

Кафедра геоінформатики і аерокосмічних досліджень Землі



«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Декан факультету землепорядкування
д.е.н., проф. Євсюков Т.О.
«18» травня 2023 р.

РОЗЛІНУТО І СХВАЛЕНО
на засіданні кафедри геоінформатики і
аерокосмічних досліджень Землі
Протокол № 11 від «14» квітня 2023 р.
Т.в.о. завідувача кафедри
к.т.н. доц. Дроздівський О.П.

ПОГОДЖЕНО
Гарант ОП «193 Геодезія та землеустрій»
д.т.н., проф. Ковальчук І.П.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ МАТЕМАТИЧНА СТАТИСТИКА ДЛЯ ГЕОДАНИХ

Спеціальність	193. Геодезія та землеустрій
Освітня програма	«Геодезія та землеустрій»
Факультет	Землепорядкування
Розробники	д.т.н., професор Козан С.С. (посида, науковий ступінь, прізвище та ініціал)
	д.е.н., доц. Козель А.О. (доклад, науковий ступінь, прізвище та ініціал)

Київ – 2023 р.

1. Опис навчальної дисципліни
МАТЕМАТИЧНА СТАТИСТИКА ДЛЯ ГЕОДАНИХ

Галузь знань, спеціальність, освітня програма		
Освітній ступінь	Бакалавр	
Спеціальність	193 Геодезія та землеустрій	
Освітня програма	Геодезія та землеустрій	
Характеристика навчальної дисципліни повного терміну навчання		
Вид	Вибіркова	
Загальна кількість годин	90	
Кількість кредитів ECTS	3	
Кількість змістовних модулів	2	
Курсовий проект (робота)(за наявності)	немає	
Форма контролю	Залік	
Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форми навчання		
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Рік підготовки (курс)	2	2
Семестр	3	3-4
Лекційні заняття	15	4
Практичні, семінарські заняття	-	-
Лабораторні заняття	30	-
Самостійна робота	45	-
Індивідуальні завдання	-	-
Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми навчання	3	
Показники навчальної дисципліни для денної форми скороченого терміну навчання		
Рік підготовки (курс)	2	
Семестр	3	
Лекційні заняття	15	
Практичні, семінарські заняття	-	
Лабораторні заняття	30	
Самостійна робота	75	
Індивідуальні завдання	-	
Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми навчання	3	

2. Мета і завдання навчальної дисципліни МАТЕМАТИЧНА СТАТИСТИКА ДЛЯ ГЕОДАНИХ

Мета

Дисципліна “ *Математична статистика для геоданих* ” забезпечує оволодіння студентами фундаментальними основами використання математико-статистичних методів та прикладного опрацювання геоданих та показників щодо стану земельних відносин на основі використання сучасних комп’ютерних технологій.

Завдання

Завданням вивченням дисципліни є формування у фахівця теоретичних знань і практичних навичок геостатистики, математико-статистичного апарату методів обробки геопросторових даних та їх властивостей. Зокрема, в завданнях використовуються спектральні властивості просторових об’єктів, похідні продукти (вегетаційні індекси, площа листової поверхні) з відповідними картографічними проєкціями, що потребують постійних трансформувань і подальшого практичного їх використання на базі геоінформаційних технологій при ГІС-аналізі даних та показників щодо стану земельних відносин та земельно-кадастрових даних.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен знати:

- основи теорії ймовірності;
- основні показники та методики базового геостатистичного аналізу геоданих.

вміти:

- здійснювати збір геоданих та організувати необхідні дані;
- виконувати первинну організацію геоданих у вигляді електронних таблиць;
- вміти використовувати математичні моделі для аналізу геоданих та показників щодо стану земельних відносин;
 - володіти базовими методами багатовимірної статистики відповідно до аналізу геоданих та показників щодо стану земельних відносин;
 - знати можливості та вміти працювати з пакетами ArcGIS та Statistica.

Навчальна дисципліна забезпечує формування ряду компетентностей:

- загальні компетентності:

- ЗК01. Здатність вчитися й оволодівати сучасними знаннями;
- ЗК02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;
- ЗК07. Здатність працювати автономно;
- ЗК12. Здатність реалізувати свої права та обов’язки як члена суспільства; усвідомлення цінності громадянського (вільного демократичного) суспільства і необхідності його сталого розвитку, верховенства права, прав та свобод людини і громадянина в Україні;
- ЗК13. Здатність зберігати, примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії, закономірностей розвитку предметної області, її місця в загальній системі знань про природу й суспільство, а також в розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види та форми рухової активності для відпочинку та ведення здорового способу життя.

- спеціальні компетентності:

- СК01. Здатність застосовувати фундаментальні знання для аналізу явищ природного і техногенного походження при виконанні професійних завдань у сфері геодезії та землеустрою;

- СК02. Здатність застосовувати теорії, принципи, методи фізико-математичних, природничих, соціально-економічних, інженерних наук при виконанні завдань геодезії та землеустрою;
- СК03. Здатність застосовувати нормативно-правові акти, нормативно-технічні документи, довідкові матеріали у професійній діяльності;
- СК04. Здатність обирати та використовувати ефективні методи, технології та обладнання для здійснення професійної діяльності у сфері геодезії та землеустрою;
- СК05. Здатність застосовувати сучасне інформаційне, технічне і технологічне забезпечення для вирішення складних питань геодезії та землеустрою;
- СК06. Здатність виконувати дистанційні, наземні, польові та камеральні дослідження, інженерні розрахунки з опрацювання результатів досліджень, оформляти результати досліджень, готувати звіти при вирішенні завдань геодезії та землеустрою;
- СК07. Здатність збирати, оновлювати, опрацьовувати, критично оцінювати, інтерпретувати, зберігати, оприлюднювати і використовувати геопросторові дані та метадані щодо об'єктів природного і техногенного походження.

програмні результати навчання:

- РН2. Організувати і керувати професійним розвитком осіб і груп;
- РН3. Донести до фахівців і нефахівців інформацію, ідеї, проблеми, рішення, власний досвід та аргументацію;
- РН4. Знати та застосовувати у професійній діяльності нормативно-правові акти, нормативно-технічні документи, довідкові матеріали в сфері геодезії та землеустрою і суміжних галузей;
- РН5. Застосовувати концептуальні знання природничих і соціально-економічних наук при виконанні завдань геодезії та землеустрою;
- РН9. Збирати, оцінювати, інтерпретувати та використовувати геопросторові дані, метадані щодо об'єктів природного і техногенного походження, застосовувати статистичні методи їхнього аналізу для розв'язання спеціалізованих задач у сфері геодезії та землеустрою.

**3. Програма та структура навчальної дисципліни
МАТЕМАТИЧНА СТАТИСТИКА ДЛЯ ГЕОДАНИХ
для повного терміну денної форми навчання:**

Назва змістовних модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма							заочна форма				
	тижні	усього	у тому числі					усього	у тому числі			
			л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Семестр I												
Змістовий модуль 1. Основи теорії ймовірності та базові статистичні показники												
Тема 1. Основні положення теорії ймовірності та математична статистика	1	6	2		4				1			
Тема 2. Елементарний аналіз геоданих та показників щодо стану земельних відносин	3	6	2		4				1			
Тема 3. Основні статистичні моделі. Базова статистика даних та показників щодо стану земельних відносин	5	6	2		4							
Разом за змістовим модулем		18	6		12			2	2			
Змістовий модуль 2. Основи статистичного аналізу землевпорядних геоданих												
Тема 4. Методи статистичної оцінки середніх величин	7	14	2		2		10		1			
Тема 5. Статистичні моделі геоданих та показників щодо стану земельних відносин на основі вибірок	9	16	2		4		10					
Тема 6. Основи статистичного аналізу вибірових геоданих	11	16	2		4		10					
Тема 7. Багатовимірні моделі геоданих	13	26	3		8		15		1			
Разом за змістовим модулем		72	9		18		45	2	2			
Разом за семестр		90	15		30		45	4	2			

для скороченого терміну навчання:

Назва змістовних модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	тижні	усього	у тому числі					усього	у тому числі			
			л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Семестр I												
Змістовий модуль 1. Основи теорії ймовірності та базові статистичні показники												
Тема 1. Основні положення теорії ймовірності та математична статистика		16	2		4		10					
Тема 2. Елементарний аналіз геоданих та показників щодо стану земельних відносин		16	2		4		10					
Тема 3. Основні статистичні моделі. Базова статистика даних та показників щодо стану земельних відносин		16	2		4		10					
Разом за змістовим модулем		48	6		12		30					
Змістовий модуль 2. Основи статистичного аналізу землевпорядних геоданих												
Тема 4. Методи статистичної оцінки середніх величин		14	2		2		10					
Тема 5. Статистичні моделі геоданих та показників щодо стану земельних відносин на основі вибірок		11	2		4		5					
Тема 6. Основи статистичного аналізу вибірових геоданих		10	2		2		6					
Тема 7. Багатовимірні моделі геоданих		37	3		10		24					
Разом за змістовим модулем		72	9		18		45					
Разом за семестр		120	15		30		75					

4. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин

5. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин

6. Теми лабораторних занять повного терміну денної форми навчання:

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Статистичні та варіаційні серії показників площ землевласників та землекористувачів в MS Excel	2
2	Статистичні та варіаційні серії показників площ землевласників та землекористувачів в STATISTICA	2
3	Базова статистика основних показників для геопросторових даних	2
4	Закони розподілу змінних випадкових величин на прикладі оцінки земель	2
5	Формування вибірок геоданих та показників щодо стану земельних відносин із генеральних сукупностей	2
6	Критерії достовірності оцінок кадастрових геоданих	2
7	Перевірка гіпотез про закони розподілу	2
8	Кореляційний аналіз геоданих та показників щодо стану земельних відносин	2
9	Регресійний аналіз геоданих та показників щодо стану земельних відносин	2
10	Однофакторний дисперсійний аналіз геоданих та показників щодо стану земельних відносин	2
11	Багатофакторний дисперсійний аналіз геоданих та показників щодо стану земельних відносин	2
12	Кластерний аналіз геоданих та показників щодо стану земельних відносин	2
13	Дискримінантний аналіз геоданих та показників щодо стану земельних відносин	2
14	Факторний аналіз кадастрових геоданих та метод головних компонент	2
15	Багатовимірне шкалування геоданих та показників щодо стану земельних відносин	2

7. Теми самостійної роботи

№ з/П	Назва теми	Кількість годин
1	Основне поняття геостатистики в сфері земельних відносин	9
2	Базові аспекти використання мови R для проведення статистичного аналізу	10
3	Використання дерева рішень для обробки геоданих	8
4	Програмний продукт ArcGIS для цілей статистичного аналізу геопросторових даних	8
5	Математико-статистичні методи обробки геопросторових даних	10

8. Контрольні питання, комплекти тестів для визначення рівня засвоєння знань студентами.

1. Отримати завдання з даними про характеристику ринку землі по Київській області за 2020 – 2021 р.р.
2. Впорядкувати дані за показниками відповідно років (2020-2021).
3. Розрахувати частоти даних показників ринку землі.
4. Побудувати гістограми розподілу частот. Провести порівняльний аналіз розподілу частот показників за роками.
5. Розрахувати показники асиметрії та ексцесу для гістограм розподілу і зробити висновок про характер варіаційної кривої (навність «піку» та зміщення значень у бік більших чи менших показників).
6. Перевірити гіпотезу про нормальність розподілу частот показників за критеріями Колмогорова-Смірнова та Шапіро-Уїлкса. Зробити висновок про нормальність розподілу показників.
7. Розрахувати частоти розподілу показників для різних законів розподілу (при невідповідності показників нормальному розподілу).
8. Перевірити гіпотезу відповідності фактичних частот розподілу розрахованим частотам для різних законів (за критерієм Хі-квадрат, «Observed versus expected X») і зробити висновок про статистично достовірний закон розподілу.
9. Розрахувати базові статистичні характеристики показників ринку землі. Провести порівняльний аналіз базових статистичних показників за роками.
10. Перевірити гіпотезу про рівність дисперсій показників для різних років. Зробити висновок про рівність дисперсій.
11. Перевірити гіпотезу для рівності середніх значень та належності вибірки до однієї генеральної сукупності. (*примітка, якщо розподіл не відповідає нормальному – використовуються непараметричні критерії*). Зробити висновок про належність даних показнику за усі роки до однієї генеральної сукупності.

ПРИКЛАД ТЕСТОВИХ ЗАВДАНЬ ІЗ ДИСЦИПЛІНИ «МАТЕМАТИЧНА СТАТИСТИКА ДЛЯ ГЕОДАНИХ»

Факультет: землевпорядкування
 Спеціальність: геодезія та землеустрій
 Форма навчання денна
 Семестр 3 Курс 2
 ОС «Бакалавр»
 Кафедра геоінформатики і аерокосмічних досліджень
 Землі
 Дисципліна «Математична статистика для геоданих»
 Викладач _____ А.О. Кошель
 «Затверджую»
 Зав. кафедри _____ С.С. Кохан
 _____ 2023 р.

Варіант № 1

Питання 1. «_____» – одна із загальних теорій
 всесвіту, яка узагальнює представлення про випадковість. В
 загальному представленні випадковість є результатом
 одночасної дії на об'єкт чи процес множини частково
 незалежних факторів.
 У бланку вкажіть вірну відповідь

Питання 2. Множина відносно однорідних але
 індивідуально різних одиниць спостереження об'єднаних в
 рамках програми досліджень називають:
 1. Варіаційним рядом
 2. Множиною значень
 3. Статистичною сукупністю
 4. Сукупністю чисел

Питання 3. Характерною властивістю ознаки є
 «_____» величини ознаки в певних межах.
 У бланку вкажіть вірну відповідь

Питання 4. Центр розподілу, навколо якого групуються усі
 варіанти досліджуваної сукупності.
 1. Середня арифметична
 2. Середня гармонічна
 3. Середня квадратична
 4. Середня геометрична

Питання 5. Ймовірнісна модель пояснює поведінку
 «_____» множини.
 У бланку вкажіть вірну відповідь

Питання 6. Дайте назву коефіцієнту що розраховується за
 формулою:

$$t_{As} = \frac{As}{S_{As}} = \frac{As}{\sqrt{\frac{6}{n+3}}}$$

Питання 7. Використовується в тому випадку, коли треба
 охарактеризувати показники площі.
 1. Середня арифметична
 2. Середня гармонічна
 3. Середня квадратична
 4. Середня геометрична

Питання 9. Показник що використовується, коли треба
 порівнювати особливості варіювання різних сукупностей,
 які можуть бути вираженими різними одиницями:
 1. Середнє квадратичне відхилення
 2. Коефіцієнт варіації
 3. Дисперсія
 4. Нормоване відхилення

Питання 10. Якщо випадкова величина може приймати
 будь-які числові значення – вона називається:
 1. Стандартною
 2. Дискретною
 3. Нормальною
 4. Неперервною

Питання 11. Несуперечливе припущення про розподіл
 випадкової величини - це:
 1. Статистична гіпотеза
 2. Дисперсія
 3. Вибірка
 4. Подія

Питання 12. Розподіл «_____» є частковим
 випадком біноміального розподілу, яке використовуються
 для аналізу рідкісних випадкових подій.
 У бланку вкажіть вірну відповідь

Питання 13. Розставте у вірному порядку

1. Квантілі	А. Величини, які розбивають ранжований варіаційний ряд на десять рівних частин
2. Квартілі	Б. величини, які відсікають в межах ряду певну частину його членів.
3. Децилі	В. Величини, які розбивають ранжований варіаційний ряд на 100 рівних частин
4. Перцентілі	Г. Три величини (Q1, Q2, Q3), які розбивають ранжований варіаційний ряд на чотири рівні частини

Питання 14. Середня, відносно якої ранжований
 варіаційний ряд ділиться на дві рівні частини, тобто, по
 обидві сторони розташована однакова кількість варіант.
 1. Мода
 2. Середня гармонічна
 3. Медіана
 4. Середня геометрична

Питання 15. При повному збігу теоретичних і фактичних
 частот $\chi^2 =$
 1. 10
 2. 1
 3. 100
 4. 0

Питання 16. Комплекс умов, необхідних для отримання
 даних про поведінку об'єкта – це?
 У бланку вкажіть вірну відповідь

Питання 8. Відносний показник відхилення фактичних варіант від середнього значення або міра розсіювання ознаки – це « _____ »
У бланку вкажіть вірну відповідь

Питання 18. Сума зворотних значень варіант, поділених на їх число.
1. Середня арифметична
2. Середня гармонічна
3. Середня квадратична
4. Середня геометрична

Питання 19. Розставте у вірному порядку	
1. Х-критерій Ван-дер-Вардена	А. Застосовують для перевірки нульової гіпотези про належність двох незалежних вибірок до однієї генеральної сукупності.
2. z-критерій знаків	Б. Використовується для аналізу залежних вибірок, коли значення їх варіант вони пов'язані попарно деякими загальними умовами.
3. U-критерій Манна-Уїтні	В. Застосовують для перевірки нульової гіпотези при порівнянні незалежних вибірок.
4. T-критерій Уїлкоксона	Г. Використовується якщо результати досліджень має лише два результати, які можна виразити у вигляді знаків + та -.

Питання 20. Дайте назву коефіцієнту що розраховується за формулою:
$t_{Ex} = \frac{Ex}{S_{Ex}} = \frac{Ex}{2\sqrt{6/(n+5)}}$

Питання 21. Найчастіше критерій Колмогорова – Смірнова використовується для перевірки вибірки на
1. Значимість
2. Допустимість
3. Нормальність
4. Об'ємність

Питання 22. Якщо результат випробування може бути лише один і він передбачуваний – події називаються « _____ ».
У бланку вкажіть вірну відповідь

Питання 23. Якщо результатів події може бути більше, ніж один і апіорі його передбачити неможливо – подія називається « _____ ».
У бланку вкажіть вірну відповідь

Питання 17. Якщо при виконанні умов випробування події завідомо не можуть бути отриманими, вони називаються « _____ ».
У бланку вкажіть вірну відповідь

Питання 24. Величина критерію χ^2 завжди є:
1. Позитивною
2. Від'ємною
3. Несуттєвою
4. Неперервною

Питання 25. Варіаційні ряди бувають:
1. Рівноінтервальні
2. Нерівноінтервальні
3. Безінтервальні
4. Довільні

Питання 26. Порівнюючи ідеальне представлення із реальним для будь-якого об'єкта можна отримати певну оцінку реального об'єкта, яку і називають:
1. Теорія імовірності
2. Статистика
3. Гіпотеза
4. Подія

Питання 27. « _____ » є деякою числовою мірою об'єктивної можливості появи події при однократному випробуванні.
У бланку вкажіть вірну відповідь

Питання 28. Вірогідність, яку можна визначити до випробування називається « _____ ».
У бланку вкажіть вірну відповідь

Питання 29. Кожне окреме числове значення ознаки називається « _____ ».
У бланку вкажіть вірну відповідь

Питання 30. Величина, яка найчастіше зустрічається в даній сукупності.
1. Мода
2. Структурна середня
3. Медіана
4. Середня геометрична

9. Методи навчання

При проведенні лекційних занять використовуються словесні методи навчання (пояснення, розповідь, навчальна дискусія) із використанням наочних методів (ілюстрування, демонстрування) та мультимедійних засобів.

При проведенні лабораторних робіт використовується інструктаж з посланням демонстрування і самостійне опанування студентом програмного забезпечення під контролем викладача.

10. Форми контролю

Номер змістового модуля	Розділ дисципліни	Тема лекції	Тема практичного (лабораторного) заняття	Форма контролю знань			
I	Основи теорії ймовірності та базові статистичні показники	Тема 1. Основні положення теорії ймовірності та математична статистика	Статистичні та варіаційні серії показників площ землевласників та землекористувачів в MS Excel	Захист лабораторної роботи / оцінювання модульної контрольної роботи			
			Статистичні та варіаційні серії показників площ землевласників та землекористувачів в STATISTICA				
		Тема 2. Елементарний аналіз геоданих та показників щодо стану земельних відносин	Базова статистика основних показників для геопросторових даних				
			Закони розподілу змінних випадкових величин на прикладі оцінки земель				
			Формування вибірок геоданих та показників щодо стану земельних відносин із генеральних сукупностей				
		Тема 3. Основні статистичні моделі. Базова статистика даних та показників щодо стану земельних відносин	Критерії достовірності оцінок кадастрових геоданих				
			Перевірка гіпотез про закони розподілу				
			Кореляційний аналіз геоданих та показників щодо стану земельних відносин				
		II	Основи статистичного аналізу землевпорядних геоданих		Тема 4. Методи статистичної оцінки середніх величин	Регресійний аналіз геоданих та показників щодо стану земельних відносин	Захист лабораторної роботи / оцінювання модульної контрольної роботи
					Тема 5. Статистичні моделі геоданих та показників щодо стану земельних відносин на основі вибірок	Однофакторний дисперсійний аналіз геоданих та показників щодо стану земельних відносин	
Багатофакторний дисперсійний аналіз геоданих та показників щодо стану земельних відносин							
Тема 6. Основи статистичного аналізу вибірових геоданих	Кластерний аналіз геоданих та показників щодо стану земельних відносин						
	Дискримінантний аналіз геоданих та показників щодо стану земельних відносин						
Тема 7. Багатомірні моделі геоданих	Факторний аналіз кадастрових геоданих та метод головних компонент						
	Багатомірне шкалування геоданих та показників щодо стану земельних відносин						

Основними методами контролю знань, умінь та навичок студентів є з вивчення дисципліни є: усне опитування, письмова та практична перевірка, стандартизований контроль у вигляді модульних тестових робіт, оцінка за індивідуальне навчальне завдання, підсумковий залік.

Загальне значення цих методів полягає в тому, щоб найліпшим чином забезпечити своєчасний і всебічний зворотний зв'язок між студентами і викладачами, на підставі якого встановлюється, як студенти сприймають та засвоюють матеріал.

Мета контролю визначає вибір методів, при цьому слід враховувати, що зазначені методи можуть застосовуватися у всіх видах контролю – лише комплексне їх застосування дає можливість регулярно та об'єктивно виявляти динаміку формування системи знань та умінь студентів. Кожний метод контролю має свої переваги і недоліки, сферу використання, ні один з них не може бути єдиним, здатним діагностувати усі аспекти процесу навчання. Отже:

- для контролю засвоєння лекційного матеріалу: усне опитування, письмові модульні контрольні роботи; поточне тестування; оцінка за індивідуальне навчальне завдання; підсумковий залік.

- для контролю і оцінювання лабораторних робіт: практична перевірка і оцінювання кожної лабораторної роботи.

11. Розподіл балів, які отримують студенти

Оцінювання знань студента відбувається за 100-бальною шкалою і переводиться в національні оцінки згідно з табл. 1 «Положення про екзамени та заліки у НУБіП України» (від 26.04.2023 р., протокол № 10)

Рейтинг студента, бали	Оцінка національна за результати складання	
	екзаменів	заліків
90-100	Відмінно	Зараховано
74-89	Добре	
60-73	Задовільно	
0-59	Незадовільно	Не зараховано

Для визначення рейтингу студента (слухача) із засвоєння дисципліни $R_{\text{дис}}$ (до 100 балів) одержаний рейтинг з атестації (до 30 балів) додається до рейтингу студента (слухача) з навчальної роботи $R_{\text{нр}}$ (до 70 балів): $R_{\text{дис}} = R_{\text{нр}} + R_{\text{ат}}$.

12. Навчально-методичне забезпечення

1. Методичні вказівки "Статистичні методи в землеустрої". А.О. Кошель, О.І. Новиков. – Київ, 2018. – 44 с.

13. Рекомендована література

Основна:

1. Віктор Барковський, Ніна Барковська, Олексій Лопатін. Теорія ймовірностей та математична статистика. Центр навчальної літератури. 2019. 494 с.
2. Probability, Random Variables, Statistics, and Random Processes: Fundamentals & Applications. Wiles and Sons Inc. 2019. 416 p.
3. Матковський С.О., Гальків Л.І., Гринькевич О.С, Сорочак О.З. Статистика: Навчальний посібник - Львів.: "Новий Світ", 2009. - 430 с.
4. Fotheringham, A.S., Brunson, C. and Charlton, M., 2003. Geographically weighted regression: the analysis of spatially varying relationships. John Wiley & Sons.
5. Rogerson, P.A., 2014. Statistical methods for geography: a student's guide. Sage.
6. Schabenberger, O. and Gotway, C.A., 2004. Statistical methods for spatial data analysis. CRC press.
7. Kang-Tsung Chang (2015) Introduction to Geographic Information Systems, Eighth Edition, McGraw Hill.
8. Deterministic and Geostatistical Interpolation Methods sections, Geospatial Analysis: Web site, M. J. de Smith, M. F. Goodchild, P. A. Longley. 2021. URL: <http://www.spatialanalysisonline.com/HTML/index.html>.

Допоміжна:

1. Steven S. Skiena. The Data Science Design Manual. Computer Science Department Stony Brook University. 2017. 453 p.
2. Сеньо П.С. Теорія ймовірностей та математична статистика. – К.: Центр навчальної літератури, 2004.

14. Інформаційні ресурси:

1. Державна служба статистики України. URL: www.ukrstat.gov.ua
2. Державна служба України з питань геодезії, картографії та кадастру. URL: <https://land.gov.ua/>
3. Eurostat. URL: <https://ec.europa.eu/eurostat>