму функціонування, планування та проведення експериментів з моделлю, оцінка отриманого результату, прийняття рішень*). На заключному етапі відбувається прийняття рішень щодо визначення оптимальних параметрів систем або удосконалення її структури, вибір методів прийняття рішення залежить від мети досліджень.

**Основні висновки.** Показано, що єдиний засіб надання процесам властивості «нескінченного» - це «змусити» їх існувати за рахунок кругообігу. У свою чергу в житті використовується структура «циклу» для свого нескінченного існування та розвитку. При цьому структурованість циклів, в тому числі життєвих, перенесена у світ техніки, тим самим зрозумілий інтерес до їх структур. Еквівалентом механізму боротьби за існування в світі техніки є система цілепокладення та цільового керування. З розвитком обчислювальних потужностей стає можливим побудови моделей різних процесів. Таким чином, для спрощення задачі дослідника бажано використовувати системні моделі та системне моделювання, що дозволяють правильно деталізувати задачу будь-якої складності.

### **Література**

1. Жук К.Д., Тимченко А.А., Доленко Т.И. Исследование структуры и моделирование логико-динамических систем. К.– Наукова думка. 1975 – 199с.
2. Глушков В.М. Основы безбумажной информатики. – М: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1982. – 552 с.
3. Тимченко А.А. Основи системного проектування та системного аналізу складних об'єктів: В 2-х томах. Книга 1. Основи САПР та системного проектування складних об'єктів / За ред. В.І.Бикова. – 2 вид.– К.: Либідь, 2003. – 272 с. Книга 2. Основи системного підходу та системного аналізу об'єктів нової техніки / За ред. Ю.Г. Леги. – К.: Либідь, 2004. – 288 с.

УДК 004.78 (043.2)

## **ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА «БІРЖА СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ» ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПІДГОТОВКИ СТУДЕНТІВ**

Є.Б. Артамонов

*Національний Авіаційний Університет, Україна*

Останнім часом все частіше піднімається питання про відповідність рівня освіти, яку отримують студенти у вищих навчальних закладах, вимогам ринку. Також зростає невдоволення українських підприємців не тільки спрямованістю навчання (вже давно реалізовані програми з

адаптації та перекваліфікації нових співробітників після працевлаштування), а також рівнем випускників.

Основним замовником на випускників є держава - саме вона, здебільшого, фінансує освіту для того, щоб забезпечити власну життєдіяльність. Зараз до процесу «замовлення» фахівців почали підключатися державні та комерційні організації (тристоронні договори «організація-ВНЗ-студент» масово використовується більше 10 років).

Але дослідження Безмалого В.Ф. [1], яке він провів ще у 2008 році, показало, що в рамках напряму підготовки бакалавра 6.170101 «Безпека інформаційних і комунікаційних систем» менше 16% годин припадає на дисципліни за спеціальністю, а сучасні теми не розкриваються взагалі. Подібна картина на напрямі 6.050102 «Комп'ютерна інженерія» (25% - дисципліни за спеціальністю).

На сьогодні процес вступу до ВНЗ більше нагадує рулетку, ніж обміркований вибір. Лише 10-15% абітурієнтів ознайомлюються з програмами навчання в обраних ВНЗ, але і для них ця задача є нелегким завданням. Тому що для цього потрібні інструменти, які дозволять не тільки вибрати ВНЗ і напрямок навчання за потребами абітурієнтів, а й задати вимоги на досліджувані курси дисциплін, а також їх наповнення. На сьогодні подібного інструменту не існує не тільки в Україні, а й у світі. Максимум, на що може розраховувати замовник освітньої послуги, це дізнатися наповнення окремих курсів у окремих викладачів, використовуючи відкриті ресурси ВНЗ або особисті сторінки викладачів.

Але подібна схема не влаштовує оптових замовників освітніх послуг (комерційні та державні підприємства) як в Україні, так і за кордоном. Саме створення інформаційної системи «Біржа спеціальностей», яка буде містити відомості про спеціальності українських і закордонних ВНЗ (з висвітленням їх змістовних модулів), надасть можливість для формування ринку обміркованого споживання освітніх послуг. Також даний інструмент дозволить наблизитись до реалізації основного принципу Болонської системи – мобільності студентів і викладачів [2].

**Розкриття процесів керування і основних цілей інформаційної системи «Біржа спеціальностей».** Реалізація такого інструменту повинна проводитись у декілька етапів, серед яких є, як організаційні, так і суто програмні. Але необхідно чітко усвідомлювати, що на виході повинен з'явитись не просто програмний продукт чи база даних, а повноцінна мережна система зі всіма можливостями по керуванню мережними базами даних і гнучким інтерфейсом (основні можливості, які притаманні таким системам – це наповнення, збереження і редагування даних, пошукова підтримка, організація запитів на вибірку інформації та інші можливості).

Принциповою особливістю даної системи є її технічна складність, бо об'єднання в ній завдань університетського і міжнародного рівнів робить її подібною до системи управління, яку повинні використовувати головні координатори програм Болонського процесу [2]. На основі реалізації однієї з головних концепцій для отримання відповідних освітніх послуг, що сприяє підвищенню ефективності навчального процесу, визначимо у загальному вигляді макет першочергових цілей інформаційної системи «Біржа спеціальностей», в яких можна виділити три рівні цілей – головну, узагальнені та основні (рис. 1).

Головна ціль (ЦГ). Реалізація комплексної системи управління, контролю і планування учбового процесу в групі ВНЗ на основі модульного принципу з можливістю забезпечення інформацією внутрішніх і сторонніх користувачів про наповнення окремих курсів та модулів за напрямками та спеціальностями.

Узагальнені цілі:

ЦУ<sub>1</sub>. Організувати доступ до всіх дисциплін з розкриттям їх змістовних модулів.

ЦУ<sub>2</sub>. Забезпечити нормативний контроль до оцінювання і поділу дисциплін на модулі.

ЦУ<sub>3</sub>. Оптимізувати організацію навчального процесу на базі одного або групи ВНЗ.

ЦУ<sub>4</sub>. Розробити інструмент підбору програм навчання за побажанням замовника освітніх послуг.

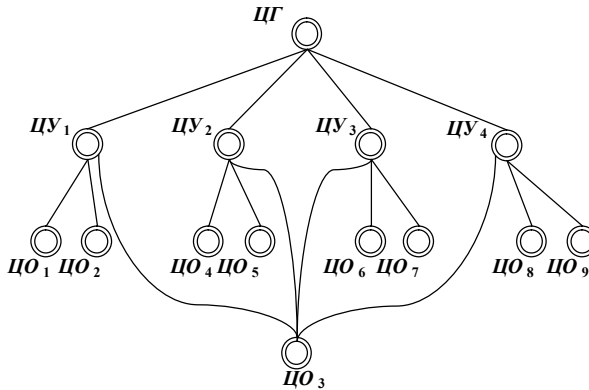
Основні цілі:

ЦО<sub>1</sub>. Забезпечити можливість збору і обробки розрізаних даних про змістовні модулі дисциплін на одному ресурсі.

ЦО<sub>2</sub>. Надати можливість доступу до змісту навчальних і робочих програм дисциплін.

ЦО<sub>3</sub>. Забезпечити мультимовність представлення інформації на ресурсі.

ЦО<sub>4</sub>. Створити нормативну довідникову базу щодо правил розподілу дисциплін на модулі і їх оцінювання.



*Рис. 1. Структура цілей організаційно-технологічної системи по веденню, збереженню і обробці змістовних модулів дисциплін*

ЦО<sub>5</sub>. Надати можливість перевірки даних при введенні в систему на наявність порушень в системі розподілу дисциплін на модулі і їх оцінюванні.

ЦО<sub>6</sub>. Реалізувати програмні інструменти пошуку дублюючих одне одного модулів у межах одного або групи ВНЗ

ЦО<sub>7</sub>. Реалізувати організаційні заходи, які дозволять проводити навчання за суміжними (однаковими) модулями на різних кафедрах у межах одного ВНЗ, а також з можливістю проходження студентами або проведення викладачами модулів у інших ВНЗ.

ЦО<sub>8</sub>. Розробити математичні моделі для побудови «сценаріїв» (програм) навчання в одному або групі ВНЗ, які не суперечать нормативній базі вимог до рівня освіти.

ЦО<sub>9</sub>. Реалізувати гнучкі інструменти на основі експертних систем, які на основі вимог замовника освітніх послуг зможуть сформувати повний курс навчання у рамках одного або групи ВНЗ.

На основі аналізу цілей можна визначити основні етапи розробки системи і місце кожного з підрозділів ВНЗ у реалізації даних функціональних задач.

**Основні вимоги до структури інформаційної системи «Біржа спеціальностей».** Розроблювана система передбачає чотири рівня, які пов'язані сукупністю організаційних заходів, інформаційних потоків, програмних і технічних засобів. Центральний рівень системи (I рівень) – “Рівень адміністративного управління та прийняття рішень”. Основні користувачі: вищий управлінський апарат навчальних закладів (ректор, проректори, начальники навчально-методичних управлінь).

Предметно-аналітичний рівень системи (II рівень) – “Рівень науково-методичного та інформаційного забезпечення прийняття рішень”. Основні користувачі: координатори окремих ВНЗ, науково-дослідні і спеціалізовані організації, які здійснюють збір, накопичення та первинну обробку інформації.

Кафедральний рівень системи (III рівень) – “Рівень первинного наповнення інформацією і реалізації комплексу заходів з перевірки відповідності даних до нормативів”. Основні користувачі: підрозділи ВНЗ, які здійснюють на місцях координацію і введення даних про розподіл дисциплін на змістовні модулі.

Користувацький рівень (IV рівень) – “Рівень загального доступу до інформації системи”. Основні користувачі: студенти, викладачі, організатори навчального процесу, посередники в організації програм обміну студентами між навчальними закладами.

**Висновки.** Аналіз ВНЗ із погляду відкритості інформації про наповнення навчального процесу показав, що підприємцям ризиковано вкладати гроші в повний цикл підготовки фахівців, а дешевше придбати готового спеціаліста або перепідготувати менш кваліфікованого. Одним з рішень для вирішення проблеми непрозорості системи освіти може виявитися розробка єдиної всеукраїнської системи обліку наповнення всіх курсів дисциплін з точки зору опису тематик і рівня розкриття – інформаційна система «Біржа спеціальностей». Дана система може дозволити не тільки абітурієнтам робити усвідомлений вибір при вступі до ВНЗ, а також підприємствам спростити пошук майбутніх співробітників.

## Література

1. Безмалый В.Ф. «Готовят ли наши ВУЗы специалистов по информационной безопасности? Или почему выпускников много, а специалистов мало?». - 2008. Электронная версия: <http://www.sec4all.net/statea331.html>
2. Артамонов Є.Б. Міжвузівська база змістовних модулів дисциплін як засіб впровадження основних концепцій Болонської системи навчання. – Проблеми інформатизації та управління: зб. наук. праць. - К.: НАУ, 2012. Вип. 1(37). – С. 22-29.

УДК 004.912(043.2)

## АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ ОБРОБКИ НАВЧАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ, ПРЕДСТАВЛЕНИХ ПРИРОДНЬОЮ МОВОЮ

О.О. Беляков

*Національний авіаційний університет, Україна*

Однією з важливих проблем сучасності є інтелектуальна обробка інформації. Актуальність цієї проблеми полягає у тому, що обробка сучасних масивів інформації потребує значних ресурсів та часу. Задача

обробки інформації включає в себе етапи збору інформації, її класифікація, звільнення її від інформаційного шуму та сортування за релевантністю відносно цільового запиту. Автоматизація описаних вище етапів дозволяє значно скоротити час їх виконання та обробити більше корисної інформації.

Для автоматизованої інтелектуальної обробки текст потрібно представити у вигляді математичної моделі. Таке представлення дозволяє відобразити зміст тексту та взаємозв'язок між його частинами. Це дозволить працювати з текстом не тільки як з набором символів, але і як з носієм корисної інформації, яку може обробляти комп'ютер.

Однією зі сфер застосування технологій інтелектуальної обробки інформації є сфера навчання. Застосування цих технологій дозволить спростити пошук потрібної інформації, а також дозволить представляти цю інформацію у зручному для сприйняття вигляді. Сучасні навчальні матеріали містять велику кількість інформації. З одного боку, це дозволяє детально дослідити проблему, яка викладена в цих матеріалах. З іншого боку, при пошуку відповіді на конкретні питання доводиться обробити весь масив інформації. Таким чином, знижується час та ефективність сприйняття інформації, що призводить до зниження ефективності навчання в цілому.

З вищесказаного витікає, що представлення навчальних матеріалів у вигляді математичних моделей є актуальним питанням. Метою даної роботи є аналіз наявних моделей представлення текстової інформації з точки зору використання їх для обробки навчальних матеріалів.

Існує два типи методів представлення знань:

- формальні моделі;
- неформальні (семантичні, реляційні) моделі.

Формальні моделі базуються на чіткій математичній теорії. Неформальні моделі не мають в своїй основі чіткого загального обґрунтування, і через це використовуються для конкретних задач. На противагу цьому, формальні моделі – універсальні, і можуть застосовуватись для широкого колу задач. У формальних моделях логічний висновок отримується в результаті виконання чітко заданого переліку операцій, тому він є детермінованим для кожного конкретного випадку. Висновок у неформальних системах багато в чому визначається самим дослідником, який і відповідає за його коректність.

В цій доповіді розглядається чотири моделі представлення знань, які в наш час є найчастіше вживаними при розробці інтелектуальних систем обробки текстової інформації.

Для представлення математичного знання в математичній логіці користуються логічними формалізмами – обчисленням висловлювань та обчисленням предикатів. Ці формалізми мають чітку формальну семантику і для них розроблені механізми виводу. Тому числення пре-

дикатів було першою логічною мовою, яку застосовували для формального опису предметних областей, пов'язаних з вирішенням прикладних задач.

Логічні моделі подання знань реалізуються засобами логіки предикатів. Предикатом називається функція, що приймає два значення (істина або брехня) і призначена для вираження властивостей об'єктів або зв'язків між ними. Вираз, в якому стверджується чи заперечується наявність якихось властивостей у об'єкта, називається висловленням. Константи служать для іменування об'єктів предметної області. Логічні речення або висловлювання утворюють атомарні формули. Інтерпретація предиката – це множина всіх допустимих зв'язувань змінних з константами. Зв'язування являє собою підстановку констант замість змінних. Предикат вважається загальнозначущим, якщо він правдивий у всіх можливих інтерпретаціях. Кажуть, що висловлювання логічно випливає із заданих посилок, якщо воно істинно завжди, коли істинні посилки.

Мережева модель представлення знань була запропонована американським психологом Куїлліаном. В основі моделей цього типу лежить конструкція, названа семантичною мережею. Семантичний підхід до побудови систем штучного інтелекту знаходить застосування в системах розуміння природної мови, в питально-відповідних системах, в різних предметно-орієнтованих системах. Термін «семантична» означає «смилова», а сама «семантика» – це наука, що встановлює відносини між символами та об'єктами, які вони позначають, тобто наука, що визначає сенс знаків. У самому загальному випадку семантична мережа являє собою інформаційну модель предметної області і має вигляд графа, вершини якого відповідають об'єктам предметної області, а дуги – відносинам між ними. Дуги можуть бути визначені різними методами, залежними від виду представляються знань. Зазвичай дуги, використовувані для представлення ієрархії, включають дуги типу «безліч», «підмножина», «елемент». Семантичні мережі, застосовувані для опису природних мов, використовують дуги типу «агент», «об'єкт», «реципієнт». Поняттями зазвичай виступають абстрактні або конкретні об'єкти, а відносини – це зв'язки типу: «це», «має частиною», «належить», «любить».

Фреймова модель представлення знань була запропонована М. Мінські у 1979 р. як структура знань для сприйняття просторових сцен. Ця модель, як і семантична мережа, має глибоке психологічне обґрунтування.

У психології та філософії відоме поняття абстрактного образу. Наприклад, слово «кімната» викликає у слухають образ кімнати: «жиле приміщення з чотирма стінами, підлогою, стелею, вікнами та дверима, площею 6-20 м<sup>2</sup>». З цього опису нічого не можна прибрати (напри-



клад, прибравши вікна, отримаємо вже комору, а не кімнату), але в ньому є «дірки», або «слоти», – це незаповнені значення деяких атрибутів – кількість вікон, колір стін, висота стелі, покриття підлоги та ін. У цій теорії такий абстрактний образ називається фреймом.

Фреймом називається також і формалізована модель для відображення образу. В якості ідентифікатора фрейму привласнюється ім'я фрейма. Це ім'я має бути єдиним у всій фреймовій системі.

Фрейм має певну внутрішню структуру, що складається з множини елементів, які мають назву «слоти», яким також присвоюються імена. За слотами слідує шпациї, в які поміщають дані, що представляють поточні значення слотів. Кожен слот у свою чергу представляється певною структурою даних. В значення слота підставляється конкретна інформація, що відноситься до об'єкту, описуваному цим фреймом.

Продукції, так само, як і фрейми, є найбільш популярними засобами подання знань в штучному інтелекті. Продукції, з одного боку, близькі до логічних моделей, що дозволяє організовувати на них ефективні процедури виведення, а з іншого боку, більш наочно відображають знання, ніж класичні логічні моделі. У них відсутні жорсткі обмеження, характерні для логічних числень, що дає можливість змінювати інтерпретацію елементів продукції.

У загальному вигляді під продукцією розуміється вираз такого вигляду: (i); Q; P; ; N.

Тут і – ім'я продукції, за допомогою якого дана продукція виділяється із усієї безлічі продукцій. В якості імені може виступати деяка лексема, що відображає суть даної продукції (наприклад, "купівля книги"), або порядковий номер продукцій в їх безлічі, що зберігається в пам'яті системи.

Елемент Q характеризує сферу застосування продукції. Під сферою застосувань розуміється предметна область, в якій повинна застосовуватись та чи інша продукція. При використанні продукцій в штучному інтелекті доцільно ділити всю сукупність знань на сфери застосування для чіткого окреслення контексту застосування продукції.

Основним елементом продукції є її ядро: . Інтерпретація ядра продукції може бути різною і залежить від того, що стоїть ліворуч і праворуч від знака секвенції . Звичайне прочитання ядра продукції виглядає так: ЯКЩО А, ТО В, більш складні конструкції ядра допускають в правій частині альтернативний вибір, наприклад, ЯКЩО А, ТО В1, ІНАКШЕ В2. Секвенція може тлумачитися у звичайному логічному сенсі як знак логічного слідування В з істинного А (якщо А не є істинним виразом, то про В нічого сказати не можна). Можливі й інші інтерпретації ядра продукції, наприклад А описує деяку умова, необхідну для того, щоб можна було зробити дію В.

## Література

1. Гаврилова Т., Хорошевский В. Базы знаний интеллектуальных систем: Учебник для вузов. – СПб.: Питер, 2000. – 384 с.
2. Девятков В.В. Системы искусственного интеллекта: Учеб. пособие для вузов. – М.: Изд. МГТУ им Н.Э.Баумана, 2001. – 352 с.
3. Букович У., Уильямс Р. Управление знаниями: руководство к действию: Пер. с англ. – М.: ИНФРА-М, 2002. – 504 с.
4. Петелин Д. Свалки данных и системы управления знаниями // PC Week (RE) – N.19 – 2006
5. Ландэ Д.В. Поиск знаний в Internet – М.: Диалектика-Вильямс, 2005, 272с.

УДК 004.78 (043.2)

## МЕТОДИ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ І ВИЗНАЧЕННЯ ВІДСТАНІ ДО НИХ

О.С. Васильєв

*Національний авіаційний університет, Україна*

В час стрімкого розвитку робототехніки виставляються підвищені вимоги до рухомих роботизованих систем. Це стосується систем уникнення зіткнень. Для рухомих систем, особливо які представляють небезпеку, важливо уникати зіткнень з людиною або собі подібними. Для цього використовуються різного роду дальноміри. Вони бувають інфрачервоні, ультразвукові та інших конструкцій. Поряд з різними алгоритмами фільтрації вхідних значень існує проблема точності вимірів та адекватності.

Також використовуючи такі прилади важко визначити тип перешкоди. Це важливо у випадку різних реакцій на той чи інший об'єкт. Наприклад, невисокі бордюри, нерівності покриття, трава – це об'єкти, які авторобот може подолати. До речі, не всі об'єкти можливо переїхати. Наприклад, на гусеничному ході можливо подолати досить високі об'єкти, які навіть переважають висоту шасі авторобота. Але гусеничний хід не дає високої швидкості пересування, а для нашого авторобота це була основна характеристика. Тому впливає одночасно дві комплексні задачі: адекватне і своєчасне визначення відстаней і виявлення типу об'єкта.

Для вирішення такої задачі я планую використати звичайну камеру встановлену на борту авторобота.

Розглянемо детально першу задачу і звернемося до будови живих організмів. Тварини використовуються два ока для визначення відстані до об'єкта. Це так звана бінакулярність зору. Людина бачить кожним оком два зображення і потім зливає їх в один образ в корі головного мозку. По величині різниці між зображення мозок робить висновок про віддаленість до об'єкта. Чим менше різниця – тим більша відстань. Чи можливо використовувати такий принцип під час проектування

авторобота? Звичайно. Але є високі технічні вимоги: велика роздільна здатність, стиснення без втрати якості, обчислювальні потужності для обробки такого зображення і нейроінструмент порівняння, не кажучи вже про факт наявності двох камер. Тому потрібно знайти більш простий спосіб.

Використовуючи одну камеру можна застосувати військову систему кутових розмірів. Дана система дає змогу порівнювати об'єкт з еталонами. Висота танка, людини, стовпа електропередач – стандартна для таких розрахунків і тому її можна порівняти з еталонною висотою і зробити пропорційний розрахунок. Дану систему можна побачити в спец. біноклях. Головний недолік – наявність готових розмірів перешкод і головне: визначення типу перешкоди, що є окремим напрямком досліджень. Тому даний спосіб вважаю недоцільним.

Використаємо дві камери і деякі геометричні побудови. Розташуємо перед камерами на короткій відстані орієнтир. Наприклад, SMD світлодіод. Його добре видно, тому визначення його на знімку не викликати труднощів. Тоді на потенційному об'єкті знайдемо контрастну точку і визначимо кут між направлення на світлодіод і точку перешкоди. Маючи два таких кути і стаціонарне розташування двох камер і світлодіодів можливо визначити відстань до об'єкта досить точно. У випадку відсутності сильно вираженої точки на перешкоді можливо використати габарит – правий або лівий кут. Або і правий і лівий, що дасть інформацію про взаємне розташування перешкоди відносно авторобота.

Іншим, окремим випадком вирішення цієї задачі є використання специфічного покриття траси і однієї камери. Для гоночного авторобота траса завжди маркується у вигляді повздовжніх біло-чорних полос заданої ширини. Скористаємося явищем перспективи. Тобто зорового явище зменшення лінійних розмірів. Враховуючи постійну ширину смуг насправді, то по ширини полоси перед перешкодою можна судити про відстань до неї. Технічно спостити задачу можна якщо мати еталон зображення пустої траси – такий собі полосковий код зі смуг однакової ширини. Тоді будь яка зміна кольору є перешкодою, а ширина смуг дасть інформацію про відстань до об'єкта. Даний метод значно спрощує сприйняття дорожньої обстановки, але має суттєвий недолік – однотипне покриття і не підходить для руху поперек смуг, що не зустрічається в рамках моєї задачі.

## **Література**

1. Айзерман М. А., Браверман Э. М., Розоноэр Л. И. Метод потенциалных функций в теории обучения машин. М., «Наука», 1990.
2. Андерсон Т. Введение в многомерный статистический анализ. М., Физматгиз, 1993.

3. Фисенко В.Т., Фисенко Т.Ю. Компьютерная обработка и распознавание изображений: Учебное пособие. - СПб.: СПбГУ ИТМО, 2008. - 192 с.

УДК 616.12-008.318.1

## **ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДИСПАНСЕРНОГО УЧЕТА БОЛЬНЫХ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ**

М.И. Демиденко, М.А. Мельник, М.В. Шейко

*Полтавский национальный технический университет им. Юрия Кондратюка,  
Украина*

Среди причин смертности и инвалидности взрослого населения экономически развитых стран мира лидируют и имеют тенденцию к прогрессированию сердечнососудистые заболевания. Уровень смертности от сердечнососудистых заболеваний (ССЗ) в нашем государстве существенно выше, чем в других экономически развитых странах. По данным Министерства здравоохранения, ежегодно в Украине регистрируется около 50 тысяч случаев острых инфарктов миокарда и 20000 мозговых инсультов (рис.1).

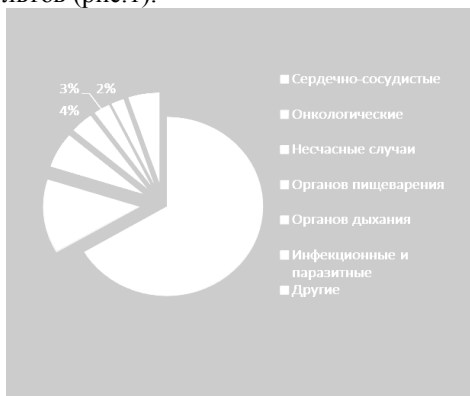


Рис. 1. Структура смертности населения Украины (%) за 2011 год [1]

С началом реформирования системы здравоохранения актуальным становится создание информационных систем диспансерного учета населения. Структура новой системы здравоохранения состоит из трех уровней (рис. 2):



Рис. 2 Структура системы здравоохранения Украины

Уровень 1. Предоставление первичной медицинской помощи: Первичная медицинская помощь - вид медицинской помощи, оказываемой в амбулаторных условиях или по месту жительства (пребывания) пациента врачом общей практики - семейным врачом и предусматривает предоставление консультации, проведение диагностики и лечения наиболее распространенных болезней, травм, отравлений, патологических, физиологических (во время беременности) состояний, осуществления профилактических мероприятий; направление в соответствии с медицинскими показаниями пациента, не требует экстренной медицинской помощи, для оказания ему вторичной (специализированной) или третичной (высокоспециализированной) медицинской помощи лицам неотложной медицинской помощи в случае острого расстройства физического или психического здоровья я пациента, не требует экстренной, вторичной (специализированной) или третичной (высокоспециализированной) медицинской помощи.

Уровень 2. Предоставление вторичной (специализированной) медицинской помощи и функционирования госпитальных округов. Вторичная (специализированная) медицинская помощь - вид медицинской помощи, оказываемой в амбулаторных или стационарных условиях в плановом порядке или экстренных случаях и предусматривает предоставление консультации, проведение диагностики, лечения, реабилитации и профилактики болезней, травм, отравлений, патологических и физиологических (при беременности и родах) состояний, которые могут быть предоставлены врачами соответствующей специализации (кроме врачей общей практики - семейных врачей); направления пациента для оказания вторичной (специализированной) медицинской помощи по другой специализации или для предоставления третичной (высокоспециализированной) медицинской помощи.

Уровень 3. Предоставление третичной (высокоспециализированной) медицинской помощи Третичная (высокоспециализированная) медицинская помощь - вид медицинской помощи, оказываемой в амбулаторных или стационарных условиях в плановом порядке или экстренных случаях и предусматривает предоставление консультации, проведение диагностики, лечения болезней, травм, отравлений, патологических состояний, ведение физиологических и патологических состояний (при беременности и родах) с применением высокотехнологичного оборудования и / или высокоспециализированных медицинских процедур высокой сложности направления пациента для оказания вторичной (специализированной) помощи или третичной (высокоспециализированной) медицинской помощи по другой специализации [2].

На данный момент в Полтавской области, в инициативном порядке, проведена реформа здравоохранения. Созданы центры первичной медико-санитарной помощи. Так как средства на проведение реформы не были выделены. Поэтому материальное обеспечение центров сильно отличается. Кроме того функция диспансерного учета возложена на семейных врачей. Следовательно, создание информационной системы диспансерного учета больных на ССЗ крайне необходимо.

В идеале эта система должна иметь три уровня:

1. Уровень регистрации обращений и первичной диагностики (амбулатории семейной медицины или станция скорой помощи). На этом уровне регистрируются персональные данные пациента, результаты неотложных диагностических исследований (ЭКГ, давление и т.п.).

2. Уровень мониторинга процесса обследования и лечения (больницы и клиники госпитального округа). На этом уровне регистрируются данные обследований и процесса лечения пациента, назначения для дальнейшего процесса реабилитации или лечения в медицинских учреждениях третьего уровня.

3. Уровень сбора статистической информации (диспансеры). На этом уровне регистрируются результаты специализированного лечения, назначения для дальнейшего процесса реабилитации. Кроме того, на этом уровне формируется статистическая информация областного уровня, которая в дальнейшем будет использована в эпидемиологических исследованиях.

Создание такой информационной системы требует серьезных капиталовложений, а существующие системы («КАШТАН - Госпитальная информационная система», которая приобретена 20 лечебными заведениями полтавской области [3]) не имеют необходимого функционала. Кроме того все выше перечисленные лечебные заведения относятся к второму или третьему уровню структуры здравоохранения.

Исходя из выше сказанного, создана информационная система диспансерного учета больных на ССЗ с такими функциональными возможностями.

Информационная система должна обеспечивать поступление структурированной информации о диспансеризации граждан от отдельных медицинских учреждений первого звена (амбулатории) в учреждения здравоохранения областного значения (областные диспансеры). Поток информации однонаправленный. Клиентам первого звена доступ к информации других клиентов первого звена и к информации областного уровня не требуется. Это позволяет организовать систему, используя файл-серверную архитектуру локально. Файл-сервер будет располагаться локально непосредственно на электронно-вычислительной машине пользователя. Учитывая то, что режим использования информации отличный от режима реального времени и отсутствие защищенной областной компьютерной сети больничных учреждений, обмен информации можно организовать в виде представления электронных отчетов от первого звена (амбулатории) в учреждения здравоохранения областного значения (областные диспансеры). Файлы сформированных отчетов шифруются, и отправляются пользователями любое, определенное администратором системы файловое хранилище. Поскольку файлы будут зашифрованы, то местоположение файлов значения не имеет. Администратор системы будет загружать файлы из хранилища, и указывать путь к файлам, расположенным локально, в административном модуле. Административный модуль позволит из отчетов, присланных пользователями первого звена, создавать общую базу данных. Такая организация обмена информацией является экономически выгодной, поскольку обеспечивает необходимый обмен информацией в системе и одновременно исключает необходимость приобретения, установки и обслуживания дополнительного оборудования и инфраструктуры (Рис 3).

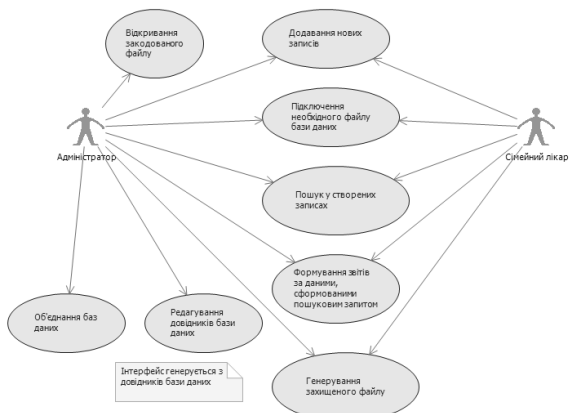


Рис. 3. Диаграмма использования

Интерфейс клиентского модуля представлен на рисунке 4.

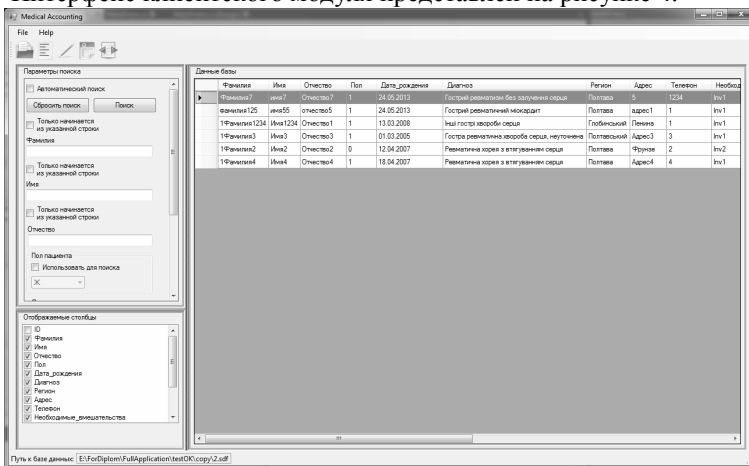


Рис. 4. Интерфейс клиентского модуля

Особенностью разработанной системы являются:

1. Возможность формирования отчетов по разным критериям.
2. Диагнозы больным устанавливаются из множества диагнозов международной классификации болезней (МКБ, ICD). Особенно необходимо отметить способ генерирования отображения дерева МКБ. По требованию заказчика МКБ должна отображаться в удобной для пользователя форме, т.е. в виде дерева, поскольку именно иерархическую структуру имеет МКБ. Это было достигнуто путем использования



компонента TreeView. Для заполнения компонента элементами международной классификации болезней был применен рекурсивный алгоритм для повышения гибкости системы. Благодаря созданному алгоритму дерево элементов международной классификации болезней генерируется из справочника базы данных, а следовательно при очередном просмотре МКБ достаточно изменить лишь справочник базы данных а интерфейс пользователей изменится вместе со справочником. Рекурсивный алгоритм предусматривает как дополнение отдельных элементов дерева МКБ так и изменение длины от корня к листьям дерева.

На данный момент система внедряется в Полтавском областном клиническом кардиологическом диспансере. Ее внедрение позволит:

- повысить качество лечения;
- контролировать деятельность семейных врачей;
- проводить эпидемиологические исследования заболеваемости населения;
- прогнозировать необходимость обеспечения медицинскими препаратами и оборудованием подразделения и департаменты здравоохранения;
- проводить диспансерный учет не только в области кардиологии, но и в других областях медицины путем расширения справочников.

## **Литература**

1. Р.В.Богагирьова Артеріальна гіпертензія: державна стратегія профілактики, лікування і упередження ускладнень // [Електронний ресурс]. – Режим доступу [http://www.moz.gov.ua/ua/portal/pre\\_20120510\\_2.html](http://www.moz.gov.ua/ua/portal/pre_20120510_2.html)
2. ЗАКОН УКРАЇНИ Про порядок проведення реформування системи охорони здоров'я у Вінницькій, Дніпропетровській, Донецькій областях та місті Києві // [Електронний ресурс]. – Режим доступу <http://mz-ark.gov.ua/rezolyutsiya-ministra-po-povodu-zakona-u-2/>
3. Перелік клієнтів компанії СІЕТ // [Електронний ресурс]. – Режим доступу <http://www.ciet.kiev.ua/clients.php>

## РЕАЛІЗАЦІЯ ДАТЧИКА ВИХРУ МЕРСЕННА У СИСТЕМІ МОДЕЛЮВАННЯ OPENGPSS

Д.Г. Діденко

*Навчально-науковий комплекс «Інститут прикладного системного аналізу»,  
Україна*

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний  
інститут», Україна*

**Вступ.** Одним з сучасних методів аналізу роботи складних систем є використання імітаційного моделювання. Для проведення повторюваних комп'ютерних прогонів стохастичних моделей використовуються події, які отримані від датчиків псевдовипадкових чисел (ДПЧ). Тому якість псевдовипадкових послідовностей має велике значення при отриманні достовірних результатів. В докладі розглядається сучасна система імітаційного моделювання OpenGPSS (<http://www.simulation.kiev.ua>) [1, 2]. Всі види розподілів будуються на рівномірному розподілі, якість якого є дуже важливою.

Вихор Мерсенна - генератор псевдовипадкових чисел був розроблений в 1997 році японськими вченими Макото Мацумото і Такудзи Нісимура [3]. Особливістю цього генератора є великий період. В докладі аналізується використання в якості датчика випадкових чисел вихор Мерсенна.

**Тести псевдовипадкових послідовностей.** На сьогодні існує багато графічних і статистичних тестів для перевірки псевдовипадкових послідовностей. Серед статистичних тестів широко використовуються наступні: NIST, TEST-U01, CRYPT-X, The pLab Project, DIEHARD, ENT тощо. В цьому докладі розглядається застосування набору тестів Diehard (автор George Marsaglia) для трьох систем імітаційного моделювання.

Для середовища моделювання OpenGPSS була написана власна невелика програма на GPSS, яка дозволяє отримати велику вибірку псевдовипадкових чисел з рівномірним розподілом. Далі, за допомогою пакету програм Diehard, бінарні файли якого взяті з сайту <http://stat.fsu.edu/pub/diehard/>, виконаний аналіз послідовностей чисел для кожної системи моделювання окремо.

**Проведення обчислювального експерименту.** Нажаль відразу згенерувати дані у бінарний файл не дозволяють середовища моделювання, тому що підтримується читання та запис лише текстового файлу. Отримати кінцевий файл можемо лише за два кроки: перший – створення текстового файлу з 4 млн. рядків, в кожному рядку одне число, яке записано текстом, і другий – переведення текстового файлу в бінарний.

Для системи моделювання OpenGPSS текстовий файл отримано за 30 хвилин. Проміжний текстовий файл займає 44 Мбайт. Далі виконується конвертація в потрібний бінарний файл розміром 15 Мбайт за допомогою VBA, на що витрачається 3 хвилини.

Таблиця 1. Зведені результати проходження тестів DIEHARD

ГПЧ	№ тесту з батареї Diehard													Всього пройдено тестів
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1. ANSI C	-	+	-/-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-/-	3
2. Apple CarbonLib	-	+	+/+/+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+/+	11
3. Borland C/C++	-	+	-/-	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-/-	4
4. Borland Delphi, Virtual Pascal	-	+	+/+/-	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-/-	4
5. glibc	-	+	-/-	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-/-	4
6. GNU Compiler Collection	-	-	-/-	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-/-	2
7. LC53	-	+	+/+/+	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-/-	5
8. Microsoft Visual Basic	!¹	-	-/-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-/-	2
9. Microsoft Visual/Quick C/C++	-	-	-/-	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-/-	2
10. MMIX Дональда Кнута	+	+	-/+	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-/-	6
11. MS Fortran	+	+	+/+/+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+/+	12
12. Numerical Recipes	-	+	+/+/-	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-/-	4
13. Random class in Java API	-	-	-/-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-/-	2
14. RtlUniform from Native API	-	-	+/-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+/+	2
15. VAX's MTH\$RANDOM	-	+	+/+/-	-	+	+	-	-	-	-	-	+	-/-	2
16. Пакет dbms_random из Oracle XE	-	+	+/+/+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+/+	12
17. Вихор Мерсенну (32 bit)	-	-	-/+	-	-	+	-	-	-	!¹	-	+	-/-	2
18. Вихор Мерсенну (64/128 bit)	-	-	-/+	-	-	-	-	-	-	!¹	-	+	-/-	1

Кожний тест на виході формує спеціальне число p-value  $\in [0;1]$ . Результати проведених експериментів наведені в табл. 1. Кількість згенерованих чисел для кожної системи моделювання – 4 млн. В таблиці «+» означає, що тест пройдено (якщо p-value  $\in [0,025;0,975]$ ), а «-» - тест не пройдено.

Були повністю використані усі тринадцять тестів цього пакету. Але звичайно проходження (або не проходження) тестів недостатньо, щоб прийняти або відхилити гіпотезу про випадковість потоку даних. Тести Diehard формують на виході числа p-value, які рівномірно розподілені в інтервалі  $[0;1]$ , якщо вхідний потік чисел дійсно випадковий. Перевіряємо нашу «нульову» гіпотезу про вхідний потік через статистичну значимість по критерію Пірсона (критерій «Хі-квадрат»). Для критерію Пірсона потрібно багато реалізацій, а тестів всього 13, тому використовуємо всі значення p-value з результуючого файлу, там їх приблизно 240 (!). Результати розрахунків по критерію показано в таблиці 2, де порівнюються різні ГПЧ у системі OpenGPSS.

Таблиця 2. Перевірка статистичної гіпотези о випадковості потоку даних

Генератор псевдовипадкових чисел	Кількість пройдених тестів з набору Diehard	Критерій Пірсона («Хі-квадрат»)		Аналіз результату
		отримане	табличне	
OpenGPSS 1.2.2.0 dbms random	12	12,06	36,2	Потік можна вважати випадковим
Вихор Мерсенну (32 bit)	2	40,42	36,2	Потік не можна вважати випадковим
Вихор Мерсенну (64/128 bit)	1	44,02	36,2	Потік не можна вважати випадковим

### Висновки

1. Не всі алгоритми для ДПЧ генерують дійсно випадковий потік, тому в системі OpenGPSS необхідно покращити роботу ДПЧ.

2. Одним з варіантів покращення рівномірності згенерованих псевдовипадкових чисел є використання не одного алгоритму отримання рівномірного розподілу, а декількох, що відрізняються по відношенню якість/швидкість. Перед комп'ютерним прогоном експериментатор має можливість вибирати режим генерування рівномірного розподілу в залежності від своїх потреб та апаратних можливостей. Але поки таке у системах, що розглядаються, не реалізовано.

3. Для покращення поведінки стохастичних моделей слід використовувати декілька ДПЧ. Наприклад, кількість ДПЧ в OpenGPSS -  $10^{38}$ .

### Література

1. Диденко Д.Г. Качество генерации псевдослучайных чисел в системах имитационного моделирования OpenGPSS, GPSS/World и AnyLogic. // Пятая всероссийская научно-практическая конференция по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности "Имитационное моделирование. Теория и практика" (ИММОД-2011), г. Санкт-Петербург. - 2011. - т.1 - С.134-138.
2. Діденко Д.Г. Порівняння генераторів псевдовипадкових чисел в системах імітаційного моделювання OpenGPSS, GPSS World та AnyLogic. //Шоста науково-практична конференція з міжнародною участю "Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС'2011". - Чернігів. - 2011. - С.315-318.
3. M. Matsumoto, T. Nishimura (1998). «Mersenne twister: A 623-dimensionally equidistributed uniform pseudorandom number generator». ACM Trans. on Modeling and Computer Simulations 8 (1): 3-30.

УДК 004.78 (043.2)

## МОЖЛИВОСТІ ПРОГРАМНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ РОБОТИ АПАРАТНО-ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ ПЛАТФОРМИ ARDUINO

А.О. Длужевський

Національний Авіаційний Університет, Україна

Напрямок автоматизації підтримується відомими компаніями, які пропонують готові платформи як для невеликих аматорських так і для

серйозних комерційних проєктів. В цій статті якраз мовиться про одну з таких платформ, а саме — Arduino.

Будь-який готовий варіант є своєрідною основою, базою для створення власного продукту. В більшості випадків обчислювальних потужностей платформи вистачає для потреб проєкту, проте досить часто виникає необхідність підвищити потужності для задоволення потреб цього проєкту або поліпшення робочих характеристик кінцевого продукту.

Мета дослідження полягає в аналізі шляхів підвищення продуктивності роботи платформи Arduino для їх подальшого використання на практиці.

Було проведено кілька невеликих експериментів, суть яких полягає в подачі високого та низького логічного рівня на один з портів мікроконтролера за допомогою стандартних бібліотек і за допомогою прямого звернення до регістрів портів вводу виводу, а також проведенні заміру часу операції.

Експеримент №1. Суть якого полягає в подачі високого та низького логічного рівня на один з портів мікроконтролера та проведенні заміру часу операції. Розмір скомпільованого коду — 680 байт. Тепер запусимо цей код на платі Arduino і дослідимо загальний вигляд вихідного сигналу, час витрачений на запис низького та високого рівнів а також частоту з якою відбувається даний цикл. Форму вихідного сигналу, що з'явився під час виконання програми ми можемо бачити на екрані осцилографу (Рис 1.)

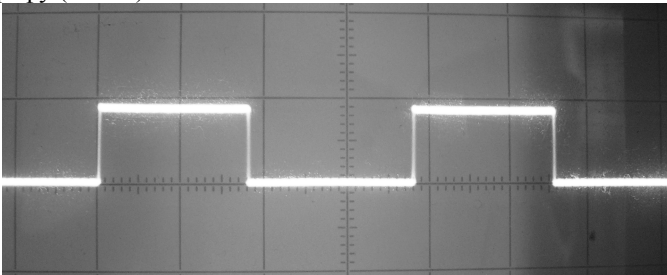


Рис. 1. Ціна поділки: 2 мікросекунди (вісь абсцис), 5 вольт (вісь ординат)

Як видно на зображенні (Рис 1.) мікроконтролер витрачає 3.6 мікросекунди на подачу низького рівня та 4 мікросекунди на подачу високого рівня. Одна ітерація роботи програми займає 7.6 мікросекунди процесорного часу. Тобто ми отримали трапецевидний сигнал з періодом в 3.8 мікросекунди.

Експеримент №2. Тепер перепишемо наш код, замінивши функції з бібліотеки Arduino на пряме звернення до регістру порту вводу-виводу. Теоретично, це мусить зменшити час, який витрачається

мікроконтролером виконання на лістинг коду. Скопільований код займає 342 байти пам'яті. Запускаємо та дивимось, що з цього вийшло.

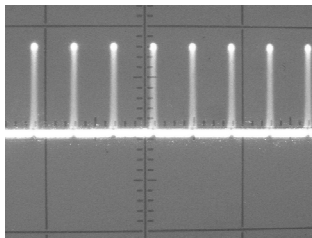


Рис. 2 (а). Ціна поділки: 2 мікросекунди (вісь абсцис), 5 вольт (вісь ординат)

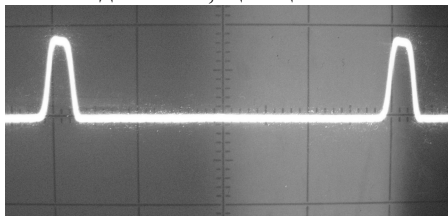


Рис. 2 (б). Ціна поділки: 0,2 мікросекунди (вісь абсцис), 5 вольт (вісь ординат)

Як бачимо, час дії подачі сигналу суттєво скоротився (Рис. 2 (а)), як наслідок скоротився і час, необхідний для виконання однієї ітерації роботи програми. Змінимо розгортку екрану та виміряємо час, який витрачає мікроконтролер на один цикл програми. Як видно з Рис.2 (б), мікроконтролер витрачає 0,8 мікросекунд на виконання однієї ітерації програми.

Експеримент №3. Тепер напишемо той самий код, суто для порівняння, в середовищі розробки програмного забезпечення для AVR контролерів — AVR Studio від компанії Atmel. Сам код майже не відрізняється від попереднього, але скопільований файл має розмір 222 байти. Подивимось на осцилограму (рис. 3).

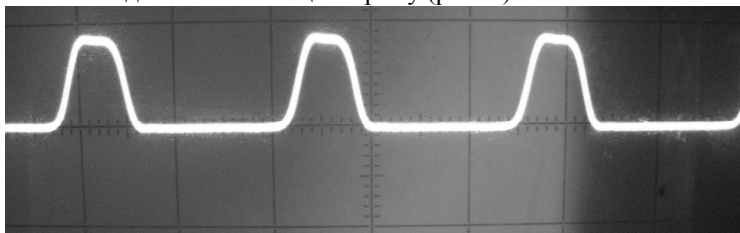


Рис. 3. Ціна поділки: 0,1 мікросекунди (вісь абсцис), 5 вольт (вісь ординат)

В першому випадку ми отримали трапецевидний сигнал з періодом в 7.6 мікросекунди, що рівне сигналу з частотою близько 66КГц. При прямому звертанні до регістрів вводу виводу ми отримуємо сигнал з періодом в 0.82 мікросекунди, що рівне сигналу з частотою близькою до 1.2 МГц.

Розмір скопільованого коду також помітно відрізняється: 680 байт (експеримент №1) та 342 байт (експеримент №2). Для проходу одного циклу цього коду, мікроконтролер витрачає лише 0,23 мікросекунди.

Оптимізація роботи апаратної обчислювальної платформи Arduino можливе завдяки раціоналізації використання процесорного часу

мікроконтролера, що досягається шляхом прямого звернення до регістрів мікроконтролера, як портів вводу-виводу так і регістрів загального призначення. Таким самим чином можна переписати і інші функції стандартних бібліотек Arduino (наприклад функції цифрового та аналогового зчитування сигналів, Широтно-імпульсної модуляції тощо). На досліді продемонстровано підвищення швидкості роботи з портами вводу-виводу в 18,2 рази.

За тенденцією всіх готових рішень, Arduino має свої сильні та слабкі сторони. За зручність у програмуванні доводиться платити швидкістю виконання та розміром скомпільованих програм. Проте гнучкість цієї платформи дає змогу пристосовувати її до потреб системи та надає широке поле для творчості під час роботи з цією платформою.

*Таблиця 1. Порівняння результатів*

№ експерименту	Ціна поділки, мс/поділку	Період, поділок	Частота, Гц
1	2	3,8	131 578,95
2	0,2	4,1	1 219 512,20
3	0,1	2,3	4 347 826,09

Таблиця демонструє, що пряме звертання до регістрів портів вводу-виводу набагато ефективніше, ніж використання стандартних функцій середовища Arduino для маніпулювання виводом сигналу. Завдяки прямому зверненню до регістрів портів, витрачається менше процесорного часу, тож за один і той самий часовий інтервал стає можливим виконання більшої кількості команд. Окрім цього розмір скомпільованого коду також суттєво зменшується. Експеримент №2 демонструє більшу швидкість в 9.3 разів в порівнянні з Експериментом №1.

**Висновки.** Програмна оптимізація роботи апаратної обчислювальної платформи Arduino можливе завдяки раціоналізації використання процесорного часу мікроконтролера, що досягається шляхом прямого звернення до регістрів мікроконтролера, як портів вводу-виводу так і регістрів загального призначення. Таким самим чином можна переписати і інші функції стандартних бібліотек Arduino (наприклад функції цифрового та аналогового зчитування сигналів, Широтно-імпульсної модуляції тощо). На досліді продемонстровано підвищення швидкості роботи з портами вводу-виводу в 9,3 рази.

За тенденцією всіх готових рішень, Arduino має свої сильні та слабкі сторони. За зручність у програмуванні доводиться платити швидкістю виконання та розміром скомпільованих програм. Проте гнучкість цієї платформи дає змогу пристосовувати її до потреб систе-

ми та надає широке поле для творчості під час роботи з цією платформою.

### **Література**

1. Москатов Е. А. Электронная техника. – Таганрог, 2004. – 121 стр.
2. Посилання на електронний ресурс: <http://habrahabr.ru/post/141442/>
3. Посилання на електронний ресурс: <http://www.arduino.cc/en/Reference/PortManipulation>
4. Посилання на електронний ресурс: [http://www.atmel.com/Images/Atmel-2486-8-bit-AVR-microcontroller-ATmega8\\_L\\_datasheet.pdf](http://www.atmel.com/Images/Atmel-2486-8-bit-AVR-microcontroller-ATmega8_L_datasheet.pdf)

УДК 519.85

## **БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВИБОРУ ХОСТИНГ ПРОВАЙДЕРА**

<sup>1</sup>Л.М. Колечкіна, <sup>2</sup>А.М. Нагірна

<sup>1</sup>*ВУЗ Укоопспілка “Полтавський університет економіки і торгівлі”, Україна*

<sup>2</sup>*Український державний університет фінансів та міжнародної торгівлі, Україна*

Проблема розміщення сайту підприємства чи компанії в мережі Internet досить актуальна. Вибір хостинг провайдера для представлення в мережі є гарантом успішного ведення фінансово-економічної та рекламної діяльності підприємства. Для вирішення даної проблеми необхідно чітко розуміти цілі сайту та визначити основні задачі, які повинен вирішувати сайт. Існує ряд вимог, які пред’являються до провайдера хостинга. Досить часто для аналізу найкращих хостинг провайдерів розглядають наступні вимоги: вартість провайдера, доменних імен; об’єм дискового простору; доступ по FTP, e-mail, скрипти, БД, мобільних WAP телефонів; додаткові оплати до встановлених тарифів; служба підтримки; статистика відвідувань сервера; домени і під домени; швидкість інтернет-каналів хостингу; сервери і системи безпеки партнерських програм; відвідування офісу компанії; підсумковий показник ціна/якість і т.д. [1, 2]. Отже, проблему вибору хостинг провайдера можна розглядати як модель багатокритеріальної задачі. В реальних ситуаціях деякі обмеження та критерії можуть бути суб’єктивними або точно не визначеними, тому при побудові математичної моделі прийняття рішень іноді виникає необхідність використання нечіткої логіки, нечітких множин і відношень.

Розглянемо деяку компанію, що займається продажем нового програмного продукту для проектування інформаційних систем. Для покращення фінансового стану та реклами нових програм компанії було запропоновано декілька найпопулярніших та успішних хостинг провайдерів [1, 2]. Необхідно вибрати один із них, з урахуванням вартості



вибраного тарифу, об'єм дискового простору, доступу до БД, швидкості інтернет-каналів хостингу, надійності системи безпеки і т.д.

Загальна постановка моделі багатокритеріальної задачі формулюється у наступному вигляді [3]:

$$\max \{F(x) \mid x \in X\}, \text{ де } F(x) = (f_1(x), \dots, f_\ell(x)) \quad (1)$$

$f_i(x), i \in N_\ell$ , – дійснозначні функції, що є елементами системи цілей і представляють часткові критерії  $f_i: X \rightarrow R^1, i \in N_\ell; X \subset R^n$  – множина допустимих розв'язків.

Згідно вище вказаної задачі  $f_i(x), i \in N_\ell$ , – вартості вибраного тарифу, об'єм дискового простору, доступу до БД, швидкості інтернет-каналів хостингу, надійності системи безпеки і т.д. Дані критерії можуть задаватися конкретними числовими значеннями (наприклад, вартості вибраного тарифу = 800 грн. в місяць), визначатися функціонал відповідного екстремуму (наприклад, швидкості інтернет-каналів хостингу, надійності системи безпеки) чи бути не визначеними точно (наприклад, оплата чи дисковий простір в залежності від періоду та варіантів вибору обслуговування).

Загальна постановка задачі з багатьма критеріями полягає у визначенні множини хостинг провайдерів, що оптимізують критерії  $f_i(x)$ , які є показниками хостинг провайдерів.

Введемо булеву змінну  $x_i$ , яка рівна 1, коли  $i$ -ий хостинг провайдер вибирається, в іншому випадку  $x_i = 0$  [4].

Як правило, щоб розв'язати багатокритеріальну задачу, необхідно знайти елементи однієї із наступних множин [5]: множини Парето  $P(F, X)$ , тобто множини ефективних (оптимальних за Парето) розв'язків, множини Слейтера  $Sl(F, X)$  слабо ефективних розв'язків, множини Смейла  $Sm(F, X)$  строго ефективних розв'язків.

Підхід до розв'язання багатокритеріальної моделі полягає у наступному. Розглянемо множину  $A = (a_{i_1}, a_{i_2}, \dots, a_{i_n})$  – це множина запропонованих хостинг провайдерів. Користуючись відповідними даними, запропонованими певними хостинг провайдерами, знаходимо критерії  $f_i(x)$  для допустимих альтернатив. Для вибору найкращого хостинг провайдера скористаємося принципом Парето [5].

Згідно [5] алгоритм знаходження множини Парето  $P(F, X)$  полягає у створенні поточної множини парето-оптимальних векторів, яка перед початком роботи алгоритму співпадає із множиною  $F$ , а в кінці алгоритму є множиною парето-оптимальних векторів. Алгоритм побудовано таким чи-

ном, що шукана множина парето-оптимальних векторів отримується із  $F$  шляхом послідовного вилучення заздалегідь неоптимальних векторів. Після виконання алгоритму знаходимо множину  $P(X) \subset A$  парето-оптимальних альтернатив, що відповідають парето-оптимальним векторам множини  $P(F)$ .

При застосуванні технології багатокритеріального вибору можливі варіанти подальшого дослідження моделі з додатковими обмеженнями на комбінаторній множині альтернатив. Додаткові обмеження чи критерії можуть визначати належність хостинг провайдера до безкоштовних чи платних, зарубіжних чи вітчизняних і т.д.

## Література

1. Хокинс, Скотт. Администрирование веб-сервера Apache и руководство по электронной коммерции. - М.: Вильямс, 2001. – 336 с.
2. Печников В.Н. Создание Web-страниц и Web-сайтов. Самоучитель. М.: Триумф, 2006. — 464 с.
3. Колечкіна Л.М., Нагірна А.М. Моделювання та розв'язування економічних задач оптимізації відносних показників з урахуванням комбінаторних властивостей розв'язку // Наукові вісті Національного технічного університету України “КПІ”, 2006. – № 5. – С. 34–40.
4. Нагірна А.М. Багатокритеріальна комбінаторна модель вибору інвестиційних проектів // Зовнішня торгівля: економіка, фінанси, право, 2011. – № 6. – С. 123–128.
5. Ногин В.Д. Принятие решений в многокритериальной среде: количественный подход. М.: Физматлит, 2002. – 144 с.

УДК 517.957

## АНАЛІЗ МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАВДАНЬ ДИСКРЕТНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ

А.Г. Корнієнко, А.А. Зур

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Україна*

У відповідності з [1], при розв'язанні завдань дискретної оптимізації необхідно знайти максимум або мінімум цільової функції, що визначена на дискретній множині, яка складається з ізольованих точок. Характерною особливістю таких завдань є не випуклість і не зв'язність області допустимих рішень. Унаслідок цього ускладнюється використання стандартних прийомів [2]. Зокрема, неможливо замінити завдання дискретної оптимізації його неперервним аналогом та округлити знайдений розв'язок до найближчого цілочисленого. Тому для їх розв'язання найбільшого розповсюдження набули три групи математичних методів [2 – 3]:

1. Методи відтинання характеризуються «регуляризацією» завдань дискретної оптимізації шляхом тимчасового відкидання умов дискре-

тності. Це дозволяє використати стандартні методи для їх розв'язання. При цьому отриманий результат має задовольняти умовам дискретності. Якщо це не можливо, то здійснюється перехід до цілочисленого розв'язку. Тому використання методів цієї групи ускладнюється необхідністю визначення найсильнішого відтинання; придатністю до розв'язання цілочислених завдань і завдань з незначним заповненням матриць.

2. Комбінаторні методи характеризуються використанням скінченності множини допустимих розв'язків та її направленим перебором. В основу такого перебору покладено оцінювання та відкидання підмножин без оптимальних розв'язків. Для цього здійснюється послідовне розбиття множини допустимих розв'язків на підмножини. Серед них визначаються та відкидаються ті, у яких відсутні оптимальні розв'язки. Це дозволяє замінити повний перебір частковим та, як наслідок, реалізувати обчислювальний процес.

3. Наближені методи характеризуються отриманням та уточненням розв'язку завдань дискретної оптимізації шляхом комбінування різноманітних методів за два етапи. На першому етапі використовуються евристичні методи. В їх основу покладено не обґрунтовані припущення про властивості оптимального розв'язку. Тоді як на другому етапі – методи локальної оптимізації, в основу яких покладено визначення правила вибору околу.

Таким чином, використання математичних методів обумовлене характерними для них особливостями: «регуляризацією» завдань; скінченністю множини допустимих розв'язків та її направленим перебором; отриманням та уточненням розв'язку шляхом комбінування різноманітних методів. Завдяки цьому можливе отримання оптимального результату при не випуклій та не зв'язній області допустимих розв'язків завдань дискретної оптимізації.

## **Література**

1. Ковалев М.М. Дискретная оптимизация (целочисленное программирование): [изд. 2-е, стереотипное] / М.М. Ковалев. – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 192 с.
2. Зайченко Ю.П. Исследование операций: учеб. пособие для студентов вузов: [изд. 2-е, перераб. и доп.] / Ю.П. Зайченко. – К.: Высшая школа. Головное изд-во, 1979. – 392 с.
3. Сигал И.Х. Введение в прикладное дискретное программирование: модели и вычислительные алгоритмы: учеб. пособие: [изд. 2-е, испр.] / И.Х. Сигал, А.П. Иванова. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 240 с.

**РЕСУРСНЫЙ ПОДХОД К РАСЧЕТУ СТОИМОСТИ БРЕНДА**

И. Д. Котляров

*Национальный исследовательский университет Высшая школа экономики,  
Россия*

В работе [1] предложена следующая модель оценки стоимости бренда  $V$ :

$$V = \pi_B - \pi_{NB} = Q_B(P_B - P_{NB}) + (Q_B - Q_{NB})(P_{NB} - C), \quad (1)$$

где  $\pi_B$  - доход от продаж брендированной продукции;  $\pi_{NB}$  - доход от продаж небрендированной продукции;  $Q_B$  - объем продаж брендированной продукции (в натуральном выражении);  $Q_{NB}$  - объем продаж небрендированной продукции (в натуральном выражении);  $P_B$  - цена единицы брендированной продукции;  $P_{NB}$  - цена единицы небрендированной продукции;  $C$  - себестоимость производства единицы небрендированной продукции.

Очевидно, что формула (1) лучше описывает стоимость бренда, чем традиционная модель

$$V = Q_B(P_B - P_{NB}). \quad (2)$$

Если ввести обозначения

$$\Delta P = P_B - P_{NB}, \quad \Delta Q = Q_B - Q_{NB},$$

то формулу (1) можно переписать в виде

$$V = Q_B \Delta P + \Delta Q (P_{NB} - C). \quad (3)$$

Экономический смысл стоимости бренда, рассчитанный по формуле (1), также прозрачен – эта стоимость представляет собой дополнительную прибыль владельца бренда, или, что очень важно, дополнительное финансовое обеспечение фирмы-собственника бренда. Это дополнительное финансовое обеспечение может быть использовано как прибыль (т. е. быть направлено акционерам фирмы-владельцы бренда в виде дивидендов), или же инвестировано в дальнейшее развитие бренда, в частности, в захват дополнительной доли рынка (т. е. в наращивание значения  $\Delta Q$ ).

Может возникнуть ситуация, при которой  $\Delta P < 0$  или  $\Delta Q < 0$  (т. е. цена или объем продаж в натуральном выражении брендированного продукта ниже, чем соответствующие показатели для небрендированного продукта). Отсюда возникает задача компенсации снижения цены за счет прироста продаж (и возмещения снижения объема продаж за счет увеличения цены). В исходной работе [1] эта задача изучена не была, и поэтому мы попытаемся ее решить.

Пусть  $\Delta P < 0$ . Тогда из формулы (3), и с учетом условия  $V > 0$

$$-Q_B |\Delta P| + \Delta Q (P_{NB} - C) > 0,$$

и

$$\frac{\Delta Q}{Q_B} (P_{NB} - C) > |\Delta P|. \quad (4)$$

Аналогично, если  $\Delta Q < 0$ , то

$$Q_B \Delta P - |\Delta Q| (P_{NB} - C) > 0,$$

и тогда

$$Q_B \frac{\Delta P}{P_{NB} - C} > |\Delta Q|. \quad (5)$$

Формулы (4-5), при всей их простоте, показывают, каким образом должно происходить замещение падения цены приростом объема продаж в натуральном выражении (и наоборот), чтобы стоимость бренда оставалась положительной. В традиционной модели (формула (2)) такое замещение отсутствует.

Поскольку в модели (3) стоимость бренда имеет смысл финансового обеспечения бренда, то можно сформулировать следующие гипотезы:

- на олигополистическом рынке стоимости брендов, рассчитанные по модели (3), должны совпадать или быть очень близкими друг другу. Это связано с тем, что для обеспечения конкурентного равновесия фирмы должны иметь близкие по величине ресурсные возможности;

- фирма, стоимость бренда которой значительно ниже, чем у конкурентов, будет постепенно вытесняться с рынка из-за нехватки ресурсов для конкурентной борьбы;

- в модели (3) допустимо отрицательное значение стоимости бренда. Его смысл в этом случае – недополученная прибыль по сравнению с небрендовой продукцией, или недостаток ресурсного обеспечения. По сути дела, это указание на то, что торговая марка пока еще не смогла стать брендом или уже перестала им быть;

- отрицательное значение стоимости бренда может служить указанием на некорректный выбор базы (т. е. небрендового продукта) для расчета стоимости. Иными словами, разница в цене или объеме продаж в натуральном выражении, ведущая к отрицательному значению стоимости, обуславливается не низкой привлекательностью бренда, а тем, что он функционирует на другом рынке (с другим уровнем цен или с другими объемами продаж, т. е. на нишевом или более массовом рынке), чем базовая торговая марка.

## Литература

1. Dubin Jeffrey A. Valuing intangible assets with a nested logit market share model // Journal of Econometrics. – 2007. - № 139. – P. 285-302.

## РУБРИКАЦИЯ ЕСТЕСТВЕННО ЯЗЫКОВЫХ ТЕКСТОВЫХ ДОКУМЕНТОВ

<sup>1</sup>О.П. Мойсеєнко, <sup>1</sup>В.В. Литвинов, <sup>2</sup>В.В. Бегун

<sup>1</sup>*Чернігівський державний технологічний університет, Україна*

<sup>2</sup>*Национальный технический университет КПИ, Украина*

Одна из задач организации информации – это рубрикация – распределение документов по тематическим рубрикам. Практически во всех системах машинного понимания текста используется ограниченный естественный язык, поскольку полной и строгой формальной модели ни для одного естественного языка пока не создано [1].

За последние годы, в научных изданиях, опубликовано множество статей и докладов на тему автоматической обработки текстов. Труды, в основном, посвящены описанию классических алгоритмов и приемам модернизации существующих подходов. Рубрицирование используется в большинстве современных информационно-поисковых систем: поисковые системы сети Internet, Intelligent Miner for Text, Oracle Text, Text Miner (SAS) и др..

Обобщенно задача автоматической рубрикации, с последующим обучением, описывается как, множество документов  $D$  (обучающая выборка) и множество рубрик  $R$ , каждому документу из множества  $D$  сопоставляется одна или несколько рубрик из  $R$ . Выходя из этого, составляется алгоритм рубрикации, который выдает на выходе наиболее вероятные рубрики из множества  $R$  для конкретного документа.

Оценка качества работы алгоритма, производится на основе заранее отрубрицированной коллекции текстовых документов (тестовой выборки). Для этой цели подходят коллекции публикаций Reuters. Результаты «прохода», сравниваются с заранее известными значениями.

Целью исследования является изучение применения статистических алгоритмов классификации для больших иерархических онлайн-рубрикаторов.

В результате исследования планируется получить улучшенный алгоритм рубрикации на основе бинарного классификатора SVM с последующей возможностью его программной реализации и применения для обработки больших объемов.

### Литература

1. Андреев, А.М. Лингвистический процессор для информационно-поисковой системы [Текст] / А. М. Андреев, Д. В. Березкин, А. В. Брик. - Компьютерная хроника, 2008. - с. 79-100.

2. S. Guha, N. Mishra, R. Motwani, L. O'Callaghan. Clustering data streams. // Proceedings of the Annual Symposium on Foundations of Computer Science (XI'00). IEEE – 2000. – P. 359-366.

3. Вапник В. Н., Червоненкис А. Я. Теория распознавания образов. — М.: Наука, 1974.

УДК 519.2: 519.6

## ЧИСЕЛЬНІ МЕТОДИ МОДЕЛЮВАННЯ ГАУССОВИХ ОДНОРІДНИХ ВИПАДКОВИХ ПОЛІВ

А.О. Пашко

*Європейський університет, Україна*

В роботі продовжуються дослідження методів моделювання випадкових полів, що базуються на основі спектральних розкладів [1,2]. Знайдено оцінки точності моделювання та параметри моделей для гауссових однорідних випадкових полів у просторах  $L_2$  та  $L_p$ ,  $p \geq 1$ .

Нехай  $(\Omega, \mathcal{B}, P)$  - стандартний ймовірносний простір,  $(R^d, \Sigma, \nu)$  - деякий вимірний простір,  $\Sigma$  - борелівська  $\sigma$ -алгебра,  $\nu(\cdot)$  - скінчена міра. Нехай  $\rho(\vec{t}, \vec{s})$  - деяка евклідова метрика в  $R^d$ , або метрика їй еквівалентна. Наприклад,  $\rho(\vec{t}, \vec{s}) = \max_{i=1, \dots, d} |t_i - s_i|$ , де  $\vec{t}^T = (t_1, \dots, t_d)$ ,  $\vec{s}^T = (s_1, \dots, s_d)$ .

Певну метрику вибиратимемо в залежності від задачі моделювання.

Нехай  $T \subset R^d$  - множина виду  $T = \{\vec{t}, \rho(\vec{t}, 0) \leq L\}$ , де  $L > 0$  - деяке число. Позначимо  $X = \{X(\vec{t}), \vec{t} \in R^d\}$ ,  $EX(t) = 0$  гауссове випадкове поле, що може бути представлено у вигляді

$$X(\vec{t}) = \sum_{i=1}^N \int_{R^d} f_i(\vec{t}, \vec{\lambda}) dZ_i(\vec{\lambda}), \quad (1)$$

де  $Z_i(S)$ ,  $S \in \Sigma$  некорельовані випадкові міри, що підпорядковані мірі  $\nu(\cdot)$ , а функції  $f_i(\vec{t}, \vec{\lambda})$  такі, що при кожному  $\vec{t} \in T$ :  $f_i(\vec{t}, \vec{\lambda}) \in L_2(R^d, \nu)$ , при кожному  $\vec{\lambda} \in R^d$  функції  $f_i(\vec{t}, \vec{\lambda})$  неперервні по  $\vec{t}$ . Нехай  $A$  - однозв'язна, з кусочно - гладкою границею область в  $R^d$ ,  $D_n$  - деяке розбиття області  $A$  на  $n$  однозв'язних областей  $A_1, A_2, \dots, A_n$  з кусочно-гладкими границями,  $\vec{\lambda}_i, i = 1, \dots, n$  - фіксовані точки в  $R^d$  такі, що  $\vec{\lambda}_i \in A_i$ .

Модель поля будується у вигляді  $X(\vec{t}) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^n f_i(\vec{t}, \vec{\lambda}_j) Z_i(A_j)$ .

Випадкові величини  $Z_i(A_j)$  є некорельованими випадковими величинами.

Означення 1. Випадкове поле  $X_n(\vec{t}, A)$  - будемо називати аппроксимаційною моделлю поля  $X(\vec{t})$  або  $A_p$ - моделлю.

Нехай задано  $\delta > 0$  і  $\alpha > 0$ ,  $\alpha \in (0,1)$  - деякі числа.

Означення 2. Будемо говорити, що  $X_n(\vec{t}, A)$  наближає поле  $X(\vec{t})$  з точністю  $\delta > 0$  і надійністю  $0 < \alpha < 1$  в деякому функціональному просторі, якщо

$$P\left\{\|X(\vec{t}) - X_n(\vec{t}, A)\| > \delta\right\} \leq 1 - \alpha,$$

де  $\|\cdot\|$  - норма функціонального простору.

Моделювання зводиться до побудови суми  $\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^n f_i(\vec{t}, \vec{\lambda}_j) \xi_{i,j}$ , де  $\{\xi_{i,j}\}$  - некорельовані випадкові величини такі, що  $E\xi_{i,j} = 0$ ,  $E\xi_{i,j}^2 = v(\Delta_j)$ .

В розкладах гауссових випадкових полів, ці величини є гауссовими. Оскільки при моделюванні випадкових величин не можна отримати точно гауссові величини, а лише з деякою точністю, то в якості  $\{\xi_{i,j}\}$  пропонується розглядати послідовність строго субгауссових випадкових величин. Отримані оцінки точності і надійності моделювання мають місце і для гауссових величин.

Означення 3. Випадкова величина  $\xi$  називається субгауссовою, якщо існує  $a \geq 0$ , що для всіх  $\lambda \in \mathcal{R}$  справедлива оцінка

$$E \exp\{\lambda \xi\} \leq \exp\left\{\frac{a^2 \lambda^2}{2}\right\}.$$

Простір субгауссових випадкових величин  $Sub(\Omega)$  є банаховим простором з нормою

$$\tau(\xi) = \sup_{\lambda \neq 0} \left[ \frac{2 \ln E \exp\{\lambda \xi\}}{\lambda^2} \right]^{\frac{1}{2}}.$$

Властивості субгауссових випадкових величин досліджувались в [2-3].



В роботі розглядаються гауссові однорідні центровані випадкові поля, будемо розглядати тільки дійсні випадкові поля. Для однорідних випадкових полів [4] має місце спектральний розклад (1).

Функція  $v(\vec{\lambda})$  називається спектральною функцією поля. Якщо спектральна функція поля абсолютно неперервна, тобто, допускає представлення  $v(\vec{\lambda}) = \int_{R^d} f(\vec{\lambda}) d\vec{\lambda}$ , то  $f(\vec{\lambda})$  називається спектральною щільністю однорідного випадкового поля.

В роботі досліджуються алгоритми моделювання гауссових випадкових полів з спектральними щільностями  $f_1(\vec{\lambda}) = \frac{1}{(1 + |\vec{\lambda}|^2)^k}$ ,  $k \geq 2$

на площині. Модель гауссового однорідного поля можна представити у вигляді

$$X_n(\vec{t}, A) = \sum_{i=1}^n (\cos(\vec{t}, \vec{\lambda}_i) Z_1(A_i) + \sin(\vec{t}, \vec{\lambda}_i) Z_2(A_i)).$$

Досліджувалась залежність оцінок точності і надійності від вибору області  $A$  та її розбиття  $D_n$ . В якості  $A$  розглядались прямокутники, трикутники, сектори.

В таблиці 1 зведені результати оцінки  $n$  для різних значень точності і надійності у випадку, коли  $A$  - квадрат зі стороною  $2\Lambda$ . В розрахунках вважалося, що  $L = 1$  та  $\mu(T) = 1$ .

Таблиця 1. Основні параметри для моделювання випадкового поля з спектральною щільністю  $f_1(\vec{\lambda})$  в  $L_2$

$\delta$	$1 - \alpha$	$k$	$\Lambda$	$n$
0,1	0,05	2	170	25000
		3	10	1150
		5	3	210
		10	1,1	65
0,05	0,05	2	180	250000
		2	220	85000
		2	250	80000
		2	260	80500
		3	15	3200
		4	6	960
		10	1,5	130

## Література

1. Козаченко Ю.В., Пашко А.О. Про моделювання випадкових полів I // Теорія ймовірностей та математична статистика. - 1999. – Вип. 61. - С. 61 – 74.
2. Козаченко Ю.В., Пашко А.О., Розора І.В. Моделювання випадкових полів. – К. Задруга, 2007.
3. Буддыгин В.В., Козаченко Ю.В. Метрические характеристики случайных величин и процессов. - Киев, ТВИМС, 1998.
4. Ядренко М.И. Спектральная теория случайных полей. - К. Вища школа, 1980.

УДК 519.873

### **АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ СЕТЕЙ СООБЩЕНИЯ МЕТОДОМ ВЕРОЯТНОСТНО-АЛГЕБРАИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

Д.В. Ратобильская, В.А. Тимошков

*Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины, Беларусь*

К сетям сообщения отнесем компьютерные и информационные сети, пути сообщения. Структура любой сети связи, пути сообщения в общем виде может быть определена набором параметров: количеством и типом функциональных узлов (компьютеров, транспортных развязок), количеством, типом, мощностью (пропускной способностью) ветвей (каналов связи), соединяющих узлы. Наиболее используемыми формами представления структуры сетей сообщения являются: схема взаимосвязи функциональных узлов; граф  $G(F, K)$ , где  $F$  – узлы (функциональные вершины),  $K$  – ребра, соответствующих ветвям сети; матрица связности, матрица мощности (стоимости, пропускной способности).

Анализ структуры сетей сообщения включает следующие параметры: расчет показателей пропускной способности, надежности, безотказности, поиск «узких» мест.

Метод вероятностно-алгебраического моделирования (ВАЛМ) позволяет производить оценку структуры систем, представленных в виде графов с двумя и более выделенными несовместными состояниями функциональных вершин (узлов). При этом метод применим при исследовании как структурно простых (сводимых к последовательно-параллельным структурам), как и структурно сложных (мостиковая структура, «звезда», «четырёхполюсник») систем.

Исходная идея метода ВАЛМ основана на двух положениях [1]:

Во-первых, всем элементам исследуемой системы ставится в соответствие множество состояний, каждое из которых характеризуется совокупностью значений параметров элементов исследуемой системы и изменяется вероятностным образом. Вектору состояний элемента

соответствует вектор распределения вероятности нахождения элемента в каждом из выделенных состояний.

Во-вторых, между элементами системы устанавливаются связи, которые могут быть формализованы в виде алгебраических функций, описывающих взаимодействие элементов и определенным образом влияющих на успешность функционирования исследуемой системы. Набор функций задается с учетом особенностей исследуемых систем и решаемых задач.

Метод ВАЛМ реализуется следующей последовательностью этапов:

1. Полная формализованная постановка задачи моделирования. Включает формирование схемы исследуемой системы (графа); разработку и реализацию первичной модели вероятностного изменения состояний исследуемого свойства элементов; формирование совокупности управляющих правил; определение критерия успешности функционирования системы.

2. Построение алгебраической модели, определяющей процесс функционирования системы. Включает построение алгебраической модели системы, определение последовательности алгебраических преобразований векторов вероятностей.

3. Определение расчетной вероятностной модели системы. Включает преобразование алгебраической модели в вероятностную форму, реализацию статического моделирования с использованием коэффициентов ВАЛМ; реализацию динамического моделирования; реализацию динамического моделирования с управлением.

4. Анализ полученных результатов. Включает анализ векторов вероятностей состояний отдельных элементов и системы в целом, анализ статического и динамического моделирования.

Пусть требуется оценить надежность потоковой системы, представленной на рисунке 1. В качестве начальных данных имеются вероятности пребывания элементов системы в каждом из трех выделенных несовместных состояний, связанных со степенью изношенности узлов (одна из трактовок – уровень оптимальной загрузки) и составляющих показатели: 0.75, 0.5, 0.35. Требуется рассчитать показатель надежности системы – вектор вероятностей пребывания всей системы в каждом из выделенных состояний. Построение модели и расчеты произведены средствами программы вероятностно-алгебраического моделирования PALS [2].

Исходные вероятности для составных элементов системы (узлов) следующие: для начального узла (точки входа в систему) составляют (0.75, 0.2, 0.05); для узлов со второго по шестой включительно – (0.85, 0.1, 0.05); для седьмого узла – (0.8, 0.15, 0.05); для точки выхода – (0.9, 0.07, 0.03).

В результате расчетов вероятность нахождения всей системы в выделенных состояниях составляет (0.573, 0.325, 0.102).

Метод ВАЛМ основан на решении задачи декомпозиции системы и позволяет учитывать при анализе как состав (различные типы функциональных элементов) так и структуру исследуемой системы (порядок, направление связей). При задании законов (векторов) изменения вероятностей для составных элементов системы возможен расчет показателя надежности системы по прошествии заданного периода времени – динамическое моделирование.

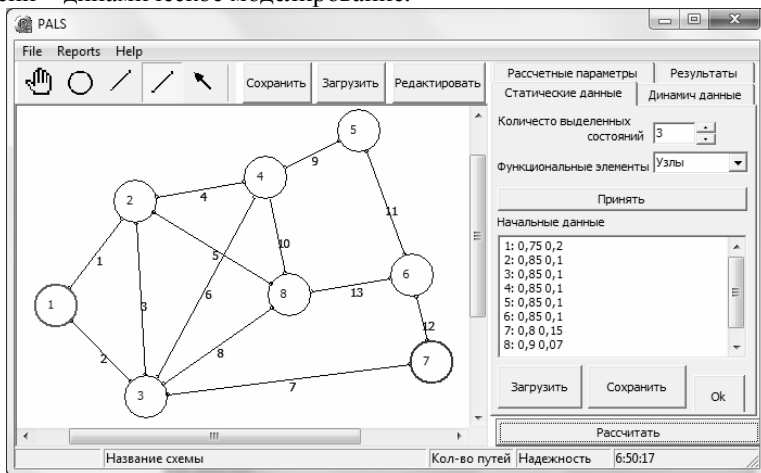


Рис. 1. Структурная схема надежности потоковой системы

## Литература

1. Сукач, Е.И. Вероятностно-алгебраическое моделирование сложных систем графовой структуры / Е.И. Сукач; М-во образования РБ, Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины. – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2012. – 224 с.
2. Система вероятностно-алгебраического моделирования: свидетельство о регистрации компьютерной программы № 450 / Е.И. Сукач, Д.В. Ратобильская. – Минск: НЦИС, 2012. Заявка № С20120049. – Дата подачи: 25.06.2012.

УДК 681.3.06

## 3D МОДЕЛИ В ЖИЗНЕННОМ ЦИКЛЕ ПРОДУКТА (ИЗДЕЛИЯ)

А.П. Сёмик

*Институт проблем математических машин и систем НАН Украины,  
Украина*

В настоящее время 3d модели все больше становятся самостоятельным виртуальным продуктом, наравне с отображаемым физическим

продуктом и используется практически на всех этапах жизненного цикла (ЖЦ) последнего.

Комплексная поддержка этапов ЖЦ осуществляется на основе концепции PLM (Product Life-cycle Management – управление жизненным циклом продукта) с помощью соответствующих программных систем.

Основными этапами ЖЦ продукта являются:

- маркетинг,
- проектирование,
- производство,
- реализация,
- эксплуатация,
- ремонт и обслуживание,
- утилизация.

На этапе маркетинга 3d модели используются, в основном, для демонстрации облика и возможностей продукта, зачастую в сопоставлении с другими подобными продуктами.

На этапе проектирования – для организации единой творческой среды для специалистов параллельно работающих над одним проектом, для расчета и моделирования характеристик и особенностей «поведения», как компонент, так и продукта в целом, а также для подготовки производства.

На этапе производства 3d модели являются основой для автоматических и автоматизированных систем производства компонент и сборки изделий.

На этапе реализации продукта компонентой поставки, особенно для сложных изделий, зачастую является Интерактивная электронная техническая документация, основанная на трехмерном представлении изделия. Кроме того, сопутствующими продуктами зачастую являются различного рода тренажеры, среди которых можно выделить тренажеры освоения и применения.

Используя коммуникационные средства и средства позиционирования на этапе эксплуатации появляется возможность построения интерактивного виртуального пространства для мониторинга реальных ситуаций и соответствующего управления.

Современное информационное обеспечение ремонта и обслуживания изделия также опирается на интерактивные 3d модели, совмещенными с эксплуатационными базами данных.

Производство 3d модели осуществляется естественным способом в процессе проектирования (концептуального и реального) продукта, либо в процессе его реконструкции с помощью технологий совмещенного лазерного сканирования и цифрового фотографирования.

В докладе детально раскрыты основные положения тезисов и проиллюстрированы соответствующими примерами.

**РЕКУРРЕНТНОЕ ОЦЕНИВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ  
МНОГОМЕРНЫХ ПО ВХОДУ И ВЫХОДУ РАЗНОГО ПОРЯДКА  
ЛИНЕЙНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ С  
АВТОКОРЕЛИРОВАННЫМИ ПОМЕХАМИ**

И.Л. Сандлер

*Самарский государственный университет путей сообщения, Россия*

В статье рассматривается рекуррентный алгоритм оценивания параметров многомерных по входу и выходу разного порядка линейных динамических систем при наличии локально автокоррелированных помех в входных и выходных сигналах. Рассмотрим многомерную динамическую систему с дискретным временем, которая описывается следующим разностным уравнением:

$$z_i^{(n)} - \sum_{m=1}^{\bar{r}_{nn}} b_0^{(mn)}(n) z_{i-m}^{(n)} = \sum_{\substack{l=1 \\ k \neq n}}^k \sum_{m=1}^{\bar{r}_{nl}} b_0^{(ml)}(n) z_{i-m}^{(l)} + \sum_{j=1}^d \sum_{m=0}^{\bar{r}_{nj}} a_0^{(mj)}(n) x_{i-m}^{(j)}, \quad (1)$$

$$y_i^{(l)} = z_i^{(l)} + \xi_1^{(l)}(i), \quad w_i^{(j)} = x_i^{(j)} + \xi_2^{(j)}(i),$$

где,  $n = \overline{1, k}$ ,  $y_i^{(l)}$ ,  $z_i^{(l)}$  – наблюдаемые и ненаблюдаемые выходные сигналы,  $l = \overline{1, k}$ ;  $k$  – число выходных переменных;  $b_0^{(ml)}(n)$ ,  $a_0^{(mj)}(n)$  – параметры линейного разностного уравнения;  $w_i^{(j)}$ ,  $x_i^{(j)}$  – наблюдаемые и ненаблюдаемые входные сигналы,  $j = \overline{1, d}$ ;  $d$  – число входных переменных;  $\xi_1^{(l)}(i)$  – помеха наблюдений в  $l$ -ом выходном сигнале;  $\xi_2^{(j)}(i)$  – помеха наблюдений в  $j$ -ом входном сигнале.

Обозначим

$$\Xi_{\bar{r}_{nk}, \bar{r}_{nd}} = \left( \xi_1^{(n)}(i); \Xi_{\bar{r}_{nm}}^T(i-1); \Xi_{\bar{r}_{n1}}^T(i-1); \dots; \Xi_{\bar{r}_{nk}}^T(i-1), \Xi_{\bar{r}_{n1}}^T; \dots; \Xi_{\bar{r}_{nd}}^T \right)^T \in R_{k \sum_{l=1}^{\bar{r}_{nl}} + \sum_{j=1}^d \bar{r}_{nj} + d + 1};$$

Пусть матрица

$$N^{-1} \sum_{i=1}^N \Xi_{\bar{r}_{nk}, \bar{r}_{nd}} \Xi_{\bar{r}_{nk}, \bar{r}_{nd}}^T \xrightarrow[N \rightarrow \infty]{n.н.} \left( \begin{array}{c|c} \left( \sigma_1^{(n)} \right)^2 & h_{\xi_{1,2}}^{(n)} \\ \hline \left( h_{\xi_{1,2}}^{(n)} \right)^T & H_{\xi_{1,2}}^{(n)} \end{array} \right),$$

где,  $h_{\xi_{1,2}}^{(n)} = \left| h_{\xi_1}^{(n)} \mid 0 \right|$ , причем  $h_{\xi_1}^{(n)} : 1 \times \bar{r}_{nl}$ ,  $0 : 1 \times \sum_{j=1}^d r_{nj} + \sum_{\substack{j=1 \\ l \neq n}}^k r_{nl} + d$ ;

$$H_{\xi_{1,2}}^{(n)} = \left( \begin{array}{c|c} \bar{H}_{\xi_1}^{(n)} & 0 \\ \hline 0^T & \bar{H}_{\xi_2}^{(n)} \end{array} \right),$$

где,  $\bar{H}_{\xi_1}^{(n)} = \left( \begin{array}{c|c|c|c} H_{\xi_1}^{(n)} & 0 & \dots & 0 \\ \hline 0 & H_{\xi_1}^{(1)} & \dots & \vdots \\ \hline \vdots & \dots & \ddots & \vdots \\ \hline 0 & \dots & \dots & H_{\xi_1}^{(k)} \end{array} \right)$ ,  $\bar{H}_{\xi_2}^{(n)} = \left( \begin{array}{c|c|c} H_{\xi_2}^{(1)} & \dots & 0 \\ \hline \vdots & \ddots & \vdots \\ \hline 0 & \dots & H_{\xi_2}^{(d)} \end{array} \right)$ ; причем

$$H_{\xi_1}^{(l)} = \left( \begin{array}{ccc} h_{\xi_1}^{(l)}(0) & \dots & h_{\xi_1}^{(l)}(r_l - 1) \\ \vdots & & \vdots \\ h_{\xi_1}^{(l)}(r_l - 1) & \dots & h_{\xi_1}^{(l)}(0) \end{array} \right), \quad H_{\xi_2}^{(j)} = \left( \begin{array}{ccc} h_{\xi_2}^{(j)}(0) & \dots & h_{\xi_2}^{(j)}(r_j) \\ \vdots & & \vdots \\ h_{\xi_2}^{(j)}(r_j) & \dots & h_{\xi_2}^{(j)}(0) \end{array} \right);$$

$$H_{\xi_1}^{(n)} : \sum_{l=1}^k \bar{r}_{nl} \times \sum_{l=1}^k \bar{r}_{nl}, \quad H_{\xi_2}^{(n)} : \sum_{j=1}^d (r_{nj} + d) \times \sum_{j=1}^d (r_{nj} + d), \quad 0 : \sum_{l=1}^k \bar{r}_{nl} \times \sum_{j=1}^d (r_{nj} + d) -$$

множество вещественных матриц определенного порядка.

Требуется определить оценки неизвестных коэффициентов динамического объекта, описанного уравнением (1) по наблюдаемым последовательностям  $\{y_i^{(l)}\}$ ,  $\{w_i^{(j)}\}$ .

Требуется рекуррентно определить оценки неизвестных коэффициентов динамической системы, описываемых уравнением (1) по наблюдаемым последовательностям  $\{y_i^{(l)}\}$ ,  $\{w_i^{(j)}\}$ .

В [1] показано, что оценки будут сильно состоятельные при следующем критерии:

$$\lim_{i \rightarrow \infty} E \left( y_i^{(n)} - \frac{b(n)}{a(n)} \right)^T \left( \frac{Y_{r_{nk}}(i-1)}{W_{r_{nd}}(i)} \right)^2$$

$$\min_{\substack{b(n) \\ a(n)} \in \bar{B}} \frac{\bar{H}_{\xi_1}^{(n)}(n)b(n)^T + a(n) \frac{\bar{H}_{\xi_2}^{(n)}(n)a(n)^T}{(\sigma_1^{(n)})^2} - 2 \frac{h_{\xi_1}^{(n)}(n)}{(\sigma_1^{(n)})^2} b(n)}{1 + b(n) \frac{\bar{H}_{\xi_1}^{(n)}(n)b(n)^T + a(n) \frac{\bar{H}_{\xi_2}^{(n)}(n)a(n)^T}{(\sigma_1^{(n)})^2} - 2 \frac{h_{\xi_1}^{(n)}(n)}{(\sigma_1^{(n)})^2} b(n)} \quad (2)$$

где,  $b(n) = \left( (b^{(n)}(n))^T \dots (b^{(k)}(n))^T \right)^T$ ,

$a(n) = \left( (a^{(1)}(n))^T \dots (a^{(d)}(n))^T \right)^T$ ,  $b^{(l)}(n) = (b^{(1l)}(n), \dots, b^{(\bar{r}_{nl}l)}(n))^T$ ,

$a^{(j)}(n) = (a^{(0j)}(n), \dots, a^{(r_{nj}j)}(n))^T$ ,  $Y_{\bar{r}_{nk}}(i-1) = (y_{\bar{r}_{nk}}^{(n)T}(i-1) \dots y_{\bar{r}_{nk}}^{(k)T}(i-1))^T$ ,

$W_{r_{nd}}(i) = (w_{r_{nd}}^{(1)T}(i) \dots w_{r_{nd}}^{(d)T}(i))^T$ ,  $y_{\bar{r}_{nl}}^{(l)}(i) = (y_{i-1}^{(l)}, \dots, y_{i-\bar{r}_{nl}}^{(l)})^T$ ,

$w_{r_{nj}}^{(j)}(i) = (w_i^{(j)}, \dots, w_{i-r_{nj}}^{(j)})^T$ ,

Тогда оценки неизвестного вектора параметров  $\begin{pmatrix} \hat{b}_i(n) \\ \hat{a}_i(n) \end{pmatrix}$  можно получить с помощью стохастически градиентного алгоритма:

$$\begin{pmatrix} \hat{b}_{i+1}(n) \\ \hat{a}_{i+1}(n) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \hat{b}_i(n) \\ \hat{a}_i(n) \end{pmatrix} - \alpha_i \nabla_{\begin{pmatrix} b(n) \\ a(n) \end{pmatrix}} \left[ \frac{\left( \left| y_{i+1}^{(n)} - \frac{\hat{b}_i(n)}{\hat{a}_i(n)} \right| \frac{|Y_{\bar{r}_{nk}}(i+1)|}{|W_{r_{nd}}(i+1)|} \right)^2}{\omega(\hat{b}_i(n), \hat{a}_i(n))} \right], \quad (3)$$

где,

$$\omega(\hat{b}_i(n), \hat{a}_i(n)) = 1 + b(n) \frac{\bar{H}_{\xi_1}^{(n)}}{(\sigma_1^{(n)})^2} (n) b(n)^T + a(n) \frac{\bar{H}_{\xi_2}^{(n)}}{(\sigma_1^{(n)})^2} (n) a(n)^T - 2 \frac{h_{\xi_1}^{(n)}}{(\sigma_1^{(n)})^2} b^{(n)}(n)$$

$\alpha_i$  – последовательность, для которой выполняется условия:

$$7^0. \sum_{i=0}^{\infty} \alpha_i = \infty, \alpha_i \geq \alpha_{i+1}, \text{ и } \sum_{i=0}^{\infty} \alpha_i^t < \infty \text{ при } t > 1$$

$$8^0. \sum_{i=1}^{\infty} \alpha_i \xi_1^{(l)}(i) < \infty, \sum_{i=1}^{\infty} \alpha_i \xi_2^{(j)}(i) < \infty, \text{ , п.н.}$$

Оценки, определяемые алгоритмом (3) при выполнении предположений  $1^0 - 8^0$ , для линейной динамической системы разного порядка



описанная уравнением (1), либо  $\left| \frac{\hat{b}_i(n)}{\hat{a}_i(n)} \right| \xrightarrow{i \rightarrow \infty} \left| \frac{b_0(n)}{a_0(n)} \right|$  п.н, либо

$$\left| \frac{\hat{b}_i(n)}{\hat{a}_i(n)} \right| \xrightarrow{i \rightarrow \infty} \infty.$$

## Литература

1. Кацоба О.А. Козлов Е.В. Оценка параметров многосвязной линейной динамической системы разного порядка при наличии автокоррелированных помех во входных и выходных сигналах. // Системы управления и информационные технологии, №3.1(45), Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет» 2011. – С. 151-154.
2. Дерезицкий Д.П., Фрадков А.Л. Прикладная теория дискретных адаптивных систем управления. – М.: Наука, 1991. -215 с.
3. Гантмахер Ф.Р. Теория матриц. – М.: Наука, 1966. – 575 с.
4. Невельсон М.Б., Хасьминский Р.З. Стохастическая аппроксимация и рекуррентное оценивание. – М.: Наука, 1972. – 304 с.
5. Chen H.F. Stochastic Approximation and Its Applications. Dordrecht: Kluwer, 2002. 357pp.
6. Chen H.F. A Unified Approach to Recursive System Identification/ In: Procc. 17<sup>th</sup> IFAC Symposium on System Identification, Sait-Malo, France / World Congress, 17(Part 1), 2009. pp.420-425.

УДК 004.934.5

## ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОТКАЗА В СЕТЯХ SDN СО СЛОЖНОЙ ТОПОЛОГИЕЙ

А.С. Сидоренко, В.В. Золотухин

*Сибирский федеральный университет, Россия*

Хотя сети SDN довольно давно вошли в современный мир инфокоммуникаций, свою актуальность они еще не потеряли. Основной проблемой для данных сетей является переход к современным технологиям, а именно адаптация SDN к передаче трафика Ethernet. Производители современного оборудования вполне справляются с этой проблемой, но возникает другая проблема, а именно – повышение надежности и оптимальной загрузки кольцевых сетей. И хотя изначально технология SDN создавалась как одна из самых отказоустойчивых технологий сетей связи (КПД данной технологии не превышает 50%), но, тем не менее, по мере развития топологии сети SDN возможно возникновение «узких мест», являющихся источником проблем бесперебойного функционирования сети. Для повышения надежности необходимо провести сбор статистики и проанализировать места возникнове-

ния аварий. Одними из самых распространенных причин отказа сети являются: порыв оптического кабеля, поломка оптического модуля, некорректная работа программного обеспечения [1].

Высокая надёжность технологии SDH достигается за счёт многоуровневого резервирования. Так, на уровне мультиплексорной секции используется обычное резервирование по принципу 1:1 (дублирование оптических волокон) – Multiplex Section Protection (MSP), позволяющее избежать простоев в случае отказа одного из линейных интерфейсов мультиплексоров SDH. Добиться высокой надежности на данном уровне можно при помощи своевременной профилактики и проведения необходимых эталонных замеров. На уровне сети используются такие схемы резервирования маршрутов сети, как SNCP (Sub-Network Connection Protection) и MS-SPRing (Multiplex Section-Shared Protection Ring), позволяющие при отказе основного маршрута передачи контейнеров перенаправить их по резервному (обходному) маршруту. Для оптимальной работы и уменьшения отказа из-за порыва кабеля широко используется кольцевая топология. Она необходима там, где порыв кабеля возникает чаще всего. Это зависит от многих факторов, а именно: качество прокладки кабеля, от качества сварки оптических волокон, близость крупных населенных пунктов и автомагистралей, прокладка кабеля на пути следования сточных вод во время половодья [2].

Для анализа надежности текущей конфигурации сети возможно использование имитационного моделирования. С его помощью можно получить текущие показатели надежности и увидеть места, где необходимо их повысить.

При проведении исследования был использован пакет программного обеспечения AnyLogic. Для того, чтобы проанализировать модель, необходимо разбить сеть на независимые участки и определить вероятности их отказа. Далее были определены основные состояния всех участков сети SDH, а также все реализуемые обратные связи и возможности перехода из одного состояния в другое (рис. 1).

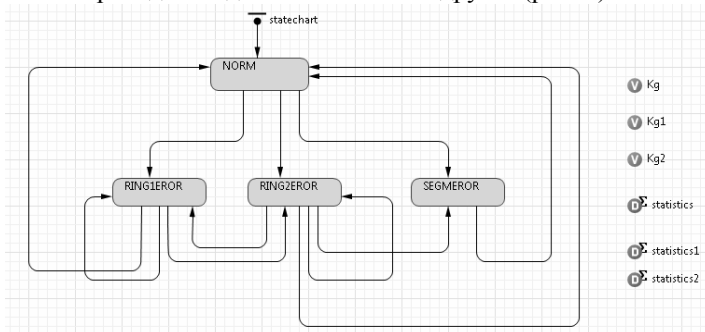


Рис. 1. Модель сети, созданная в программном продукте AnyLogic

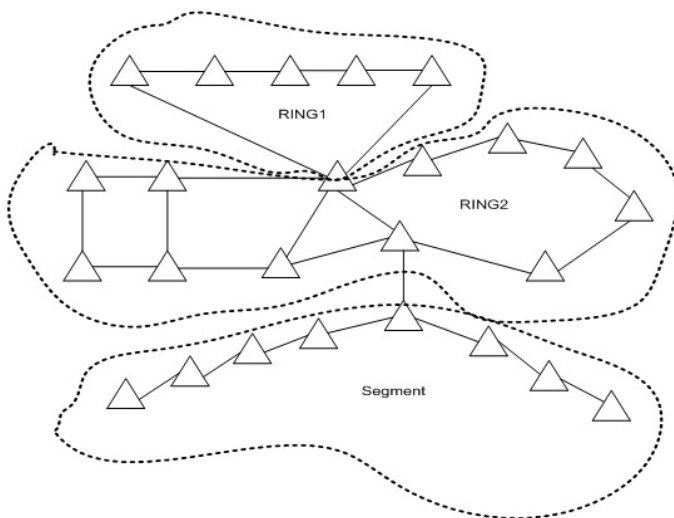


Рис. 1. Модель сети SDH

Ниже приведены все состояния сети, которые представлены в модели: NORM – сеть работает аварий нет, состояние готовности равняется 1, RING1EROR – в кольце один есть авария, но сеть работает; состояние готовности равно 1, готовность кольца 1 равна 0, RING2EROR – в кольце два есть авария, но сеть работает состояние готовности равно 1, готовность кольца 2 равно 0, SEGMEROR – сеть не функционирует должным образом состояние готовности сети равно 0. Существуют переходы из состояния в состояние, которые определяют наличие аварий одновременно на первом и втором кольце; также учтено возникновение двойной аварии на кольце. Вероятность наступления события зависит от конфигурации сети и от количества прогнозируемых мест аварий.

В результате была получена статистика о состоянии готовности первого и второго кольца и всей сети в целом. Исходя из результата, можно сделать вывод, что кольцо номер два самое надёжное, а общую картину надёжности портит сегмент, у которого отсутствуют пути обхода трафика.

### Литература

1. Комарницкий Э.И. Надёжность работы волоконно - оптических сетей связи и оперативное устранение аварий [Текст]: LIGHTWAVE Russian Edition №4 2005 с. 37-43.
2. Заркевич Е.А., Скляров О.К., Устинов С.А. Элементарная основа магистральных волоконно-оптических систем передачи со спектральным разделением каналов [Текст]: LIGHTWAVE russian edition №1 2003 с. 20-21.

## О ПРОБЛЕМАХ МОДЕЛИРОВАНИЯ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ

А.А. Ткачук

*Национальный технический университет Украины “Киевский политехнический институт”, Украина*

Цель исследования — выбор и обоснование способа моделирования социальных сетей как сложных систем. Необходимость в таком исследовании появилась в рамках более обширной работы по изучению методов принятия решений при управлении распространением информации в социальных структурах. В настоящее время для моделирования социальных сетей используются следующие методы моделирования [1, 2]:

Дискретно-событийные модели — при их использовании состояния системы представляются в виде набора фиксированных значений. Изменение текущего значения происходит мгновенно, в зависимости от выполнения поставленных условий. Для описания социальных сетей применяются редко, в основном для относительно четко определенных процессов в сети. Чаще используют гибридный подход: элементы агентной системы и их работа описываются дискретно-событийными средствами. Главный недостаток — в основной идее: составить набор дискретных состояний модели часто невозможно для настолько децентрализованных систем.

В моделях системной динамики фокус — на поведении системы как таковом, ее свойствах и основной внутренней структуре. Система рассматривается как единое целое, отдельные элементы важны только в ключе выполняемых ими функций. Описание сводится к выявлению закономерностей в процессах системы. Методы системной динамики позволяют моделировать поведение системы во времени и обнаруживать причинно-следственные связи между различными ее компонентами и процессами. Вместе с тем, они плохо приспособлены для рассмотрения работы системы с позиции функционирования ее элемента, хотя такие попытки есть. Кроме того, затруднено выделение конкретных элементов для последующего их изучения: даже представив элемент как единицу в общей структуре, сложно описать признаки, незначимые с точки зрения работы всей системы.

Агентно-ориентированное моделирование подразумевает рассмотрение моделируемой системы как совокупности элементов с некой степенью автономности и набором значений учитываемых параметров, действия которых и формируют общее состояние системы. При наличии достаточного объема вычислительных ресурсов, агентно-ориентированные модели хорошо подходят для описания децентрализованных систем, состояния и работу которых сложно разделить на

конкретные этапы, либо смоделировать их общую динамику из-за множества факторов влияния. Для данного исследования крайне важен сам факт рассмотрения каждого участника сети как самостоятельного объекта: это позволяет задавать индивидуальные наборы параметров, необходимые для моделирования распространения информации, и ясно представить его отношение к другим элементам.

Особенности подходов к моделированию социальных систем высказаны с учетом применения к построенной модели методов теории игр [3, 4] для принятия решений об управлении распространением информации в сети на основании данных моделирования социальных взаимодействий между ее участниками. Аппарата теории игр выбран из-за основных свойства социальных сетей. Анализ процессов таких систем другими средствами теории принятия решений требует абстрагирования природы процессов от взаимодействия двух автономных единиц. В социальных сетях же любое взаимодействие элементов можно представить как конфликт участников, действующих согласно выбранным стратегиям поведения. Они возникают при взаимодействии, когда поведенческие векторы участников не совпадают и/или значения их индивидуальных наборов параметров соотносимы между собой. Ситуации без фактического конфликта — простейшие случаи игрового взаимодействия.

Таким образом, аппарат теории игр выбран как наиболее подходящий для изучения стратегий действий участников социальных взаимодействий с целью достижения желаемого результата (например, распространение мнения лидера в рамках имеющейся социальной сети через изменение мнений отдельных ее участников). Использование теоретико-игровых методов для описания поведения требует возможности в любой момент выделить из общей структуры элемент для анализа его влияния на социальную группу. Т.е. каждый индивидуум системы должен обладать всеми параметрами, необходимыми для расчетов его линий социального поведения.

Возможность моделирования дискретно-событийным подходом исключена из рассмотрения на ранних стадиях исследования из-за указанных особенностей социальных сетей. Выбор методов проводился в областях системной динамики и агентно-ориентированного моделирования. Выделить группы методов агентно-ориентированного подхода довольно сложно, принципы составления наборов параметров агентов и правил их взаимодействия зависят от конкретной моделируемой системы и рассматриваемых процессов [5, 6]. Что касается системно-динамического подхода, сейчас для моделирования социальных сетей применяются методы [7, 8, 9]:

1. Эволюционные модели. По сути, являются проверкой на соответствие предлагаемых закономерностей динамики систем реальным

процессам социальных сетей. Подразделяются на модели с постоянным числом узлов и модели роста сети. Первый тип направлен на получение устойчивых статистических данных об изменении отношений между узлами в сети, второй — о развитии структуры сети при добавлении новых узлов. Динамика модели задается различными вероятностными распределениями. Такое моделирование “сверху вниз” отлично подходит для изучения основных свойств социальных структур как сложных сетей (транзитивности, ассортативности и т.д.), но процессы уровня “узел-узел” учитываются только в виде вероятностных отклонений.

2. Параметрические узловые модели. Любые вероятностные распределения и закономерности работы отталкиваются от значений определенных узлов. В своем роде, попытка представить системно-динамическую природу модели с позиции узловых свойств. Большинство существующих моделей основываются на сделанных ранее предположениях о динамике функционирования сетей (например, гомофилии). Хотя такой подход может использоваться для изучения некоторых вопросов, связанных с позиционированием узлов на карте сети, добавление нетрадиционных параметров для узлов потребует серьезной доработки существующего аппарата, тщательное изучение распределений с учетом новых параметров. Кроме того, во многих исследованиях параметрические узловые модели давали серьезные отклонения некоторых значений от эмпирических данных.

Как уже было сказано, условиям для применения теоретико-игровых методов удовлетворяют как некоторые модели системной динамики, так и мультиагентные модели. Но при использовании системно-динамического подхода затрудняется описание поведения индивидуума, распределение значений параметров на множестве элементов: в таком случае его надо проводить либо параллельно формированию структурной карты сети, либо на уже готовой структуре. К тому же, многие методы системной динамики не учитывают важнейшую особенность социальных структур — типы связей и внутрисистемные процессы, зависящие от них [10, 11].

Наконец, при моделировании критично важно соответствие структур модели и моделируемой системы. Этот и предыдущие доводы говорят в пользу выбранного мультиагентного направления. Оно позволит упростить организацию механизмов обработки взаимодействий с учетом различных типов связей между участниками сети, и приблизит модель работы сети к реальным аналогам. Рассмотрение агентов как отправной и конечной точек для описания любых взаимодействий уменьшит число ошибок в логических суждениях о формализации процессов.

В качестве основы для составления наборов параметров абстрактного агента взяты данные социологических исследований [12, 13]. В общем описательном виде они состоят из: наборов связей (всех типов), наборов интересов (выборка условных параметров из общего перечня), параметра репутации (воздействия), параметра восприятия, набора мнений (отношение параметра "положительно-отрицательно" к указанным темам) набора целей/мотиваций, набора стратегий поведения. Распространяемые в сети мнения, помимо тематики и значения параметра "положительно-отрицательно", должны содержать информацию об узле-источнике и посредниках. Связи между агентами в модели предлагается делить на сильные, слабые, временные и неактивные.

Основная проблема в составлении набора характеристик агента — недостаточная ясность механизмов формирования мнений. Не ясен приоритет факторов, влияющих на формирование мнения (тип связи при передаче сообщения, наличие или отсутствие уже устоявшегося мнения с той же тематикой и т.д.) [14]. Это несколько затрудняет дальнейшие описания наборов стратегий поведения. Но главное, отсутствие полной информации в этой области мешает описанию механизмов добавления и изменения мнений агентов — ключевых составляющих работы системы с учетом задачи управления распространением мнений (другими словами, прогнозирование влияния входных данных и способа распространения как раз таки на изменения мнений агента).

## Литература

1. Кельтон В., Лоу А. Имитационное моделирование. Классика CS. 3-е изд. — СПб.: Питер; Киев: Издательская группа BHV, 2004. — 847с.: ил.
2. Давыденко В.А., Ромашкина Г.Ф., Чуканов С.Н. Моделирование социальных сетей // Вестник Тюменского государственного университета. № 1, 2005. С. 68-79.
3. Vincent Buskens . Social Networks and Trust — Ch. 2 Social Network Analysis and Game Theory — Theory and Decision Library. Series C: Game Theory, Mathematical Programming and Operations Research, Volume 30, ISBN: 1-4020-7010-1(print) / 0-306-47645-2(ebook), Kluwer Academic Publishers, 2002, pp.31-42.
4. Губанов Д.А., Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Социальные сети: модели информационного влияния, управления и противоборства / Под ред. чл.-корр. РАН Д.А. Новикова. — М.: Издательство физико-математической литературы, 2010. — 228 с. ISBN 9785-94052-194-5.
5. L. Hamill & N.I Gilbert. Simulating Large Social Networks In Agent-Based Models E:CO Issue Vol. 12 No. 4 2010.
6. H.M. Singer, I. Singer, and H.J. Herrmann. An agent based model for friendship in social networks Computational Physics, IfB, Eidgenössische Technische Hochschule, CH-8093 Zürich, Switzerland
7. Rita Toivonen & Co. A comparative study of social network models, Social Networks 31 (2009), pp. 240-254.

8. Watts, D.J.; Strogatz, S.H. (1998). "Collective dynamics of 'small-world' networks.". *Nature* 393 (6684): 409–10. Bibcode:1998Natur.393..440W. doi:10.1038/30918. PMID 9623998
9. R. Albert; A.-L. Barabási (2002). "Statistical mechanics of complex networks". *Reviews of Modern Physics* 74: 47–97. arXiv:cond-mat/0106096. Bibcode:2002RvMP...74...47A. doi:10.1103/RevModPhys.74.47
10. Mark S. Granovetter. The Strength of Weak Ties, *American Journal of Sociology*, Vol. 78, Issue 6, 1973, pp. 1360-1380
11. Nicholas Christakis. How social networks predict epidemics // [http://www.ted.com/talks/nicholas\\_christakis\\_how\\_social\\_networks\\_predict\\_epidemics.html](http://www.ted.com/talks/nicholas_christakis_how_social_networks_predict_epidemics.html)
12. Paul Adams. "Real Life Social Network v2" // <http://www.slideshare.net/padday/the-real-life-social-network-v2>
13. Haselton, M. G., Nettle, D., & Andrews, P. W. (2005). The evolution of cognitive bias. In D. M. Buss (Ed.), *The Handbook of Evolutionary Psychology*: Hoboken, NJ, US: John Wiley & Sons Inc. pp. 724–746
14. Heider, F. (1958). *The Psychology of Interpersonal Relations*, ISBN 9780471368335.

УДК 004.94(075.8)

## **ЩОДО МОДЕЛЮВАННЯ СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖ**

В.М. Томашевський

*Національний технічний університет України «КПІ», Україна*

Поширення соціальних мереж Facebook, You Tube, ВКонтакте та інших створило нові можливості для спілкування людей в усьому світі за допомогою Інтернет. Соціальна мережа – це неформальне співтовариство для спілкування, обміну думками та отримання інформації. В ній виникають угруповання за певними інтересами (наприклад, сумісної діяльності), які інтенсивно обмінюються думками, відео- та фото файлами, започатковують блоги та розповсюджують різну інформацію. Поява таких можливостей починає впливати на суспільство як в позитивному сенсі, так і в негативному. Тому виникають запитання, чи можна управляти процесами в соціальних мережах? Як створюються гурти? Як розповсюджуються думки? Відповіді на ці запитання повинне дати моделювання. Тому цілями моделювання може бути.

- вивчення розповсюдження інформаційних впливів у мережі;
- дослідження процесів створення інформаційних коаліцій;
- визначення коаліцій (соціальних груп), які можуть утворювати максимальний дестабілізуючий ефект;
- аналіз ризиків утворення дестабілізуючих угруповань;
- визначення характеру найбільш ефективних інформаційних впливів (інформаційного управління) на дестабілізуючі коаліції для переведення їх у інший стан.



Характерною особливістю модельованої системи є те, що в соціальних мережах відсутнє централізоване управління; автономне та самостійна поведінка акторів; відкритість системи – можливість підєднання практично безмежної кількості нових акторів; нелінійність впливів між акторами; присутність групової динаміки в поведінці акторів. Таким чином структура модельованої системи представляє ймовірносну мережу або граф не обмеженого розміру [1], вершинами якого є актори – діючі особистості (агенти), а зв'язки задають відношення між агентами (наприклад, знайомства, дружба, обмін інформацією, створення співтовариства та ін.), які змінюються у часі.

Для вивчення ефекту утворення груп (кластеризації) необхідно визначити яким чином відбувається локалізація груп за інтересами або за близькими думками та враховувати фактори соціальної кореляції, яка є загальною для локальних груп агентів. Поведінка агентів може розглядатися як пасивна, активна, цілеспрямована, дестабілізуюча, провокуюча та ін. Крім того необхідно враховувати можливий вплив на думки, зміна думок у локальних групах агентів.

Загальними підходами до моделювання може бути математичне та імітаційне моделювання [2]. Що стосується математичного моделювання, то можуть застосовуватися графові моделі для обчислення топологічних характеристик зв'язності, для опису та передбачення процесів соціалізації, опису транзакцій. Моделі кластеризації корисні для моделювання утворення соціальних груп. Клітинні автомати та групову динаміку доцільно застосовувати для вивчення самоорганізації мережі, яка може відбуватися як самостійно – за наявності належного розміру популяції, її різноманітності та соціабельності учасників, так і керовано – при застосуванні інформаційних впливів, проведенні рекламних акцій, конкурсів і інших засобів. Перспективним напрямком моделювання є теорія ігор [3] для визначення та опису сільових стратегій інформаційних впливів. Стохастичні моделі можуть використовуватися для вивчення поведінки агентів у мережі. Для вивчення розповсюдження інформації в мережі корисними можуть бути нейронні мережі Петрі.

Імітаційне моделювання дозволяє найбільш детально моделювати соціальні мережі, але потребує велику кількість статистичної інформації. Перспективним є агентне моделювання (моделювання поведінки окремих агентів і груп агентів), що відтворює моделі штучного життя. Для моделювання утворення локальних груп і популяцій доцільно використовувати системну динаміку.

Очікуваними результатами моделювання можуть бути:

- упереджений прогноз зі створення дестабілізуючих коаліцій;
- аналіз і вибір стратегій інформаційних впливів;

- моделювання та аналіз різних сценаріїв поведінки локальних угруповань;
- визначення стратегій, що призводять до деградації дестабілізуючих коаліцій.

Таким чином, моделювання соціальних мереж – це складне завдання, виконання якого потребує зусиль багатьох кваліфікованих фахівців, серед яких повинні бути: керівник проекту; фахівці з системного аналізу; аналітики з математичного та імітаційного моделювання; програмісти; соціологи; фахівці з психології поведінки особистості; експерти по проблемі.

### **Література**

1. “An Overview of Social Networks and Economic Applications”, in the The Handbook of Social Economics, edited by J. Benhabib, A. Bisin, and M.O. Jackson, Elsevier 2010.
2. Губанів Д.А., Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Социальные сети: модели информационного влияния, управления и противоборства. / М.: Издательство физико-математической литературы, 2010, – 228 с.
3. Christian Borgs, Jennifer Chayes, Jian Ding, Brendan Lucier, The Hitchhiker's Guide to A-liation Networks: A Game-Theoretic approach, 2010.

УДК 681.5.015

## **КОНТРОЛЬ ПРАВИЛЬНОСТІ ВИКОНАННЯ ГРАФІЧНИХ ЗАВДАНЬ**

<sup>1</sup>В. В. Литвинов, <sup>1</sup>І. В. Хоменко, <sup>2</sup>В.В. Бегун

<sup>1</sup>*Інститут проблем математичних машин і систем НАН України, Україна*

<sup>2</sup>*Національний технічний університет КПІ, Україна*

Дії студентів під час навчання потребують постійної оцінки та контролю. Оцінка результативності діяльності студентів – важлива складова навчального процесу. Система контролю – це своєчасний облік відхилень від загально визначених алгоритмів виконання завдань, коригування процесу виконання завдань, виконання рекомендацій із усунення виявлених у роботі недоліків, виправлення помилок. Проведення контролю важливе на будь-якому етапі навчального процесу. Контроль є обов'язковою функцією викладача у навчальному процесі. Він забезпечує впевненість у тому, що всі прийняті викладачем рішення виконуються відповідно до розробленої програми. При виникненні відхилень необхідно виявити причини й обставини, та забезпечити результативність навчального процесу.

Особливої уваги заслуговують дисципліни, в яких використовується інженерна графіка. Створення графічних завдань уже було розглянуто авторами [1]. Але після введення генеруючої системи для створення бази графічних завдань на прикладі курсу «Комп'ютерна графі-

ка» обсяг роботи викладача не зменшився, а, навпаки, збільшився за рахунок великої кількості завдань, які потребують відповідного контролю правильності виконання. Тому питання створення інструментарію, який забезпечив би автоматизований контроль правильності виконання графічних завдань, є досить актуальним.

Інтелектуальні системи та технології досить інтенсивно впроваджуються у процеси управління виробничими та організаційними структурами. Розвиваються процеси комп'ютеризації навчання у вищих та середній навчальних закладах. Процес створення та контролю правильності виконання завдань із дисциплін, насичених інженерною комп'ютерною графікою досить трудомісткий, потребує високої кваліфікації розробника та досі слабо автоматизований.

Розрізняють три типи процесу контролю: попередній, поточний і заключний. Вони взаємно пов'язані та в сукупності визначають зміст процесу контролю на всіх етапах його реалізації. *Попередній контроль* своєчасно, ще до початку виконання завдання, повинен підтвердити правильність та визначеність завдання і заздалегідь вказати на можливі помилки. Цей тип контролю має забезпечити правильність, прогресивність та реальність виконання поставленої мети, уникнути виконання завдань, які на практиці не дають бажаного результату. При аналізі і оцінці виконання графічних завдань не достатньо констатувати лише різницю між зразком та результатом роботи студента. Часто необхідно коригувати дії студента під час виконання завдання. В цьому випадку виконується поточний контроль. *Поточний контроль* – це процес поетапного розгляду виконання завдання. За результатами цього контролю є можливість оперативно втрутитись та скоригувати дії студента для досягнення правильного результату. Якщо є відхилення, необхідно візуально показати студентові зроблені помилки. Оперативний поточний контроль надає можливість знизити витрати часу як студента так і викладача. *Заключний контроль* дає можливість не лише оцінити реальність виконання завдання, але й через систему оціночних нормативів скоригувати завдання в майбутньому. Формулювання бажаних результатів, можливо, найістотніший елемент заключного контролю.

Авторами запропонована мова створення моделей, яка призначена для представлення та оброблення геометричних моделей у символічному вигляді. Її об'єктами є певні послідовності знаків, які представляють собою модель певної деталі. Кожний вираз відповідає дереву побудови моделі. Співставлення із зразком запропоновано виконувати на деревах моделей. При цьому вільними змінними можуть бути лише правильні арифметичні вирази, які являють собою піддерева початкового дерева. Власними знаками мови є знаки: =, s, e, (.). Мінімальна семантична одиниця – символ, який означає термінальну вершину дерева.

Значенням  $s$ -змінної може бути лише термінальний елемент дерева. Значенням  $e$ -змінної може бути будь-яке геометрично коректне дерево (не пусте).  $s, e$  – ознака типу змінної, після неї повинен бути індекс змінної, який записується у квадратних дужках ( $e[1], s[a]$ ).

Із геометричних елементів та операцій будуються більш складні об'єкти – вирази моделі. Вирази являють собою рядки, які відповідають певним деревам моделі, містять тіла, операції (унарні та бінарні), а також змінні мови  $s, e$ . Вирази, які не мають дужок, називаються типовими, а які не мають змінних та дужок – об'єктними.

У розробленій мові об'єкт та зразок – математичні вирази, представлені у символічному вигляді, оброблюються як дерева. Проекціювання на зразок виразів виконується також на деревах виразів. Порядок проєкціювання в даному випадку є нелінійним і аналогічний до порядку обходу вершин при пошуку в глибину (рис. 1).



Рис. 1. Порядок обходу вершин

Слід враховувати, що в розробленій мові один і той же рядок може бути представлений різними деревами за рахунок відсутності дужок та різного трактування деяких операцій (лівоасоціативної та правоасоціативної). Наприклад, формула  $a + b + c$  може бути записана як  $a + (b + c)$  або  $(a + b) + c$ , відповідно до дерев на рисунку 2.

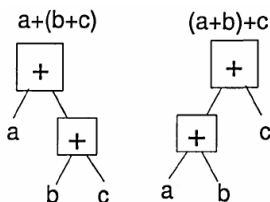


Рис. 2 – Різні дерева для формули  $a + b + c$

Ураховуючи можливість перебору у реалізованій мові, складність алгоритму співставлення залежить не від довжини об'єктного рядка, а визначається кількістю можливих розстановок дужок в об'єктному виразі (або кількості перебудов об'єктного дерева за асоціативним законом).

Розглянемо приклад ототожнення об'єкту  $E = a \cup b \cup c$  та зразка  $L = e[1] \cup e[2] = e[1]$ . При співставленні із зразком  $e.1 \cup e.2 = e.1$  у випадку синтаксичного ототожнення на рядках кількість вільних змінних

дорівнює 1, при об'єктному виразі  $a \cup b \cup c = a \cup b$  довжина рядка  $l=9$ , успішне ототожнення  $E:L$  досягається на четвертому варіанті. Для конкретного прикладу успішне ототожнення  $E:L$  у розробленій мові досягається на другому варіанті при представленні виразу  $a \cup b \cup c = a \cup b$  деревом  $(a \cup b) \cup c = a \cup b$  на рисунку 3. У варіанті I:  $L = a \cup (b \cup c) = a \cup b$  та змінна  $e1$  приймає різне значення:  $a$  та  $a \cup b$ , що суперечить умові успішної підстановки.

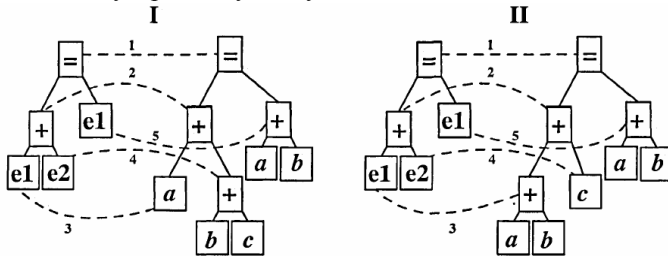


Рис. 3. Ототожнення на деревах за дві перебудови

Визначимо основні характеристики мови: 1) об'єктні вирази – правильні вирази геометричних моделей; 2)  $e$  та  $s$ -змінні являють собою правильні вирази геометричних моделей, таким чином операції та геометричні елементи розділені за смисловим навантаженням.

Також у розробленій мові є істотна перевага – можливість перевизначити рівність у просторі дерев, тоді  $e$ -змінна може приймати значення в рамках одного ототожнення, що скоротить кількість правил виведення та прискорить власне виведення.

Запропонована мова має переваги при роботі із геометричними моделями та будь-якими об'єктами, представленими у вигляді дерев. Дозволяє ефективно представляти декларативні та предметні знання – моделі. База знань є аналогом програми на розробленій мові та може застосовуватись для розв'язання наступних задач:

- співставлення моделей при контролі завдань. У даному випадку використовується операція співставлення для ототожнення моделі-зразка та відповіді студента, що дозволяє класифікувати помилки та вести інтелектуальний діалог із студентом;

- перетворення моделей. При перетворення моделей використовується як операція співставлення так і правила перетворення моделей.

Із використанням вище зазначених викладок було розроблено базу знань із інженерних дисциплін, яка дозволяє не лише генерувати довільну кількість графічних завдань, але й здійснювати поточний та кінцевий контроль правильності їх виконання.

Авторами представлено інструментарій методиста для контролю правильності виконання завдань, насичених графічною інформацією.

Отримані результати успішно використовуються для забезпечення індивідуальних занять із таких дисциплін як «Нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка», «Ріжучий інструмент», «Теорія машин і механізмів».

### **Література**

1. Литвинов В. В. Синтез графічних завдань за допомогою параметричних моделей. / Віталій Васильович Литвинов, Інна Володимирівна Хоменко// Математическое и имитационное моделирование систем. МОДС'2012: матеріали міжнародної наук.-практ. конф. – Чернігів – Жукин, 2012.

УДК 004.7

## **ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕРПРЕТУЮЧОЇ МОВИ РНР ПРИ СТВОРЕННІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ПЕРЕПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ**

Р.О.Почтаренко, В.П.Шевченко

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Україна*

Використання Інтернету в Європі і, зокрема, в Україні для інформаційних і комунікаційних потреб студентами і викладачами постійно зростає. І, безумовно, стає невід'ємною частиною навчального процесу. Дослідження свідчать, що більшість навчальних матеріалів студенти отримують саме через Інтернет. Використання інтерактивних освітніх технологій за останні кілька років збільшилося удвічі, в той час, як обсяг традиційних матеріалів на університетських сайтах практично не змінився.

Мережеві сервіси в університетських кампусах все більше та більше пропонують онлайнвий доступ до бібліотек, складання іспитів, проведення оцінювань виконання різних видів завдань. Більше того, реалізація подібних проектів вказала на необхідність перебудови організаційної структури навчальних закладів: розташування бібліотек, серверних вузлів, медійних сервісів. Електронні форми навчання особливо актуальні для специфічних категорій: інвалідів, ув'язнених, тих, хто працює.

Характерною рисою сучасності є також швидка зміна знань. В окремих проривних галузях інформація подвоюється кожні 3-5 років. Це призводить до необхідності продовжувати освіту і після здобуття диплому з базової спеціальності. Система постійного оновлення знань, поповнення інформації, вдосконалення вмінь та навичок одержала назву «освіта впродовж всього життя». Створений ще у 1949 році Інститут післядипломної освіти Київського національного університету імені Тараса Шевченка є сьогодні ключовою ланкою в системі неперервного навчання. Понад 1500 фахівців здобувають тут другу вищу освіту за ОКР «спеціаліст» з 11 спеціальностей.

Висока якість навчального процесу в Інституті забезпечується професійністю науково-педагогічних працівників, застосуванням сучасних форм і методів навчання, зокрема електронних. Як відомо, основою будь-якої завершеної системи електронного навчання є електронна бібліотека (Е-бібліотека), яка зберігає у своїй базі даних не лише підручники та посібники, а й тестові завдання, вправи, списки посилань в Інтернеті.

Наявність розвинутої Е-бібліотеки при перепідготовці фахівців особливо важлива як з матеріально-технічних, так і соціально-методичних причин. Саме тому центральним завданням при створенні системи електронного навчання в Інституті є забезпечення наявності всієї основної методичної літератури в електронній формі.

Головним інструментальним засобом створення і супроводження Е-бібліотеки була обрана скриптова мова програмування PHP. Ця мова програмування з відкритими програмними кодами була створена для генерації HTML-сторінок на стороні WEB-серверу і є однією з найпоширеніших мов, що використовуються у сфері WEB-розробок (разом із Java, .NET, Perl, Python, Ruby). PHP підтримується переважною більшістю хостинг-провайдерів.

PHP інтерпретується веб-сервером як HTML-код, що передається на сторону клієнта. На відміну від таких скриптових мов програмування, як JavaScript, користувач не має доступу до PHP-коду, що є перевагою з точки зору безпеки, але значно погіршує інтерактивність сторінок. Проте ніщо не забороняє використовувати PHP для генерування і JavaScript-кодів, які виконуються вже на стороні клієнта.

Велика різноманітність функцій PHP дає можливість уникнути написання призначених для користувача багаторядкових функцій на C або Pascal. В PHP вбудовані бібліотеки для роботи з MySQL, PostgreSQL, mSQL, Oracle, dbm, Hyperware, Informix, InterBase, Sybase. Через стандарт відкритого інтерфейсу зв'язку з базами даних (ODBC), PHP може підключатися до всіх баз даних, для яких існує драйвер.

Ефективність є виключно важливим чинником при програмуванні середовищ, розрахованих на багато користувачів, до яких належить і WEB. Ефективність PHP забезпечується тим, що ця мова належить до інтерпретуючих і дозволяє обробляти сценарії з достатньо високою швидкістю.

Е-бібліотека Інституту післядипломної освіти Київського національного університету імені Тараса Шевченка – система написана на мові PHP і використовує як сховище літератури базу даних MySQL з вільним програмним забезпеченням.

MySQL — компактний багато поточний сервер баз даних з великою швидкістю, стабільний та легкий у використанні. Це вільна система з відкритим кодом для керування реляційними базами даних. Вона

використовується, в першу чергу, для створення динамічних WEB-сторінок, оскільки має чудову підтримку з боку різноманітних мов програмування. MySQL є ідеальним рішенням для малих та середніх додатків. Тексти програм сервера компілюються для безлічі платформ. Найбільш повно можливості сервера проявляються на Unix-серверах, де є підтримка багато поточності, що дає значний приріст продуктивності.

Одними з головних особливостей Електронної бібліотеки є швидкість та простота у використанні. Зручний та приємний інтерфейс допомагає студентам в лічені секунди знайти потрібну їм методичну літературу.

Процедура додавання нової літератури виконана так, щоб можна було швидко навчити її виконанню співробітника без глибоких знань PHP та MySQL.

Програмна система складається з 6 модулів, які пов'язані між собою:

- модуль Config.php - містить код, що дає означення контактам, які слугують як налаштування сайту. Наприклад, - це логін та пароль доступу до бази даних.
- модуль Connection.php - виконує підключення до бази даних та обробляє помилки при підключенні.
- модуль Auth.php — перевіряє, чи дійсно користувач є авторизованим адміністратором, і чи дані авторизації співпадають з тими, що містяться в базі даних. Забезпечує автоматичне відключення на всіх комп'ютерах, коли пароль адміністратора було змінено, підключеним залишається лише той користувач, який змінив пароль.
- модуль Index.php - містить функціонал, що слугує для роботи з книгами. Наприклад, редагування, додавання книг, їх вивід і т.д. При додаванні книжок виконуються такі функції: присвоєння назви, заданої користувачем, додавання файлу книги до бази даних та надання обраному файлу ID, для подальшої обробки в базі даних.
- модуль Subjects.php - відповідає за операції з дисциплінами. Наприклад, додавання та видалення спеціальностей та дисциплін, визначення, якій спеціальності належить дисципліна.
- модуль Theme.tpl.php - шаблон сайту, містить основні елементи HTML сторінки. Використання одного файлу як шаблону дозволяє змінити відображення всіх сторінок редагуючи лише один файл.

База даних являє зв'язані між собою каталоги, де кожній спеціальності поставлені у відповідність дисципліни, які викладаються. Якщо різним спеціальностям відповідає одна й та ж дисципліна, література продублюється для кожної спеціальності.



Експлуатація Е-бібліотеки дістала позитивну оцінку студентів і викладачів Інституту.

### **Література**

1. Алексеев А.Н. Дистанционное обучение инженерным специальностям: Монография.- Сумы: Университетская книга, 2006, 333 с.
2. Романюк С.І., Цикунов В.С., Шевченко В.П. Програмні та апаратні засоби побудови комп'ютерної мережі факультету // Вісник Київського університету. Серія. фіз.-мат. науки, 2007 - № 3 - с.170-175.
3. Демківський Є.О., Шевченко В.П. Технологічні та методологічні аспекти розвитку електронного навчання // Вісник Київського університету. Серія. фіз.-мат. науки, 2008 - № 4 - с.119-123.
4. Шевченко В.П. Мобільні пристрої у дистанційній освіті: стан і перспективи використання. – Актуальні проблеми викладання історії України та української культури у вищій школі // Матеріали IV Міжвузівського науково-методичного семінару (м.Київ, 23 грудня 2011 р.). – Київ: НТУУ «КПІ» ВПК «Політехнік», 2012, с.18-24.

УДК 621.396

## **РОЗРОБКА ЦИФРОВИХ ЗАСОБІВ ПЛІС В ІНТЕГРОВАНОМУ СЕРЕДОВИЩІ ПРОЕКТУВАННЯ MAX+PLUS II**

С.А. Орищенко, Д.А. Мосійчук

*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка,  
Україна*

Для побудови логічних керуючих автоматів з паралельною архітектурою використовують пристрої з регулярною архітектурою, які представляють собою набір стандартних елементів та вузлів інтегрованих на одному кристалі. Існує багато різновидів таких пристроїв, але всі вони об'єднуються однією назвою – програмовані логічні інтегральні схеми.

Для програмування використовуються програматори і налагоджувальні середовища, що дозволяють задати бажану структуру цифрового пристрою у вигляді принципової електричної схеми або програми на спеціальних мовах опису апаратури Verilog, VHDL, AHDL та ін. Деякі виробники ПЛІС пропонують програмні процесори для своїх ПЛІС, які можуть бути модифіковані під конкретне завдання, а потім вбудовані в ПЛІС. Тим самим забезпечується зменшення місця на друкованій платі і спрощення проектування самої ПЛІС.

В останні роки спостерігається розвиток і удосконалення архітектури ПЛІС. Інтегроване середовище MAX+PLUS II фірми Altera пропонує повний спектр можливостей логічного дизайну: різноманітні засоби опису проектів з ієрархічною структурою, потужний логічний синтез, компіляцію з заданими часовими параметрами, розподілення на підпрограми основного проекту, функціональне і часове тестування

(симуляцію), тестування декількох взаємопов'язаних властивостей, аналіз часових параметрів системи, автоматичну локалізацію помилок, а також програмування і верифікацію помилок.

В останні роки спостерігається розвиток і удосконалення архітектури ПЛІС. Інтегроване середовище MAX+PLUS II фірми Altera пропонує повний спектр можливостей логічного дизайну: різноманітні засоби опису проектів з ієрархічною структурою, потужний логічний синтез, компіляцію з заданими часовими параметрами, розподілення на підпрограми основного проекту, функціональне і часове тестування (симуляцію), тестування декількох взаємопов'язаних властивостей, аналіз часових параметрів системи, автоматичну локалізацію помилок, а також програмування і верифікацію помилок.

Система автоматизованого проектування MAX+PLUS II являє собою інтегроване середовище для розробки цифрових пристроїв на базі програмувальних логічних інтегральних схем фірми Altera.

MAX + PLUS II забезпечує виконання всіх етапів, необхідних для випуску готових виробів:

- створення проектів логічних пристроїв;
- синтез структур і трасування внутрішніх зв'язків програмувальних логічних інтегральних схем;
- підготовку даних для програмування або конфігурацію програмувальних логічних інтегральних схем (компіляцію);
- верифікацію проектів (функціональне моделювання і часовий аналіз), програмування або конфігурацію програмувальних логічних інтегральних схем.

Склад програмного забезпечення системи автоматизованого проектування MAX+PLUS II є повним комплектом, що забезпечує створення логічних дизайнів для пристроїв фірми Altera.

У системі MAX+PLUS II можна як читати, так і записувати файли мовою AHDL, файли трасування у форматі EDI, файли на мовах опису апаратури Verilog HDL, VHDL, а також схемні файли OrCAD. Крім того, система MAX+PLUS II читає файли трасування, створені за допомогою ПО Xilinx, і записує файли затримок у формат SDF для зручності взаємодії з пакетами, що працюють із іншими промисловими стандартами.

MAX+PLUS II пропонує користувачеві багатий графічний інтерфейс, доповнений ілюстрованою оперативною довідковою системою. У повну систему MAX+PLUS II входять 11, повністю впроваджених у систему, додатків (рис. 3). (Логічний дизайн (design), включаючи всі піддизайни (subdesign), називається в системі MAX+PLUS II проектом (project)).

Для збільшення опису проекту (Design Entry) можливий у вигляді файлу мовою апаратури в текстовому редакторі MAX+PLUS II (Text

Editor), у вигляді схеми електричної принципової за допомогою графічного редактора Graphic Editor, у вигляді часової діаграми, створеної в сигнальному редакторі Waveform Editor. Для зручності роботи зі складними ієрархічними проектами кожному піддизайну може бути присвоєний символ, редагування якого виконується за допомогою графічного редактора Symbol Editor. Розміщення вузлів по ЛБ і виводах ПЛІС виконують за допомогою порівневого планувальника Floorplan Editor.

Верифікація проекту (Project verification) виконується за допомогою симулятора (simulator), результати роботи якого зручно переглянути в сигнальному редакторі Waveform Editor, у ньому ж створюються тестові впливи.

Компіляція проекту, включаючи витяг списку з'єднань (Netlist Extractor), побудова бази даних проекту (Data Base Builder), логічний синтез (logic synthesis), витяг часових, функціональних параметрів проекту (SNF Extractor), розбивка на частині (Partitioner), трасування (Fitter) і формування файлу програмування або завантаження (Assembler) виконуються за допомогою компілятора системи (Compiler).

Безпосереднє програмування або завантаження конфігурації пристроїв з використанням відповідного апаратного забезпечення виконується з використанням модуля програматора (Programmer).

Багато характерних рис і команди, такі як відкриття файлів, уведення призначень пристроїв, висновків і логічних елементів, компіляція поточного проекту, схожі для багатьох додатків системи MAX+PLUS II. Редактори для розробки проекту (графічний, текстовий і сигнальний) мають багато спільного з допоміжними редакторами (порівневого планування й символного). Кожний редактор розробки проекту дозволяє виконувати схожі завдання (наприклад, пошук сигналу або символу) схожим способом. Можна легко комбінувати різні типи файлів проекту в ієрархічному проекті, вибираючи для кожного функціонального блоку той формат опису проекту, що більше підходить. Велика бібліотека мега-макрофункцій, що поставляється фірмою Altera, у тому числі функції з бібліотеки параметризованих моделей (LPM), забезпечує широкі можливості введення дизайну.

Можна одночасно працювати з різними додатками системи MAX+PLUS II. Наприклад, можна відкрити кілька файлів проекту й переносити інформацію з одного в інший у процесі компіляції або тестування іншого проекту. Або наприклад, переглядати все дерево проекту і у вікні перегляду переміщатися з одного рівня на інший, а у вікні редактора буде з'являтися обраний файл, причому викликається автоматично відповідний редактор для кожного файлу.

Функціональне тестування. Якщо компілятору "дано завдання" згенерувати файл SNF для функціонального тестування, він створює його перед синтезом проекту. Отже, при функціональному тестуванні можна змоделювати всі вузла проекту.

Під час функціонального тестування симулятор ігнорує всі затримки поширення. Тому у файлі SNF для функціонального тестування немає затримок, вихідні логічні рівні змінюються одночасно із вхідними векторами.

Тестування часових параметрів. Файл SNF для тестування часових параметрів компілятор генерує після того як проведено повний синтез і оптимізація проекту. Тому цей файл містить тільки ті вузли, що не були знищені в процесі логічного синтезу.

Із цього файлу симулятор бере інформацію про апаратної частини, яка була зібрана з файлів моделей пристроїв (. Dmf), наявних в комплекті системи MAX PLUS II.

Якщо проект був розбитий на кілька пристроїв, компілятор створює файл SNF для проекту в цілому і для кожного пристрою. Проте тестування часових параметрів здійснюється тільки для проекту в цілому

**Висновок.** Розглянуто основні прийоми роботи з пакетом MAX + PLUS II. Звичайно в рамках однієї статті неможливо докладно розглянути всі прийоми роботи з таким складним і різноманітним програмним засобом. Компанія Altera пропонує систему автоматизованого проектування цифрових пристроїв на базі мікросхем програмованої логіки: MAX + PLUS II, яка підтримує роботу з відносно простими сімействами НВІС ПЛІ. Зацікавлений користувач в змозі самостійно освоїти пакет, використовуючи посібники і фірмове керівництво користувача.

## Література

1. Антонов А.П. Язык описания цифровых устройств AlteraHDL. Практический курс. - Г.: ИП Радиософт, 2001. - 224 с.
2. Армстронг Дж. Р. Моделирование цифровых систем языком VHDL.: Пер. с англ./М.: Мир, 1992. - 175 с
3. Денисенко Е.Л. Иерархический синтез асинхронных автоматов на программируемых логических интегральных схемах (ПЛИС) с учетом ограничений. М.: УСИМ, 1997. – 476 стр.
4. Стешенко В.Б. ПЛИС фирмы Altera: проектирование устройств обработки сигналов. М.: Додека, 2000. - 128 стр.

УДК 621.396

# ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ УПРАВЛІННЯ МІЖСЕКМЕНТНИМ ІНТЕРВАЛОМ В ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІЙ МЕРЕЖІ НА ОСНОВІ СИСТЕМИ НЕЧІТКОГО ВИВОДУ

Н.В. Рвачова, К.В. Кривошопка

*Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка,  
Україна*

Інформаційні повідомлення, що передаються сучасними телекомунікаційними мережами з комутацією пакетів, утворюють мультимедійний трафік і трафік даних. Для якісної передачі потокового трафіку необхідно мінімізувати затримку пакетів і її дисперсію (джіттер), що вимагає гарантованого виділення пропускну здатності мережі. При передачі даних в телекомунікаційних мережах повинні виконуватись такі вимоги, як висока достовірність та задана оперативність доставки інформації. Протоколом TCP (Transmission Control Protocol) передбачено ряд процедур для забезпечення перерахованих вимог [1]. Безпомилкова доставка даних здійснюється шляхом передачі квитанцій та повторної передачі втраченої або спотвореної інформації. Для забезпечення оперативності доставки повідомлень необхідно раціонально використовувати доступну для відповідного трафіку пропускну здатність мережі, що реалізовано концепцією ковзного вікна, яка має ряд суттєвих недоліків.

Альтернативним варіантом є управління інтенсивністю відправки даних шляхом зміни індивідуальної затримки кожного сегменту (міжсегментного інтервалу). На цьому принципі засновано метод адаптивної швидкості (Adaptive Rate, AR) [2]. Дослідження показали, що при використанні даного методу узгодження інтенсивності відправки даних із величиною доступної для даного з'єднання пропускну здатності мережі здійснюється повільно. В результаті ресурси мережі використовуються неефективно.

Актуальним науково-технічним завданням є розробка такого методу управління міжсегментним інтервалом, використання якого дозволило б підвищити оперативність доставки даних в телекомунікаційній мережі.

Перспективним напрямком, який дозволяє успішно вирішувати задачі управління складними системами в умовах наявності непрямої інформації про стан елементів мережі є використання нечіткої логіки [3]. Для вирішення цього завдання розроблено метод управління міжсегментним інтервалом в телекомунікаційній мережі на основі використання системи нечіткого виводу. Він передбачає визначення поточного значення міжсегментного інтервалу як вихідного параметру системи нечіткого виводу. Особливості побудови такої системи багато

в чому визначаються складом її вхідних сигналів, на основі аналізу яких здійснюється розрахунок поточного значення вихідної змінної.

Результати досліджень показали, що найбільш інформативним індикатором виникнення в мережі перевантаження та недовантаженого режиму є зміна значень середнього часу очікування квитанції. Щоб зафіксувати цю зміну в момент часу  $t$ , потрібно знати, як мінімум, попереднє та поточне значення вказаної величини. Крім того, щоб прийняти адекватне рішення про те, яке значення міжсегментного інтервалу слід встановити в поточний момент часу, необхідно враховувати попереднє значення цього параметра. Визначивши склад вхідних і вихідних сигналів системи нечіткого виводу, синтезовано базу правил, на основі якої в даній системі здійснюється процес прийняття рішень управління.

Для формування навчальної матриці були використані результати серії імітаційних експериментів, що проводилися із застосуванням моделей передачі потоків інформаційних сегментів в телекомунікаційній мережі, розробленої в середовищі MATLAB + Simulink [4, 5]. У кожному експерименті задавалися певні значення інтенсивності генерації сегментів джерелом потоку реального часу, за допомогою чого моделювався той чи інший варіант тестового навантаження в каналі, що сполучає маршрутизатори мережі. Далі на основі чисельних даних вирішувалося завдання побудови бази правил системи нечіткого управління міжсегментним інтервалом.

З метою дослідження ефективності управління міжсегментним інтервалом в телекомунікаційних мережі на основі застосування системи нечіткого виводу розроблена імітаційна модель цього процесу в середовищі MATLAB + Simulink. З використанням цієї моделі проведено серію експериментів. Згідно із результатами досліджень, використання вказаного методу дозволяє знизити середній час доставки повідомлень на 15,8% - 39%, забезпечити відсутність повторних передач сегментів та більш раціонально використовувати доступну пропускну спроможність мережі для кожного потоку даних.

## **Література**

1. Таненбаум Э. Компьютерные сети.: Пер. с англ. – СПб.: Питер, 2012. – 848 с.
2. Alekseev I.V., Sokolov V.A. Compensation Mechanism for Adaptive Rate TCP.//1-St International IEEE/Popov Seminar “Internet: Technologies and Services”. P. 68-75. October 1999.
3. Рутковская Д, Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: Пер. с польск. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 452 с.
4. Дьяконов В.П. MATLAB 6/6.1/6.5 + Simulink 4/5. Основы применения. Полное руководство пользователя / Дьяконов В.П. – М.: СОЛОН-Пресс. – 2002. – 768 с.

5. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 288 с.

УДК 681.086

## **ПОДСИСТЕМА ВИЗУАЛИЗАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ВЫЧИСЛЕНИЙ В СКА АНАЛИТИК-2010**

Д.Н. Гвоздик, В.А. Волков

*Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, Украина*

Данная работа посвящена описанию подсистемы графической визуализации результатов вычислений в СКА АНАЛИТИК-2010.

В качестве основной технологии для визуализации была выбрана графическая библиотека OpenGL, а именно ее реализация под платформу .NET - OpenTK. OpenTK начинался как экспериментальное ответвление от "Taoframework" в начале лета 2006 года. Оригинальной целью было создать более чистую обертку (wrapper) чем Tao.OpenGL.

OpenTK значительно сосредоточен на формировании удобного интерфейса. Вместо указателей, OpenTK предоставляет обобщенные классы (generic). Вместо простых констант, OpenTK использует строго-типизированные перечисления. Вместо обычного списка функций, OpenTK разделяет функции по категориям. Кроме всего прочего, эта библиотека является свободным программным обеспечением, что позволяет получать доступ непосредственно к исходным кодам библиотеки и исправлять недостатки или улучшать ее функционал согласно потребностям конкретного продукта, использующего эту библиотеку.

Основными функциями подсистемы визуализации результатов вычислений в СКА АНАЛИТИК-2010 является, безусловно, визуализация графиков функций с одной или двумя переменными, объектов двумерной и трехмерной графики. Для этого в подсистеме визуализации реализовано две большие подсистемы – 2D и 3D соответственно. Каждая из подсистем содержит реализацию визуализации огромного количества графических примитивов: линий, поверхностей, геометрических фигур.

Так как одной из особенностей СКА АНАЛИТИК-2010 является высокий уровень его искусственного интеллекта, то появляется возможность создавать программы, результатом работы которых являются графики.

При помощи удобного графического интерфейса на сцену можно добавить множество разнообразных графических примитивов с разными настройками, которые будут соответствовать типу объекта. Так например для сектора круга можно выбрать радиус, начальный угол,

конечный угол, позицию центра круга, цвет контура и цвет заливки, а для точки – координаты, цвет, тип маркера и размер маркера.

Среди прочих возможностей стоит выделить возможность настройки вида координатной плоскости для обоих режимов, масштабирование, и отображение сетки для 2D режима.

В 3D режиме мы можем свободно вращать камеру вокруг центра координат, а также отдалять её или приближать.

Система визуализации позволяет производить визуализацию объектов в различных системах координат: декартовой, полярной, параметрической, и других.

При вызове функции рисования в СКА АНАЛИТИК-2010 нужно указывать область определения функции, и в зависимости от области значений функции подсистема визуализации сама выберет диапазон координатных осей, но пожеланию его можно сменить.

При помощи правой кнопки мыши, можно выбирать на сцене созданные ранее объекты и изменять их параметры и свойства.

Также подсистема визуализации результатов вычислений в СКА АНАЛИТИК-2010 поддерживает отображение нескольких графиков на одной сцене. И обладает возможностью сохранения и загрузки сцен.

Это позволяет составлять визуальный материал для изучения различных разделов геометрии непосредственно только в СКА АНАЛИТИК а также создавать графические материалы документации, основанные на результатах вычислений.

Реализованный набор графических примитивов позволяет перейти к реализации широкого спектра диаграмм, которые используются в различных сферах науки и техники.

Процесс передачи информации от ядра СКА АНАЛИТИК-2010 к подсистеме визуализации результатов вычислений происходит следующим образом:

1. При вызове функции визуализации, создается файл с уникальным названием, в который записываются все необходимые для визуализации данные. Обычно это данные, полученные в результате вычислений с использованием ядра системы АНАЛИТИК.

2. После чего создается форма подсистемы визуализации, и ей передается имя файла.

3. Получив имя файла, подсистема визуализации формирует из хранящейся в файле информации объекты сцены, и визуализирует их, предварительно настроив параметры отображения самой сцены.

Значительный объем графических примитивов был интегрирован в ядро системы АНАЛИТИК, что позволяет использовать графические функции непосредственно при составлении интерактивных и автоматических программ в СКА АНАЛИТИК.



На рисунках ниже представлен ряд примеров внешнего вида объектов, отображенных с использованием подсистемы визуализации результатов вычислений в СКА АНАЛИТИК.

Примеры использования:

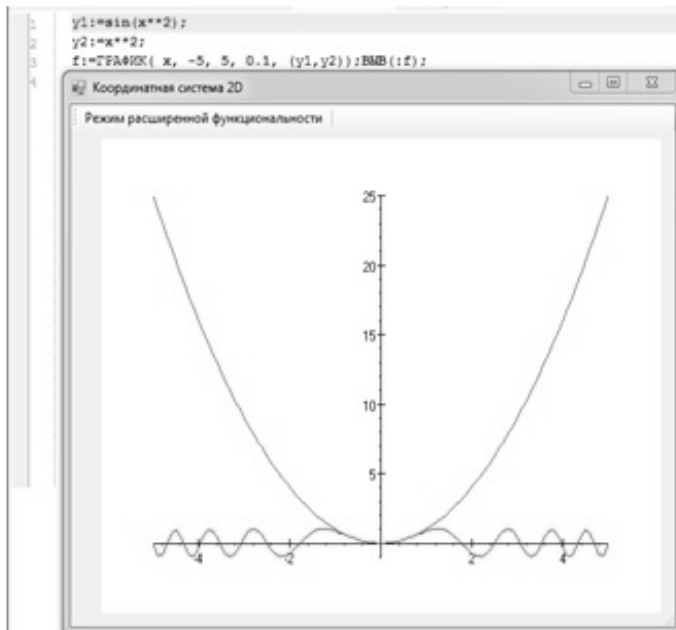


Рис. 1. Пример визуализации графиков функций(2D)

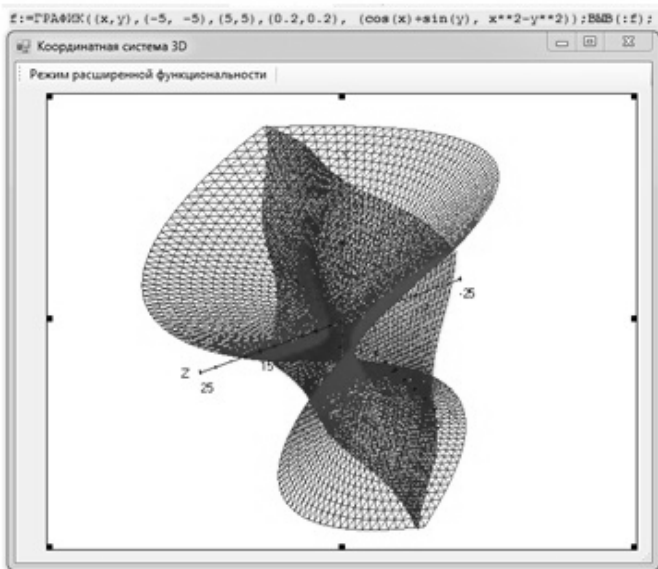


Рис. 2. Пример визуализации графиков функций(3D)

Примеры использования:

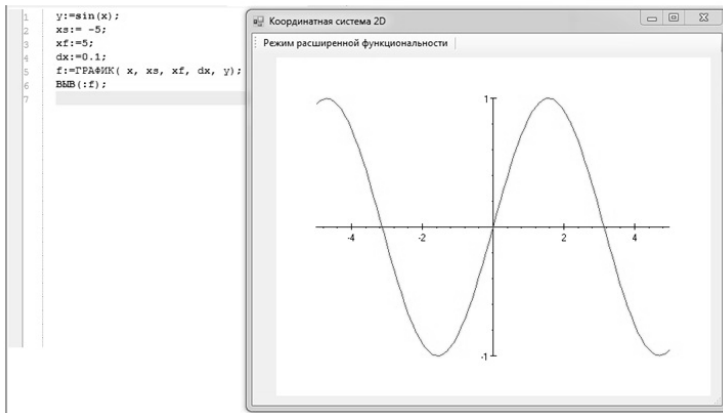


Рис. 3. Пример вывода графика в автоматическом режиме

## Литература

1. Клименко В.П. Развитие и реализация идей ЭВМ «МИР»// Третья международная научно-техническая конференция «Компьютерная математика в науке, инженерии и образовании» (CMSEE-2009), г. Полтава, 1-31 октября 2009 г. – Киев: Изд-во НАН Украины, 2009. – С. 5-11.

2. Клименко В.П. Проект АНАЛИТИК: новый этап разработки и перспектива развития / В.П. Клименко, А.Л. Ляхов, Д.Н. Гвоздик // Пр'ята наук.-практ. конф. з міжнар. участю «Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС 2010»: тези доповідей, (Київ, 21–25 червня 2010р.). – Київ, 2010. – С. 214 – 215.
3. Клименко В.П. Реинжиниринг системы компьютерной алгебры АНАЛИТИК / В.П. Клименко, А.Л. Ляхов, Д.Н. Гвоздик // Математичні машини і системи. – 2010. – № 4. – С. 18 – 23.

УДК 004.42

## **СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ РУХУ ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ МІСТА**

А.В. Єрмоленко, Є.В. Риндич

*Чернігівський державний технологічний університет, Україна*

З кожним роком технології все більше займають місця в нашому житті. Нині ми не можемо уявити сьогодення без таких речей, як інтернет, мобільний телефон, та інші електронні помічники, які значно полегшують наше життя. Проте, існують сфери, в яких технології в наш час використовуються ще не досить активно. Зокрема, до таких сфер належить і сфера транспорту. Метою даного дослідження є пошуки можливостей оптимізації транспортної галузі, а саме громадського транспорту, використовуючи сучасні інформаційні технології.

Маючи у розпорядженні сучасні технічні досягнення можна створити систему моніторингу руху громадського транспорту міста, яка допоможе вирішити наступні задачі:

- отримувати дані про місцезнаходження транспорту на маршрутах в реальному часі;
- отримувати дані про завантаженість того чи іншого маршруту в різний час доби.

На основі цих даних, можна зокрема проводити аналіз пасажиропотоку на маршрутах, для того щоб оптимізувати сучасну транспортну мережу відповідно до пасажирського навантаження в різних точках міста. Маючи дані про завантаженість маршруту в конкретний час, можна миттєво реагувати на ситуацію, регулюючи кількість транспорту на маршруті. Також це позбавило б проблем з недобросовісністю водіїв, які часто не виконують свій розпорядок роботи. С точки зору пасажирів, дана система надасть їм змогу отримати інформацію про прибуття найближчого потрібного їм транспорту, щоб оптимально розподіляти власний час.

Для реалізації сформульованих задач можна використати різні існуючі засоби та технології. Обираючи оптимальне рішення, було вирішено використовувати програмні засоби Google API. На даний момент, це одна з досить розвинених платформ, яка об'єднує в собі засо-

би для вирішення багатьох задач. Значна перевага цієї платформи в тому, що її можна використовувати як для Web-додатків, так і для нативних додатків на різних операційних системах. Для даної задачі вирішено використовувати засоби Google.Maps.API [1,2], для візуалізації руху громадського транспорту на карті з мітками для кожної одиниці транспорту. При цьому постає питання, як отримувати дані про місцезнаходження транспорту на маршрутах. Оцінюючи різні засоби реалізації цієї задачі, найбільш оптимальним рішенням є використання планшетних ПК з вбудованим модулем GPS та 3G-модемом. Встановивши ці пристрої на транспорті, ми зможемо отримувати координати кожного з них за допомогою GPS модуля, а 3G модем дозволить під'єднуватись до Інтернету, щоб відправляти координати місцезнаходження на сервер для подальшої їх обробки та візуалізації. Авторизацію на сервері, та відправку координат буде проводити спеціальний додаток. Здійснюючи вибір для цієї цілі серед різних пристроїв, було обрано пристрій під управлінням OS Andoid, оскільки пристрої на даній операційній системі мають нижчу вартість, і їх на ринку представлено найбільшу кількість варіантів, тож можна підібрати пристрій відповідно до певних потреб. Також великим плюсом є те, що засоби Android API можна порівняно просто синхронізувати з Google API, що спростить реалізацію програмної частини системи.

Обираючи технології для реалізації серверної частини системи, було обрано інструмент Node.JS [3]. Даний інструмент є серверною реалізацією мови javaScript, він використовує движок V8, який використовується зокрема в браузері Chromium. Цей інструмент призначений перш за все для побудови високонавантажених розподілених систем, таких як веб-сервер. Використання цього інструменту є найбільш актуальним для нашої задачі, тому що в системі необхідно одночасно обробляти дані від великої кількості пристроїв в режимі реального часу.

Таким чином, було розроблено систему для моніторингу руху громадського транспорту. Основні функції системи — відображення поточного місцеположення громадського транспорту, та розрахунок його прибуття на зупинки маршруту. В перспективі можна розширювати функціональність системи, наприклад, аналізувати додакові чинники, такі як завантаженість транспорту (встановивши на транспорті лічильники пасажирів), швидкість руху, і т.д. Корисною функцією буде також функція побудови оптимального маршруту між двома точками, враховуючи всі фактори впливу (наприклад, швидкість руху транспорту, кількість зупинок, світлофорів на маршруті, і т.д.), що надасть змогу навіть для людей, які не знають місто, швидко добратися потрібних місць.

## Література

1. T Edwin Chow. The potential of Maps APIs for Internet GIS Applications. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: [http://champs.cecs.ucf.edu/Library/Journal\\_Articles/pdfs/Internet.pdf](http://champs.cecs.ucf.edu/Library/Journal_Articles/pdfs/Internet.pdf)
2. Plamen Maldzhanski. Using google map api functions to create applications using geographic spatial data. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: [http://www.uacg.bg/filebank/att\\_2185.pdf](http://www.uacg.bg/filebank/att_2185.pdf)
3. Tom Hughes-Croucher, Mike Wilson. Up and running with Node.js [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://ofps.oreilly.com/titles/9781449398583/>

УДК 621.397

## МЕТОДЫ НАДЕЖНОЙ ДОСТАВКИ АУДИО-ВИДЕО СИГНАЛОВ ВЫСОКОГО КАЧЕСТВА

К.Н. Григорьев

*Черниговский Государственный Технологический Университет, Украина*

Развитие и значительное удешевление современных технологий производства качественного видеосигнала позволило значительно расширить сферы применения видео производства и сделать его доступными для организаций обладающих значительно меньшими бюджетами. Однако, на пути применения техники качественного видео производства стоят ограничения по оперативной передаче сигнала в ТВ студии, либо медиа-сервера крупных Интернет компаний. Ценность произведенного видеосигнала значительно возрастает при его возможности «живой» доставки до конечного потребителя.

Обычным способом передачи сигналов ТВ качества являлся, и продолжает доминировать – способ спутниковой связи. Среди ограничений использования данного метода можно назвать относительную негибкость при аренде каналов связи, а также значительную дороговизну по сравнению с другими каналами связи. Среди преимуществ выделяется мобильность станций спутниковой связи, а также их автономность. Альтернативой является использование каналов общих сетей – в первую очередь сетей Интернет. Развитие Интернет привело с одной стороны к значительному удешевлению этого сервиса, а с другой к значительному увеличению таких характеристик, как пропускная способность и надежность. Однако, при этом каналы Интернет не обладают гарантированными характеристиками, что вынуждает разработчиков технологий передачи сигналов искать решения в области транспортных протоколов передачи, а также технологий сжатия и кодирования аудио-видео сигналов.

Как правило, организация спортивных мероприятий дает значительный эффект при возможности выведения видеотрансляции мероприятия в живой эфир. Это позволяет увеличить аудиторию мероприятия в де-

сятки, а иногда и в сотни раз. Однако существующие технологии видеопроизводства и выведения видеотрансляции в эфир оказываются недоступными по бюджету для большинства видов спорта. Только несколько видов спорта, такие как футбол и баскетбол обладают ресурсами необходимыми для организации, однако и для них оказывается слишком дорогостоящим полное покрытие онлайн видеотрансляциями всех мероприятий сезона. Одной из особенностей организацией качественного видеопроизводства для обеспечения видеотрансляции спортивных мероприятий является необходимость интеграции с автоматизированными судейскими комплексами, которые используются для учета и визуализации текущей игровой ситуации, таких как счет, время.

Основным требованием при организации доставки видеосигнала является надежность технологии, а также устойчивость по отношению к сбоям. При этом особенностью также является достаточно высокий объем передаваемых данных, особенно в связи с принятием новых стандартов видео повышенного качества (HD, Full HD). Данные требования в совокупности с ограничениями по компетенции персонала делают невозможным применение «настольных» программ и систем при создании комплексов обеспечивающих видеотрансляции. При создании таких комплексов учитывается ряд факторов, в том числе возможность автономной работы, а также отсутствие специальных знаний у эксплуатирующей организации. До последнего времени именно наличие специальных знаний было основным ограничением при организации видеотрансляций, что делало их доступным только для узкого круга профессионалов.

УДК 532

**МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ І ТЕРМОДИНАМІКИ  
ЛЬДОВОГО ПОКРОВУ НА ШЕЛЬФІ АНТАРКТИЧНОГО  
ПІВОСТРОВА В РАЙОНІ СТАНЦІЇ  
“АКАДЕМІК ВЕРНАДСЬКИЙ”**

В. І. Кошебуцький, В. С. Мадерич

*Інститут проблем математичних машин та систем НАНУ*

Тривимірна термогідродинамічна модель регіональної циркуляції в морі, покритому льодовим покривом, (THREETOX) використовується для моделювання сезонних змін циркуляції та динаміки-термодинаміки льодового покриву на шельфі Антарктичного півострова в районі станції “Академік Вернадський” в 2010-2011 роках. Для розрахунків використовувалися вхідні дані, взяті з загально доступних джерел. Дані розрахунків порівнюються з даними спостережень на станції “Академік Вернадський” та іншими даними за період 2010-2011 років. Результати моделювання продемонстрували потенціал чисельної термо-

гідродинамічної моделі для короткострокових прогнозів гідрологічних умов та стану льодового покриву на шельфі Антарктичного півострова. Також було показано, що для покращення результату необхідно розширити розрахункову область на всю акваторію моря Беллінсгаузена.

## **Література**

1. Vladimir Maderich, Rudie Heling, Roman Bezhenar, Igor Brovchenko, Henk Jenner, Volodymyr Koshebutsky, Anatoly Kuschan, Kateryna Terletska. Development and application of 3D numerical model THREETOX to the prediction of cooling water transport and mixing in the inland and coastal waters (p n/a) Published Online: Feb 11 2008 7:28AM DOI: 10.1002/hyp.6985
2. Heling R., Maderich V., Koshebutsky V. THREETOX model. Application for the control of waste heat in reservoirs and estuaries. // Proceedings of the Fifth International Conference on Hydroinformatics. Cardiff, UK, 2002. – P. 405-410

**НАУКОВЕ ВИДАННЯ**

**МАТЕМАТИЧНЕ ТА ІМІТАЦІЙНЕ  
МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ  
МОДС 2013**

**ВОСЬМА МІЖНАРОДНА  
НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ  
(Чернігів-Жукин, 24-28 червня 2013р.)**

**ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ**

Підписано до друку 17.06.2013. Формат 60x84 /16.  
Умов. друк. арк. 27,38. Тираж 150 пр. Зам. №166/13

Редакційно-видавничий відділ Чернігівського державного технологічного університету  
14027, Україна, м. Чернігів, вул. Шевченка, 95.  
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру видавців,  
виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції  
Серія ДК № 840 від 04.03.2002.