

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Чернігівська політехніка»
Навчально-науковий інститут електронних та інформаційних технологій
Кафедра *інформаційних технологій та програмної інженерії*

“ЗАТВЕРДЖУЮ”
Завідувач кафедри

І.В.Білоус
31” серпня 2021 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ЕМПІРИЧНІ МЕТОДИ ПРОГРАМНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ (ВБ9)

Освітня програма «*Інженерія програмного забезпечення*»

Рівень вищої освіти – *перший (бакалаврський)*

Спеціальність *121 – Інженерія програмного забезпечення*

Мова навчання: *українська*

Статус дисципліни: *за вибором*

Форма навчан.	Рік навч.	Сем.	Розподіл годин				Разом	За тиждень		ІНДЗ	Контр.
			Всього ауд.	Лек	Лаб.	СРС		Ауд.	СРС		
Денна	3	5	30	16	14	90	120	1,875	5,625	РГР	Е

Чернігів – 2021 рік

Робоча програма Емпіричні методи програмної інженерії

(назва навчальної дисципліни)

для студентів галузі знань 12 – Інформаційні технології спеціальності 121 – Інженерія програмного забезпечення

Розробник робочої навчальної програми:

доцент кафедри інформаційних технологій та програмної інженерії НУ ЧП,
канд. фіз.-мат. наук, доцент

_____ (підпис)

(А.М.Акименко)
(прізвище та ініціали)

Робочу програму обговорено на засіданні кафедри інформаційних технологій та програмної інженерії

Протокол від “31” серпня 2021 року № 1

Завідувач кафедри інформаційних технологій та програмної інженерії

_____ (підпис)

(І.В.Білоус)
(прізвище та ініціали)

Abstract

ESI EIT /BB9 – Empirical methods of software engineering 2021/2022 Sem. 1

Course Description

The **subject of studying** is familiarity with the basic concepts, characteristics and methods of descriptive statistics;

The purpose of course mastering the principles of application of empirical methods in the field of software engineering.

The primary studying goals of the discipline:

- 1) Familiarity with the basic concepts, characteristics and methods of descriptive statistics.
- 2) Determination of methods of estimation of parameters of regression delays, correlations, statistical checkers, found in the engineering program.
- 3) Display of discrete and continuous distributed shock absorbers, experiment planning methods and hypothesis testing.
- 4) Approval of European methods to improve the performance and reliability of software systems.

Contents: The basic concepts of the basics of descriptive statistics, applying discrete probability principles in IT; apply empirical methods and tools for software engineering, know the methods and technologies of organizing and applying data

1 Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
		денна форма навчання
Кількість кредитів – 3	Галузь знань <i>12 – Інформаційні технології</i>	Вибіркова
Модулів – 1	Спеціальність: <i>121 – Інженерія програмного забезпечення</i> Освітньо-професійна програма: <i>Інженерія програмного забезпечення</i>	Рік підготовки: 3-й
Змістових модулів – 2		Семестр
Індивідуальне науково-дослідне завдання – розрахунково-графічна робота		
Загальна кількість годин – 90		
Тижневих годин: аудиторних – 1,875; самостійної і індивідуальної роботи студента – 5,625	Рівень вищої освіти: <i>перший (бакалаврський)</i>	5-й
		Лекції
		1 год.
		Лабораторні
		0,875 год.
		Самостійна робота
		3,625 год.
		Індивідуальні завдання: 2 год.
Вид контролю:		
	Екзамен	

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить 30:90=1:3.

Застосовані скорочення:

ЕМПІ– емпіричні методи програмної інженерії.

СКВ – середнє квадратичне відхилення.

MAPE – Mean Absolute Percentage Error

ARIMA - autoregressive integrated moving average

Передумовою для вивчення дисципліни є успішне засвоєння дисциплін “Основи програмування”, “Теорія ймовірностей і мат статистика”. Набуті під час вивчення дисципліни “Емпіричні методи програмної інженерії” знання та вміння застосовуються при вивченні дисципліни “Інтелектуальний аналіз даних”, “Моделі та системи штучного інтелекту”, для підготовки кваліфікаційної роботи

бакалавра та оформлення результатів науково-практичних досліджень, які проводять ЗВО під керівництвом науково-педагогічних працівників.

Обов'язковою умовою викладання дисципліни є проведення лабораторного практикуму із застосуванням сучасних персональних комп'ютерів.

2 Мета навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни “*Емпіричні методи програмної інженерії*” є закріплення та розвиток фахових компетентностей бакалавра в галузі знань 12 – *Інформаційні технології* із застосування у повсякденній діяльності та розробки нових методів аналізу даних.

Предмет вивчення – сукупність методів, які використовують для обробки та аналізу даних з метою виявлення в масивах даних тип, груп класів явищ, визначення середніх значень явищ та їх варіацій, оцінки зв'язків ознак у сукупності, проведення дисперсійного, кореляційного та регресійного аналізу даних.

Під час вивчення дисципліни здобувач вищої освіти (ЗВО) має набути або розширити наступні загальні (ЗКх) та фахові (ФКх) компетентності, передбачені освітньою програмою:

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК3. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.

ЗК4. Здатність спілкуватися іноземною мовою як усно, так і письмово

ЗК5. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК6. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК13. Здатність працювати в міжнародному контексті.

ФК22. Здатність застосовувати фундаментальні і міждисциплінарні знання для успішного розв'язання завдань інженерії програмного забезпечення.

ФК28. Здатність до алгоритмічного та логічного мислення.

Основними завданнями вивчення дисципліни “*Емпіричні методи програмної інженерії*” є:

- 1) Ознайомлення з сучасним станом і тенденціями розвитку емпіричних методів дослідження даних
- 2) Вивчення основ аналізу даних за допомогою класичних методів.
- 3) Вивчення методів дисперсійного, кореляційного та регресійного аналізу
- 4) Практичне ознайомлення з особливостями пактів прикладних програм, які використовуються для аналізу даних.

3 Очікувані результати навчання з дисципліни

Під час вивчення дисципліни ЗВО має досягти або вдосконалити наступні програмні результати навчання (ПРН), передбачені освітньою програмою:

ПР1. Аналізувати, цілеспрямовано шукати і вибирати необхідні для вирішення професійних завдань інформаційно-довідникові ресурси і знання з урахуванням сучасних досягнень науки і техніки.

ПР5. Знати і застосовувати відповідні математичні поняття, методи

доменного, системного і об'єктно-орієнтованого аналізу та математичного моделювання для розробки програмного забезпечення.

ПР6. Уміння вибирати та використовувати відповідну задачі методологію створення програмного забезпечення.

ПР10. Проводити передпроектне обстеження предметної області, системний аналіз об'єкта проектування.

ПР11. Вибирати вихідні дані для проектування, керуючись формальними методами опису вимог та моделювання.

У підсумку ЗВО повинні

знати:

1. базові терміни та визначення в галузі обробки та аналізу даних;
2. основи описової статистики;
3. застосування принципів дискретної ймовірності в ІТ;
4. методи збору та аналізу вимог до об'єкту дослідження;

вміти:

1. застосовувати емпіричні методи та засоби інженерії ПЗ;
2. володіти методами та технологіями організації та застосування даних;
3. мотивовано проводити вибір програмних засобів для формування масивів даних та їх обробки;
4. проводити оцінку ознак та їх вибір для опису, аналізу та моделювання предметної області;
5. обирати відповідну методологію дослідження;
6. застосовувати інформаційні технології для аналізу предметної області.

4 Критерії оцінювання результатів навчання

З тими ЗВО, які до проведення підсумкового семестрового контролю не встигли виконати всі обов'язкові види робіт та мають підсумкову оцінку від 0 до 19 балів (за шкалою оцінювання), проводяться додаткові індивідуальні заняття, за результатами яких визначається, наскільки глибоко засвоєний матеріал, та чи необхідне повторне вивчення дисципліни.

Дисципліну можна вважати такою, що засвоєна, якщо ЗВО:

1) **знає:**

- графічні методи зображення статистичного матеріалу.
- види групувань: типологічне, структурне, аналітичне.
- види відносних величин і способи їх обчислення.
- суть і призначення середніх величин, їх види, властивості та техніку

обчислення

- основні показники варіації.
- основні поняття кореляційного і регресійного аналізу
- основні поняття і складові елементи ряду динаміки та методи їх

визначення

- основні поняття вибіркового спостереження.
- закони розподілу дискретних випадкових величин. Параметричні і непараметричні статистичні гіпотези.

2) **вміє**: застосовувати та визначати :

- визначати основні статистичні показники;
- обирати програми для виконання операцій аналізу даних;
- працювати з основними прикладними програмами, які використовуються для обробки статистичних даних;
- користуватися вбудованими системами допомоги.

5 Засоби діагностики результатів навчання

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання з дисципліни є поточний та семестровий контроль. Поточний контроль складається з опитувань, які проводяться під час лекцій, а також – захисту лабораторних та розрахунково-графічних робіт. Запитання для поточного контролю знаходяться у відповідних методичних рекомендаціях. Семестровий контроль проводиться у вигляді іспиту, запитання до якого на початку семестру розміщується на сторінці дисципліни в системі дистанційного навчання Moodle. Запитання до іспиту також знаходяться в пакеті документації на дисципліну.

6 Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Основи описової статистики

Тема 1. Вступ

Формування програмних результатів навчання: ПР1, ПР5

Загальна характеристика емпіричних методів. Статистична сукупність, одиниці сукупності та їх характерні риси. Статистичні закономірності та їх форми. Статистичні (варіаційні) ряди та їх характеристики. Статистичні ряди розподілу, їх елементи. Варіаційні та атрибутивні ряди розподілу. Їх характеристика та способи побудови. Графічні методи зображення статистичного матеріалу.

Тема 2. Зведення та групування статистичних даних

Формування програмних результатів навчання: ПР1, ПР5

Суть, організація і техніка статистичного зведення. Статистичні класифікації та їх види. Статистичні таблиці, їх елементи. Види статистичних таблиць за характером підмета. Розробка присудка статистичної таблиці. Правила побудови статистичних таблиць. Групування — основа обробки статистичних даних. Види групувань: типологічне, структурне, аналітичне. Групування прості та комбінаційні. Способи вторинного групування.

Тема 3. Абсолютні, відносні і середні величини

Формування програмних результатів навчання: ПР1, ПР5, ПР10, ПР11

Абсолютні статистичні величини, їх види та одиниці вимірювання. Форми вираження відносних величин. Види відносних величин і способи їх обчислення. Відносні величини динаміки, виконання договірних зобов'язань (плану), планового завдання, структури, координації, порівняння, інтенсивності.

Суть і призначення середніх величин. Види середніх величин. Умови використання середніх величин. Середня арифметична проста та зважена, її

властивості та техніка обчислення. Середня гармонічна проста та зважена, умови її застосування. Структурні середні — мода і медіана. Розрахунок моди і медіани для дискретного та інтервального рядів розподілу.

Тема 4. Дисперсійний аналіз

Формування програмних результатів навчання: ПР1, ПР5, ПР10, ПР11

Поняття варіації ознаки. Основні показники варіації: розмах варіації, середнє лінійне та середнє квадратичне відхилення, коефіцієнт варіації. Дисперсія та її види. Математичні властивості дисперсії і спрощені способи її обчислення. Правило розкладання (декомпозиції) варіації. Характеристика форм розподілу. Одно- і багатoverшинні криві. Симетричні та асиметричні криві. Властивості форми розподілу. Асиметрія та її оцінювання. Центральні моменти розподілу. Екссес та його вимірювання. Коефіцієнти концентрації та локалізації. Вимірювання інтенсивності структурних зрушень.

Тема 5. Кореляційно-регресійний аналіз

Формування програмних результатів навчання: ПР1, ПР5, ПР10, ПР11

Загальний зв'язок явищ. Види і форми зв'язків. Кореляційний і регресійний аналіз статичного зв'язку явищ. Основні умови застосування кореляційно-регресійного методу. Парна і множинна кореляції. Рівняння регресії як форма аналітичного вираження статистичного зв'язку. Показники щільності зв'язку. Лінійний коефіцієнт кореляції. Рангові коефіцієнти кореляції. Перевірка істотності коефіцієнта кореляції. Мультиколінеарність. Гетероскедастичність. Автокореляція.

Тема 6. Ряди динаміки

Формування програмних результатів навчання: ПР1, ПР5, ПР10, ПР11

Поняття і складові елементи ряду динаміки. Види рядів динаміки. Моментні та інтервальні ряди динаміки. Порівнянність рівнів у рядах динаміки. Абсолютні та відносні характеристики інтенсивності динаміки, способи обчислення та взаємозв'язок. Оцінка прискорення (уповільнення) розвитку. Порівняльний аналіз динамічних рядів. Коефіцієнт випередження. Середні рівні і показники рядів динаміки, способи їх обчислення. Поняття тренду, методи виявлення. Сезонні коливання, методи їх вимірювання.

Тема 7. Вибірковий метод статистичного дослідження

Формування програмних результатів навчання: ПР1, ПР5, ПР10, ПР11, ПР6

Поняття вибіркового спостереження. Генеральна та вибіркова сукупності: основні характеристики. Безповторна і повторна вибірки. Вибіркові оцінки середньої та частки. Похибки вибіркового спостереження. Визначення середньої (стандартної) та граничної похибок вибірки для середньої і частки. Способи поширення вибірових характеристик на показники генеральної сукупності. Довірчі інтервали для середньої та частки. Різновиди вибірок. Визначення обсягу вибірки.

Змістовий модуль 2. Застосування принципів дискретної ймовірності в ІТ

Тема 8. Закони розподілу випадкових величин

Формування програмних результатів навчання: ПР1, ПР5, ПР6

Закони розподілу дискретних випадкових величин. Біноміальний розподіл Пуассонівський закон розподілу. Геометричний закон розподілу. Закони розподілу неперервної випадкової величини. Рівномірний закон розподілу. Показниковий (експоненціальний) розподіл. Нормальний закон розподілу. Закони розподілу, зв'язані з нормальним. Функція надійності.

Тема 9. Перевірка гіпотез

Формування програмних результатів навчання: ПР1, ПР10, ПР11, ПР6

Параметричні і непараметричні статистичні гіпотези. Нульова й альтернативна гіпотези. Прості і складні статистичні гіпотези. Статистичний критерій. Емпіричне значення критерію. Область прийняття гіпотези. Критична область. Критична точка. Загальний алгоритм перевірки правильності нульової гіпотези. Помилки першого та другого роду. Потужність критерію. Параметричні статистичні гіпотези. Перевірка правильності нульової гіпотези про рівність двох дисперсій. Критерій перевірки гіпотези про вигляд невідомого закону розподілу.

7 Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем		Кількість годин для денної/заочної форми навчання									
		Всього		У тому числі							
				Лек.		Прак.		Лаб.		Сам.роб.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Модуль 1											
Змістовий модуль 1. Основи описової статистики											
1	Вступ	3		1							2
2	Зведення та групування статистичних даних	8		2				2			4
3	Абсолютні, відносні і середні величини	8		2				2			4
4	Дисперсійний аналіз	10		2				2			6
5	Кореляційно-регресійний аналіз	10		2				2			6
6	Ряди динаміки	10		2				2			6
7	Вибірковий метод статистичного дослідження	9		2				2			5
Разом за змістовим модулем 1		60		13			0	12			35
Змістовий модуль 2. Застосування принципів дискретної ймовірності в ІТ											
8	Закони розподілу випадкових величин	20		1				2			17
9	Перевірка гіпотез	40		2							38
Разом за змістовим модулем 2		60		3			0	2			55
Усього годин за дисципліну		120		16			0	14			90

8 Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	ЛР№1. Генерація масивів даних. Зведення та групування.	2
2	ЛР№2. Відносні величини	2
3	ЛР №3. Середні величини	2
4	ЛР№4. Показники варіації. Дисперсійний аналіз	2
5	ЛР№5. Аналіз взаємозв'язків.	2
6	ЛР№6. Ряди динаміки	2
7	ЛР№7. Вибіркове спостереження	2
Разом		14

9 Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Ряди розподілу, їх види та принципи побудови. Вторинне групування	2
2	Відносні величини планового завдання, виконання плану, координації, структури	4
3	Розрахунок моди і медіани для дискретного та інтервального рядів розподілу.	4
4	Коефіцієнти концентрації та локалізації. Вимірювання інтенсивності структурних зрушень.	6
5	Методи оцінювання параметрів 2МНК, УМНК.	6
6	Методи визначення циклічності, алгоритм Кондратьєва, фрактальний метод визначення тренду	6
7	Способи поширення вибіркової характеристики на показники генеральної сукупності. Довірчі інтервали для середньої та частки.	5
8	Закони розподілу, зв'язані з нормальним. Функція надійності	17
9	Критерій перевірки гіпотези про вигляд невідомого закону розподілу	19
10	Перевірка гіпотези про значущість вибіркового коефіцієнта кореляції.	19
Разом		90

10 Індивідуальні завдання

Робочим планом передбачено виконання індивідуальних завдань з дисципліни у вигляді розрахунково-графічної роботи (РГР). В ній ЗВО наводять тексти результати аналізу масивів даних, з використанням або розроблених власноруч програмних засобів, або з використанням спеціалізованих статистичних пакетів. Докладна інформація про РГР міститься в [14.2]. Форми контролю виконання РГР наведені в таблиці.

Вид роботи	Форма контролю	Кількість балів	
Структура, збір вхідних даних, опис методів аналізу	1. Відповідність умовам завдання	0...	4
	2. Експериментальне підтвердження	0...	2
Пояснювальна записка	1. Обґрунтованість рішень	0...	3
	2. Посилання на першоджерела	0...	2
	3. Відповідність оформлення вимогам	0...	2
	4. Своєчасність здачі	0...	2
Захист РГР	Самостійність виконання (відповіді на запитання)	0...	5
Разом		0...	20

11 Методи контролю

Оцінювання знань студентів здійснюється відповідно до [«Положення про поточне та підсумкове оцінювання знань здобувачів вищої освіти Національного університету «Чернігівська політехніка»](#).

З дисципліни студент може набрати до 60% підсумкової оцінки за виконання всіх видів робіт, що виконуються протягом семестру і до 40% підсумкової оцінки – на екзамені.

Виконання та особистий захист усіх лабораторних робіт, зазначених у робочій навчальній програмі з дисципліни, є обов'язковим. Поточний контроль проводиться шляхом спілкування із студентами під час лекцій та консультацій та опитувань студентів під час захисту лабораторних робіт [14].

Результати поточного контролю за відповідний модуль оприлюднюються викладачем на наступному аудиторному занятті. Бали, які набрані студентом під час модульних контролів, складають оцінку поточного контролю.

Семестровий контроль у вигляді *екзамену* проводиться під час сесії з чотирма запитаннями: трьома теоретичними (по 10 балів максимум за кожне) та одним практичним (10 балів максимум). Оцінка за результатами вивчення дисципліни формується шляхом додавання підсумкових результатів поточного контролю до екзаменаційної оцінки. Ті студенти, які не виконали всі обов'язкові види робіт та за результатами роботи в семестрі набрали менше 20 балів, мають пройти повторний курс вивчення дисципліни. Взаємозв'язок між набраними балами і оцінкою наведений у розділі 10.

В випадку повторного складання заліку всі набрані протягом семестру бали анулюються, а повторний іспит складається з трьома питаннями: трьома теоретичними (по 20 балів максимум за кожне) та одним практичним (40 балів максимум). Екзаменаційні білети знаходяться у пакеті документів на дисципліну.

У випадку, якщо ЗВО протягом семестру не виконав в повному обсязі передбачених робочою програмою всіх видів навчальної роботи, має невідпрацьовані лабораторні роботи або не набрав мінімально необхідну кількість балів (20), він не допускається до складання іспиту під час семестрового контролю, але має право ліквідувати академічну заборгованість у порядку, передбаченому [«Положенням про поточне та підсумкове оцінювання знань здобувачів вищої освіти Національного університету «Чернігівська політехніка»](#).

Повторне складання іспиту з метою підвищення позитивної оцінки не дозволяється.

За результатами семестру в екзаменаційну відомість виставляється оцінка відповідно до шкали оцінювання, що наведена в наступному розділі.

12 Розподіл балів, які отримують студенти

Поточний контроль за модулями

Модуль за тематичним планом дисципліни та форма контролю	Кількість балів
Змістовий модуль 1. Основи описової статистики	0... 20
1 Повнота ведення конспектів занять.	0... 3

Модуль за тематичним планом дисципліни та форма контролю	Кількість балів
2 Підготовленість до лабораторних робіт.	0... 4
3 Самостійність виконання лабораторних робіт.	0... 7
4 Своєчасність виконання лабораторних робіт.	0... 6
Змістовий модуль 2. Застосування принципів дискретної ймовірності в ІТ	0... 20
1 Повнота ведення конспектів занять.	0... 3
2 Підготовленість до лабораторних робіт.	0... 4
3 Самостійність виконання лабораторних робіт.	0... 7
4 Своєчасність виконання лабораторних робіт.	0... 6
Оцінка за РГР	0... 20
Семестрова оцінка поточного контролю	0... 60

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсової роботи	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
82-89	B	добре	
75-81	C		
66-74	D		
60-65	E	задовільно	не зараховано
0-59	FX	незадовільно	

13 Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна

Лекційний матеріал подається у вигляді презентацій за допомогою медіа-проектора або виведення на монітори робочих станцій. Під час лекцій аналізуються проблемні ситуації, організується зворотний зв'язок з аудиторією шляхом формулювання запитань і стислих відповідей з обох сторін.

Особливістю виконання лабораторних робіт є застосування спеціального та прикладного програмного забезпечення навчальної лабораторії «Аналітичної обробки інформації».

14 Методичне забезпечення

1. Емпіричні методи програмної інженерії: Лабораторний практикум з використанням ППП STATISTICA для бакалаврів напряму підготовки 121 «Інженерія програмного забезпечення» денної форми навчання / уклад. І.С.Скітер – Чернігів : ЧНТУ, 2019. –51 с.

2. Емпіричні методи програмної інженерії: Методичні вказівки до лабораторних робіт для бакалаврів напряму підготовки 121 «Інженерія

програмного забезпечення» денної форми навчання Частина 1 / уклад. І.С.Скітер – Чернігів: НУ «ЧП», 2020. – 46 с.

3. Емпіричні методи програмної інженерії: Методичні вказівки до лабораторних робіт для бакалаврів напряму підготовки 121 «Інженерія програмного забезпечення» денної форми навчання. Частина 2 / уклад. І.С.Скітер – Чернігів: НУ «ЧП», 2020. – 54 с.

4. Емпіричні методи програмної інженерії: Методичні вказівки до самостійної роботи для бакалаврів напряму підготовки 121 «Інженерія програмного забезпечення» денної форми навчання / уклад. І.С.Скітер – Чернігів: НУ «ЧП», 2020. – 45 с.

5. Емпіричні методи програмної інженерії : Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічних робіт для бакалаврів напряму підготовки 121 «Інженерія програмного забезпечення» денної форми навчання / уклад. І.С.Скітер – Чернігів : НУ «ЧП», 2019 – 27 с.

15 Рекомендована література

Базова

1 Бабак, В.П. Теорія ймовірностей, випадкові процеси та математична статистика : Підручник / В.П. Бабак, Б.Г. Марченко, М.Є. Фриз. - К. : Техніка, 2004. - 288 С.

2. Кармелюк Г.І. Теорія ймовірностей та математична статистика. Київ: Центр учбової літератури, 2007. 576 с.

3 Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. пос. для бакалавров. / Гмурман В. Е. – 12-е изд. – М. : Издательство Юрайт, 2013. – 479 с.

4 Гмурман, В.Е. Введение в теорию вероятностей и математическую статистику : учеб. пособие для инж.-экон. ин-тов и фак. / В.Е. Гмурман. - Изд. 3-е, доп. - М. : Высшая школа, 1966. - 379 С.

5 Горошанська О. О. Статистика: основи теорії : навч. посіб. / О. О. Горошанська, О. В. Прокопова. – Харків : ТОВ “Видавництво “Форт”, 2014 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : локальна мережа ЧНТУ кор. 1, кор. 11, «Бібліотека електронних копій документів»

Допоміжна

1 Bickel, Peter J.; Doksum, Kjell A. (2001). *Mathematical Statistics: Basic and Selected Topics I* (вид. Second (updated printing 2007)). Pearson Prentice-Hall. ISBN 0-13-850363-X.

2 Davison, A.C. (2003) *Statistical Models*. Cambridge University Press. ISBN 0-521-77339-3

3 Lehmann, Erich (1983). *Theory of Point Estimation*.

4 Liese, Friedrich; Miescke, Klaus-J. (2008). *Statistical Decision Theory: Estimation, Testing, and Selection*. Springer. ISBN 0-387-73193-8.

5 Айзек, М.П. Вычисления, графики и анализ данных в Excel 2013. Самоучитель / М.П. Айзек. – СПб.: Наука и техника, 2015. – 416 с.

6 Базака Л. Н. Статистическая обработка данных в среде пакетов Statistica, EViews и MS Excel; методические указания по выполнению лабораторных работ / Л. Н. Базака, А. И. Разников. – Пинск : ПолесГУ, 2015. – 138 с.

16 Інформаційні ресурси

1. Курс «Емпіричні методи програмної інженерії» системи дистанційного навчання “moodle” [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://eln.stu.cn.ua/course/view.php?id=758>
2. Prometheus/ Аналіз даних. –Режим доступу: <https://prometheus.org.ua/dataanalysis/>