


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Одеський державний екологічний університет

«ЗАТВЕРДЖЕНО»

на засіданні групи
забезпечення спеціальності
від « 10 » 02
_____ 2022 року

Протокол № 5

Голова групи  Чугай А.В.

УЗГОДЖЕНО»

В.о. завідувача аспірантури та
докторантури

 Ільїна А.О.

СИЛЛАБУС
навчальної дисципліни
Статистичні методи дослідження в екології

_____ (назва навчальної дисципліни)

101, Екологія

_____ (шифр та назва спеціальності)

Екологічні аспекти природокористування

_____ (назва освітньої програми)

третій (освітньо-науковий)

_____ (рівень вищої освіти)

очна

_____ (форма навчання)

I

_____ (рік навчання)

II

_____ (семестр навчання)

5,0 кр./150 год.

_____ (кількість кредитів ЄКТС/годин)

залік

_____ (форма контролю)

метеорології та кліматології

_____ (кафедра)

Одеса, 2022 р.

Автори: Серга Е.М., проф. кафедри метеорології та кліматології,
(прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь, вчена звання)

д.геогр.н., доц.
(прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь, вчена звання)

Поточна редакція розглянута на засіданні кафедри метеорології та кліматології від « 9 » лютого 2022 року, протокол № 6 .

Викладачі: Лекційні модулі, практичний модуль, залік – Серга Е.М., проф. кафедри
(вид навчального заняття: прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь, вчена звання)

метеорології та кліматології, д.геогр.н., доц.
(вид навчального заняття: прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь, вчена звання)

Перелік попередніх редакцій

Прізвища та ініціали авторів	Дата, № протоколу	Дата набуття чинності

ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мета	Мета дисципліни «Статистичні методи дослідження в екології» – формування твердих й глибоких знань у молодій людини, яка стала на шлях дослідницької діяльності, системи сучасних імовірно-статистичних методів досліджень у системі загальних фізико-математичних теорій, які широко використовуються у природничих галузях.
Компетентність	К07. Здатність застосовувати сучасні інструменти, електронні інформаційні ресурси, спеціалізоване програмне забезпечення у науковій та навчальній діяльності, зокрема для моделювання процесів та прийняття оптимальних рішень у сфері екології, охорони природи та раціонального природокористування.
Результат навчання	Р 071. Застосовувати сучасні інструменти та технології пошуку оброблення й аналізу інформації з проблем екології та дотичних питань, зокрема статистичні методи аналізу даних великого обсягу та/або складної структури, спеціалізовані бази даних та інформаційні системи.
Базові знання	<ol style="list-style-type: none"> 1. Базове знання – основні принципи та підходи до формування баз екологічних даних. 2. Базове знання – дослідження випадкових процесів у залежності від їх сутності. 3. Базове знання – дослідження кореляційної структури багатовимірних випадкових об'єктів екосистем; 4. Базове знання - параметризації багатовимірних випадкових об'єктів.
Базові вміння	<ol style="list-style-type: none"> 1. Базове вміння – використовувати отримані теоретичні знання при аналізі екологічних, атмосферних та океанічних процесів з єдиних науково-методичних позицій. 2. Базове вміння – використовувати математичний апарат статистичних досліджень в екології.
Базові навички	1. Базова навичка – застосовувати низку практичних навичок при реалізації підходів фізико-статистичного аналізу до розв'язання прикладних задач в екології
Пов'язані ссиллабуси	-
Попередня дисципліна	-
Наступна дисципліна	Оцінка техногенного навантаження на довкілля
Кількість годин	лекції: 45 практичні заняття: 30 самостійна робота студентів: 75

2. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

2.1. Лекційні модулі

Код	Назва модуля та тем	Кількість годин	
		аудиторні	СРС
ЗМ-Л1	МЕТОДИ ТЕОРІЇ ВИПАДКОВИХ ПРОЦЕСІВ	16	13
	Тема 1. Поняття про випадкову функцію	2	1
	Тема 2. Стационарна випадкова функція	6	3
	Тема 3. Кореляційна залежність між двома випадковими функціями	4	2
	Тема 4. Особливості дослідження нестационарних випадкових процесів	4	2
	ПМТКР	-	5
ЗМ-Л2	МЕТОДИ БАГАТОВИМІРНОГО СТАТИСТИЧНОГО АНАЛІЗУ	29	20
	Тема 5. Багатовимірний простір	2	1
	Тема 6. Кореляційний аналіз випадкових фізичних полів.	4	2
	Тема 7. Методи параметризації полів фізичних величин	4	2
	Тема 8. Компонентний аналіз фізичних полів	4	2
	Тема 9. Факторний аналіз	4	2
	Тема 10. Кластерний аналіз	4	2
	Тема 11. Лінійна багатовимірна модель прогнозу фізичних величин	4	2
	Тема 12. Методи прийняття альтернативних рішень	3	2
		ПМТКР	-
ЗМ-ІЗ	ПРФ	-	15
	ПЗКР	-	4
	Разом:	45	52

Консультації: Серга Едуард Миколайович, понеділок, 12.45-16.05 год., ауд. 301

2.2. Практичні модулі

Код	Назва модуля та тем	Кількість годин	
		аудиторні	СРС
ЗМ-П1	Тема 1. Стаціонарна випадкова функція.	4	2
	Тема 2. Кореляційна залежність між двома випадковими функціями.	4	3
	Тема 3. Стаціонарні випадкові процеси. Статистичне оцінювання щільності спектральних процесів. Взаємно спектральний аналіз.	4	3
		4	3
	Тема 4. Нестаціонарні випадкові процеси. Виначення схованих періодичностей у нестаціонарних випадкових процесах. Згладжування.	4	3
		4	3
	Тема 5. Факторний аналіз екологічних даних		
	Тема 6. Компонентний аналіз екологічних даних		
Тема 7. Кластерний аналіз екологічних даних			
Тема 8. Лінійна багатовимірна модель прогнозу фізичних величин			
Разом:		30	23

Консультації: Серга Едуард Миколайович, понеділок, 12.45-16.05 год., ауд. 301

2.3. Самостійна робота студента та контрольні заходи

Код модуля	Завдання на СРС та контрольні заходи	Кількість годин	Строк проведення (тижні)
ЗМ-Л1	• Підготовка до лекційних занять	8	1-13
	• Усне опитування під час лекційних занять (необов'язкове)		1-13
	• Підготовка до модульної тестової контрольної роботи	5	14
	• Модульна тестова контрольна робота		14
ЗМ-Л2	• Підготовка до лекційних занять	15	1-13
	• Усне опитування під час лекційних занять (необов'язкове)		1-13
	• Підготовка до модульної тестової контрольної роботи	5	14
	• Модульна тестова контрольна робота		14

ЗМ-П1	• Підготовка до усного опитування	23	1-13
	Виконання практичного завдання №1 (обов'язкове)	2	
	Виконання практичного завдання №2 (обов'язкове)	3	
	Виконання практичного завдання №3 (обов'язкове)	3	
	Виконання практичного завдання №4 (обов'язкове)	3	
	Виконання практичного завдання №5 (обов'язкове)	3	
	Виконання практичного завдання №6 (обов'язкове)	3	
	Виконання практичного завдання №7 (обов'язкове)	3	
	Виконання практичного завдання №8 (обов'язкове)	3	
ЗМ-ІЗ	ПРФ	15	15 тиждень
	Підготовка до залікової контрольної роботи	4	15 тиждень
	Разом:	75	

Таблиця нарахування балів за опрацювання лекційних і практичних занять

№	Види завдань	Максимальна кількість балів
ЗМ-Л1	Усне опитування під час лекційних занять (необов'язкове)	2
	Модульна тестова контрольна робота (обов'язкове)	15
ЗМ-Л2	Усне опитування під час лекційних занять (необов'язкове)	2
	Модульна тестова контрольна робота (обов'язкове)	15
ЗМ-ІЗ	Реферат (обов'язкове)	6
ЗМ-П1	Усне опитування під час практичних занять (необов'язкове)	4
	Практичне завдання № 1-7 (обов'язкове)	56 (максимально 8 балів за кожне)
	Практичне завдання № 8 (необов'язкове)	-
Разом		100

Максимальна кількість балів поточного контролю за роботу під час сесії, яку може отримати студент за виконання всіх завдань становить **100 балів**, з них обов'язкових **92 бала**.

1. Методика проведення та оцінювання контрольного заходу для ЗМ-Л1

Максимальна сума балів за ЗМ-Л1 та ЗМ-Л2 – 34 (17 за кожний).

Кожний модуль складається з:

- Оцінки результатів усного опитування під час лекцій (необов'язкове): студент повинен відповісти на десять запитань. Перші два запитання стосуються базових знань та вмінь запитання 3-10 стосуються теми поточної лекції; правильна відповідь на кожне запитання оцінюється в 0,2 бали. Максимальна сума балів, яку може одержати студент за усне опитування для кожного змістовного модуля, становить 2 бали. Критерії оцінки відповідей є такими (у відсотках від максимально можливих):

- 1) відповіді є повними та правильними – 100%;
- 2) відповіді є правильними, але не повними – 74%;
- 3) відповіді не завжди є правильними та повними – 60%;
- 4) відповіді не правильні або відсутні – 0%.

- Результатів проведення тестових контрольних робіт МТКР1 та МТКР2 (обов'язкові), які складаються з 25 питань (кожна), правильна відповідь на кожне з тестових завдань оцінюється в 0,6 бала, максимальна оцінка за виконання кожної МТКР дорівнює 15 балам, використовуються наступні критерії оцінювання: $\geq 60\%$ - зараховано; $< 60\%$ - не зараховано.

2. Методика проведення та оцінювання контрольного заходу для ЗМ-Л2

Контроль засвоювання практичного змістового модуля ЗМ-Л2 здійснюється через виконання практичних завдань за кожною з тем, максимальна кількість балів за виконання практичної частини курсу – 60 балів (Опитування – 4 балів, виконання практичних завдань – 56 балів (7 обов'язкових практичних завдань, максимально 8 балів за кожне)).

Використовуються наступні критерії оцінювання: $\geq 60\%$ - зараховано; $< 60\%$ - не зараховано.

3. Методика проведення та оцінювання підсумкового заходу.

Контроль поточних знань виконується на базі кредитно-модульної системи організації навчання. Підсумковим контролем рівня знань аспірантів є залік.

Наприкінці семестру аспірант отримує інтегральну оцінку з дисципліни за відповідною шкалою. Аспірант вважається допущеним до підсумкового семестрового контролю (ПСК), якщо він виконав всі види обов'язкових робіт, передбачені силлабусом дисципліни, і набрав за модульною системою суму балів не менше 25 балів з теоретичної частини та 35 балів з практичної частини.

Інтегральна оцінка по дисципліні, яка закінчується заліком розраховується за формулою:

$$B = 0,75 \times O3 + 0,25 \times O3KP,$$

де ОЗ - оцінка за змістовними модулями, яка має бути не менше 60% (54 бали),

ОЗКР - оцінка залікової контрольної роботи.

Залікова контрольна робота має один варіант, що складається з 20 питань закритого типу. Максимальна оцінка за виконання залікової контрольної роботи дорівнює 100 балам (100%). Використовуються наступні критерії оцінювання: $V \geq 60\%$ - зараховано; $V < 60\%$ - не зараховано, а ЗКР має бути виконана не менше, ніж на 50%.

3. РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ

3.1. Модуль ЗМ-Л1 «Методи теорії випадкових процесів»

3.1.1. Повчання

Самостійна робота студента денної форми навчання щодо вивчення ЗМ-Л1 передбачає усне опитування під час лекційних занять (необов'язкове) та підготовку до контрольної роботи МТКР1 (обов'язкова).

Підготовка до усного опитування за темами лекційних модулів дисципліни, що наведені у п. 2.1 передбачає опрацювання лекційного матеріалу, вивчення основного і, за бажанням, додаткового навчально-методичного забезпечення зі списку літератури, та перевірку знань шляхом виконання аспірантами контрольної роботи МТКР1.

Після вивчення змістовного модуля ЗМ-Л1, за допомогою навчально-методичного забезпечення студент має оволодіти такими знаннями:

- методи дослідження випадкових процесів у залежності від їх сутності;
- методи кореляційного аналізу стаціонарних й нестаціонарних випадкових процесів;
- методи отримання імовірнісних характеристик стаціонарних випадкових процесів у спектральній області;
- методи дослідження кореляційної структури багатовимірних випадкових об'єктів (полів сформованих з екологічних даних, вертикальних профілів фізичних величин впливаючих на стан екології, тощо).

Навчально-методичне забезпечення:

[1]: с. 21 – 128.

3.1.2. Питання для самоперевірки

Для перевірки успішності засвоєння матеріалу напередодні виконання контролюючих заходів студенти повинні знайти відповіді на такі питання.

1. Назвіть властивості лінійного оператора.

2. Наведіть приклад нелінійного оператора.
3. Чому дорівнює коваріація суми двох випадкових функцій?
4. Чому дорівнює коваріація суми випадкової функції та не випадкової величини?
5. Чому дорівнює коваріація суми випадкової та не випадкової функцій?
6. Що називається похідною випадкової функції?
7. Чому дорівнює математичне сподівання інтеграла випадкової функції?
8. Чому дорівнює коваріаційна функція інтеграла випадкової функції?
9. Як розуміти стаціонарність випадкового процесу у вузькому сенсі?
10. Як розуміти стаціонарність випадкового процесу (функції) у широкому сенсі?
11. Чому дорівнює дисперсія стаціонарної випадкової функції?
12. Як виглядає структурна функція, яку використовують для характеристик особливостей статистичної структури стаціонарного випадкового процесу?
13. Для чого використовують структурну функцію?
14. У чому полягає сенс ергодичної властивості?
15. Яка умова є достатньою для того, щоб випадкова функція мала ергодичну властивість відносно моментів першого та другого порядків?
16. Що називається спектральним розкладанням функції?
17. Який вигляд має розкладання коваріаційної функції у ряд Фур'є?
18. Що називається спектром випадкової функції?
19. Який спектр називається лінійчатим?
20. Що називається спектральною щільністю випадкової функції?
21. Перелічіть основні властивості спектральної щільності стаціонарної випадкової функції.
22. Який випадковий процес називають «білим шумом»?
23. Який випадковий процес називають «красним шумом»?
24. Яка функція називається «дельта-функцією»?
25. Яка функція називається ваговою функцією?
26. Який вигляд має передавальна функція лінійного оператора?
27. Що називають формувальними фільтрами?
28. Для чого використовується функція Барлетта?
29. Наведіть приклади функції Барлетта.
30. Що називають вибірковою спектром (періодограмою)?
31. Які співвідношення треба урахувати при проведенні спектрального аналізу ергодичних випадкових процесів?
32. Яким чином формулюється нульова гіпотеза для оцінок значущості спектра?
33. Яким чином визначається вірогідність частот коливань, що виявлені на спектрограмі?

34. Які складові містяться у часових рядах фізичних величин?
35. Яким чином виглядає оператор згладжування часового ряду при простому ковзному осередненні?
36. Який суттєвий недолік має оператор згладжування при простому ковзному осередненні у разі коли вага всіх точок, що беруть участь при розрахунках, дорівнює одиниці?
37. Які множники (функції) використовуються в операторах згладжування?
38. Від чого, крім вагового множника, залежить результат фільтрації?
39. Що таке множник Гіббса? Для чого він призначений?
40. Яким чином визначаються періодичності, що містяться у часових рядах?

3.2. Модуль ЗМ-Л2 «Методи багатовимірного статистичного аналізу»

3.2.1. Повчання

Самостійна робота студента денної форми навчання щодо вивчення ЗМ-Л2 передбачає усне опитування під час лекційних занять (необов'язкове) та підготовку до контрольної роботи МТКР2 (обов'язкова).

Підготовка до усного опитування за темами лекційних модулів дисципліни, що наведені у п. 2.1 передбачає опрацювання лекційного матеріалу, вивчення основного і, за бажанням, додаткового навчально-методичного забезпечення зі списку літератури, та перевірку знань шляхом виконання аспірантами контрольної роботи МТКР2.

Після вивчення змістовного модуля ЗМ-Л2, за допомогою навчально-методичного забезпечення студент має оволодіти такими знаннями:

- методи параметризації багатовимірних випадкових екологічних об'єктів;
- підходи до аналізу результатів параметризації багатовимірних випадкових екологічних об'єктів;
- методи створення статистичних моделей прогнозу екологічного стану й прийняття альтернативних рішень.

Навчально-методичне забезпечення:

[2]: с. 7 –156.

3.2.2. Питання для самоперевірки

Для перевірки успішності засвоєння матеріалу напередодні виконання контролюючих заходів студенти повинні знайти відповіді на такі питання.

1. Надати визначення багатовимірного «арифметичного», «метричного» та «евклідового» просторів.

2. Надати визначення «метеорологічного поля». Перелічити види представлення полів екологічних даних при дослідженнях екологічного стану середовища. Вміти представляти їх у матричному вигляді.
3. В яких випадках застосовують операцію транспонування матриць та в чому її сенс?
4. Як отримати середнє полів екологічних даних та в чому його сенс?
5. Чому дорівнює скалярний добуток двох векторів евклідового простору?
6. Вміти записати норму вектора в евклідовому просторі. Чому дорівнює квадрат норми вектора, зменшений в m разів?
7. Як розрахувати середній квадратичний відхил випадкової величини на метеорологічній станції через відхилення від середнього арифметичного та через норму вектора?
8. Яка інформація міститься в матриці коваріацій (кореляцій)?
9. Як отримати матрицю коваріацій (кореляцій)? Як представити матрицю коваріацій (кореляцій) у координатній формі? Які властивості мають дані матриці?
10. У чому полягає сенс компонентного аналізу? Перелічіть напрямки його використання.
11. Записати основні рівняння проблеми власних значень та прокоментувати їх.
12. У чому полягає основний смисл рівняння повної проблеми власних значень?
13. Як ви розумієте задачу параметризації екологічних об'єктів?
14. У чому полягає сенс задачі «стиску» екологічних інформації?
15. У чому полягає сенс задачі «фільтрації» екологічних інформації?
16. Властивості власних векторів матриці кореляцій (коваріацій)? Які вектори називаються ортонормованими?
17. Властивості власних значень матриці кореляцій (коваріацій)?
18. Сформулюйте теорему, на основі якої знаходять власні значення матриці коваріацій (кореляцій).
19. Як розв'язати задачу стиску інформації за допомогою компонентного аналізу?
20. Як можна розв'язати задачу фільтрації інформації за допомогою компонентного аналізу?
21. На що орієнтований факторний аналіз?
22. У чому полягає відмінність факторного аналізу від компонентного?
23. Що називають вагою фактора?
24. Що являють собою залишки v_i ?
25. Який фізичний сенс діагональних елементів матриці коваріацій?
26. Які два методи використовують для визначення факторних вагів p_{ij} і дисперсій залишків d_i ?
27. У чому полягає метод максимальної правдоподібності?
28. Функцією яких параметрів є функція правдоподібності?

29. Скільки факторів може існувати для коваріаційної матриці третього порядку?
30. За допомогою якого критерію перевіряється гіпотеза H_0 ?
31. Яке призначення кластерного аналізу?
32. Що є вектори-ситуацій (образи)?
33. Що таке кластер?
34. Дати поняття репрезентативного образу кластера.
35. Що таке центр кластера або еталон кластера?
36. У чому полягає задача класифікації екологічної інформації?
37. Як визначається евклідова відстань між некластеризованим вектором і центром кластера?
38. Що таке функція відстані?
39. Яким є критерій кластеризації при використанні евклідової відстані?
40. Яким є критерій кластеризації при використанні функції відстані?
41. Що таке міра схожості та які міри схожості вам відомі?
42. Як називається регресійна модель прогнозу екологічного стану середовища, якщо вона будується на множині предикторів?
43. Який метод використовується при визначенні коефіцієнтів лінійного множинного рівняння регресії?
44. Який сенс має частинний коефіцієнт кореляції і яку суттєву інформацію він містить?
45. Дати визначення множинного коефіцієнта кореляції і на яких етапах побудови регресійної моделі він використовується?
46. Які предиктори називаються потенційними, а які – оптимальними?
47. Який сенс методу покрокової регресії?
48. Як можна оцінити міру адекватності побудованої прогностичної регресійної моделі екологічного стану середовища прогнозу?

3.3 Модуль ЗМ-П1

3.3.1. Повчання

Самостійна робота студента денної форми навчання щодо вивчення ЗМ-П1 передбачає самостійного виконання практичних завдань з вісьми тем (завдання з тем №№1-7 – обов'язкові, №8 – необов'язкове):

Тема 1. Стаціонарна випадкова функція

Тема 2. Кореляційна залежність між двома випадковими функціями

Тема 3. Особливості дослідження нестационарних випадкових процесів

Тема 4. Кореляційний аналіз випадкових полів

Тема 5. Факторний аналіз

Тема 6. Компонентний аналіз

Тема 7. Кластерний аналіз

Тема 8. Лінійна багатовимірна модель прогнозу фізичних величин

Навчально-методичне забезпечення:

[1]: с. 21 – 128; [2]: с. 7 –156.

Після виконання **ЗМ-П1** студент повинен вміти:

- сформувати файли вихідної інформації з баз даних;
- розробляти алгоритми розрахунку необхідних параметрів, використовуючи вибрані для дослідження методи;
- застосовувати для розрахунків необхідні комп'ютерні програми (наприклад, пакет «Statistica», або інші програмні пакети (окремі програмні продукти) засновані на алгоритмах багатовимірного статистичного аналізу);
- сформувати за допомогою комп'ютерних технологій (графічних пакетів, MS Office, тощо) необхідну документацію по результатах розрахунків (таблиці, графіки, тощо);
- проводити фізико-статистичний аналіз отриманих результатів досліджень.

3.2.2. Питання для самоперевірки

1. Як матрично представити сукупність полів екологічних даних? Чим є кожен рядок і стовпець такої вихідної матриці?
2. Як отримати матрицю центрованих значень ΔX , якщо є вихідна матриця X ? Чому дорівнює кожен елемент центрованої матриці?
3. Які методи використовуються в основі добору оптимального складу предикторів при побудові регресійної моделі екологічного стану середовища прогнозу?
4. Як розрахувати коваріаційний та кореляційний моменти між метеорологічною величиною в різних вузлах полів екологічних даних?
5. Що лежить в основі розв'язання задачі повної проблеми власних значень?
6. Який сенс мають власні значення?
7. Як отримати вектор ортогональних компонент? Які компоненти називають головними?
8. Які два методи використовують для визначення факторних вагів p_{ij} і дисперсій залишків d_i ?
9. У чому полягає метод максимальної правдоподібності?
10. Як визначається евклідова відстань між некластеризованим вектором і центром кластера?
11. Що таке функція відстані?
12. Яким є критерій кластеризації при використанні евклідової відстані?
13. У чому полягає процедура “просіювання” предикторів?
14. Як побудувати регресійну модель екологічного стану середовища на статистично незалежних предикторах?

3.4 В межах самостійної роботи студентів передбачено виконання індивідуального завдання (реферат).

Аспіранти в рамках індивідуального завдання отримують теми для підготовки реферату з окремих тем лекційного та практичного курсів дисципліни.

Приблизний перелік тем:

1. Елементи теорії випадкових процесів.
2. Ймовірнісні характеристики випадкових функцій.
3. Спектральна щільність стаціонарного випадкового процесу.
4. Взаємний спектральний аналіз.
5. Методи аналізу часових рядів.
6. Кореляційний аналіз багатовимірних випадкових об'єктів.
7. Компонентний аналіз.
8. Кластерний аналіз.
9. Факторний аналіз.
10. Лінійне рівняння множинної регресії.
11. Частинний коефіцієнт кореляції.
12. Множинний коефіцієнт кореляції.
13. Методи прийняття альтернативних рішень.

4. ПИТАННЯ ДО ЗАХОДІВ ПОТОЧНОГО, ПІДСУМКОВОГО ТА СЕМЕСТРОВОГО КОНТРОЛЮ

4.1. Тестові завдання до модульної контрольної роботи ЗМ-Л1.

Література: [1] - С.3-55.

1. Які можуть бути випадкові функції? [1] - С.7-9.
2. Випадковим полем називають випадкову функцію такого вигляду. [1] - С.7-11.
3. Що характеризує дисперсія випадкової функції? [1] - С.11-16.
4. Що визначає коваріаційна функція? [1] - С.20-31.
5. Які з перелічених властивостей не мають відношення до лінійного оператора? [1] - С.46-51.
6. Які з перелічених властивостей не мають відношення до нелінійного оператора? [1] - С.46-51.
7. Чому дорівнює коваріація суми двох випадкових функцій? [1] - С.15-18.
8. Чому дорівнює коваріація суми випадкової функції та не випадкової величини? [1] - С.15-20.
9. Чому дорівнює коваріація суми випадкової та не випадкової функцій? [1] - С.15-21.
10. Чому дорівнює математичне сподівання інтеграла випадкової функції? [1] - С.15-21.
11. Чому дорівнює коваріаційна функція інтеграла випадкової функції? [1] - С.17-20.

12. Який випадковий процес є стаціонарним у вузькому сенсі? [1] - С.24-29.
13. Який випадковий процес (функція) є стаціонарним у широкому сенсі? [1] - С.24-29.
14. Який вигляд має дисперсія стаціонарної випадкової функції? [1] - С.29-32.
15. Який сенс ергодичної властивості? [1] - С.29-31.
16. Який вигляд має спектральний розклад функції? [1] - С.35-38.
17. Який вигляд має розкладання коваріаційної функції у ряд Фур'є? [1] - С.35-46.
18. Що є спектром випадкової функції? [1] - С.31-51.
19. Який спектр називається лінійчатим? [1] - С.55-59.
20. Що є спектральною щільністю випадкової функції? [1] - С.35-51.
21. Який випадковий процес називають «Білим шумом»? [1] - С.38-46.
22. Який випадковий процес називають «Червоним шумом»? [1] - С.38-46.
23. Який має вигляд функція Барлетта? [1] - С.38-53.
24. У чому полягає нульова гіпотеза для оцінок значущості спектра? [1] - С.40-55.
25. Чим визначається вірогідність частот коливань, що виявлені на спектрограмі? [1] - С.45-51.

4.2. Тестові завдання до модульної контрольної роботи ЗМ-Л2.

Література: [1] - С.63-84; [2] - С.7-113.

1. Що є ко-спектром випадкових процесів? [1] - С.63-65;
2. Що є квадратурним спектром випадкових процесів? [1] - С.63-65;
3. Що є фазовим спектром випадкових процесів? [1] - С.63-66;
4. Який фізичний сенс когерентності? [1] - С.65-71;
5. Визначте складові, які містяться у часових рядах фізичних величин. [1] - С.66-70;
6. Яким чином виглядає оператор згладжування часового ряду при простому ковзному осередненні? [1] - С.66-72;
7. Який суттєвий недолік має оператор згладжування при простому ковзному осередненні у разі коли вага всіх точок, що беруть участь при розрахунках, дорівнює одиниці? [1] - С.74-78;
8. Для чого призначений множник Гіббса? [1] - С.74-78;
9. Яким чином визначаються періодичності, що містяться у часових рядах? [1] - С.74-78;
10. Що є багатовимірним «арифметичним» простіром? [2] - С.7-9.
11. Що є багатовимірним «метричним арифметичним» простіром? [2] - С.7-9.
12. Що є багатовимірним «евклідовим» простіром? [2] - С.7-9.
13. Що є «метеорологічним полем»? [2] - С.7-10.
14. У чому полягає задача параметризації метеорологічних полів при використанні компонентного аналізу? [2] - С.25-45.

15. У чому полягає математичне розв'язання задачі параметризації при проведенні компонентного аналізу? [2] - С.25-45.
16. Наведить основне рівняння повної проблеми власних значень. [2] - С.25-45.
17. Наведить теорему, що визначає властивості власних значень. [2] - С.25-45.
18. Якщо матриця коваріацій (кореляцій) добре обумовлена, то.. [2] - С.25-45.
19. Що є власними значеннями матриці коваріацій (кореляцій)? [2] - С.25-45.
20. Що є головними компонентами метеорологічних полів? [2] - С.25-45.
21. У чому полягає відмінність факторного аналізу від компонентного? [2] - С.25-45; [2] - С.45-53.
22. Що являють собою залишки u_i у факторному аналізі? [2] - С.45-53.
23. Узагальнені фактори (у факторному аналізі) є [2] - С.45-53.
24. За яким критерієм у факторному аналізі перевіряється гіпотеза H_0 про наявність k факторів? [2] - С.45-53.
25. Яке рівняння є основною передумовою у факторному аналізі? [2] - С.45-53.
26. Скільки факторів може існувати для коваріаційної матриці третього порядку? [2] - С.45-53.
27. Що таке кластер (кластерний аналіз)? [2] - С.59-75.
28. Що таке репрезентативний образ кластера? [2] - С.59-75.
29. Сенс використання евклідової відстані у кластерному аналізі? [2] - С.59-75.
30. Вкажіть вираз для визначення евклідової відстані? [2] - С.59-75.
31. До яких мір схожості відноситься Евклідова відстань? [2] - С.59-75.
32. Яке з наведених рівнянь регресії будується на центрованих величинах? [2] - С.75-98.
33. Який метод не використовується при визначенні коефіцієнтів лінійного множинного рівняння регресії? [2] - С.75-98.
34. Вкажіть вірний вираз для розрахунку коефіцієнта множинної кореляції. [2] - С.75-98.
35. Вкажіть вірний вираз для розрахунку коефіцієнта множинної детермінації. [2] - С.75-98.
36. У яких межах може набувати значення множинний коефіцієнт кореляції? [2] - С.75-98.
37. Як сформульована статистична гіпотеза H_0 для оцінки міри адекватності моделі? [2] - С.75-98.
38. Який коефіцієнт кореляції $r_{yx_1 \bullet x_2}$ називають частинним коефіцієнтом кореляції між випадковими величинами y і x_1 ? [2] - С.75-98.
39. Який метод з перелічених не використовуються при «просіюванні предикторів» регресійної моделі? [2] - С.75-98.

4.3 Варіанти завдань практичної частини курсу

Практичний модуль складається з вісьми тем кожної з яких відповідає одне практичне завдання. Варіанти даних до практичних

завдань визначаються викладачем або науковим керівником аспіранта. Практичні завдання (№№1-7, №8 необов'язкове) надаються викладачем у реальному або дистанційному режимі та оцінюються максимально в 8 балів кожне.

Критерії оцінювання виконання кожного завдання у МКР:

- 1) Завдання виконано у повному об'ємі та правильно – 100%;
- 2) Завдання виконано правильно, але не у повному об'ємі – 74-89%;
- 3) Завдання виконано не зовсім правильно та не у повному об'ємі – 60-73%;
- 4) Завдання виконано не правильно або взагалі не виконано – 0-59%.

Приклади виконання та оформлення практичних завдань за темами:

Тема 1. Стаціонарна випадкова функція

Порядок оформлення практичного завдання:

1. Вихідні дані: (отримати у викладача).
2. Завдання роботи: на основі вихідних даних розрахувати значення автоковаріаційної та автокореляційної функцій, побудувати та проаналізувати відповідні графіки.
3. Методика розрахунку.
Теоретична частина. Формули розрахунку та опис складових
4. Результати розрахунків:
 - а) Первинні розрахункові дані (середнє значення (математичне сподівання), стандартне відхилення, дисперсія) у табличному вигляді.
 - б) Одержані значення автоковаріаційної та автокореляційної функцій у табличному вигляді.
 - в) Графіки автоковаріаційної та автокореляційної функцій
5. Аналіз графіків автоковаріаційної та автокореляційної функцій та висновки.

(Допоміжний матеріал: конспект лекцій)

Тема 2. Кореляційна залежність між двома випадковими функціями

Порядок оформлення практичного завдання

1. Вихідні дані: (отримати у викладача).
2. Завдання роботи: на основі вихідних даних розрахувати значення коваріаційної та кореляційної функцій між двома випадковими величинами, побудувати та проаналізувати відповідні графіки.
3. Методика розрахунку.
Теоретична частина. Формули розрахунку та опис складових
4. Результати розрахунків:
 - а) Первинні розрахункові дані (середнє значення (математичне сподівання), стандартне відхилення, дисперсія) у табличному вигляді.
 - б) Одержані значення коваріаційної та кореляційної функцій у табличному вигляді.
 - в) Графіки коваріаційної та кореляційної функцій

5. Аналіз графіків автоковаріаційної та автокореляційної функцій та висновки.
(Допоміжний матеріал: конспект лекцій)

Тема 3. Стаціонарні випадкові процеси. Статистичне оцінювання щільності спектральних процесів. Взаємно спектральний аналіз.

Порядок оформлення практичного завдання

1. Вихідні дані .. (отримати у викладача)
2. Завдання роботи: на основі вихідних даних розрахувати значення коваріаційної та автокореляційної функцій, спектральної щільності стаціонарних процесів, довірчі інтервали для білого та червоного шуму при $\alpha = 0,2$ та $\alpha = 0,05$, розрахувати статистичні оцінки взаємної спектральної щільності, побудувати та проаналізувати відповідні графіки.
3. Методика розрахунку

Теоретична частина. Формули розрахунку та опис складових (якщо потрібно для кожного з наступних пунктів виконання завдання)

4. Результати розрахунків:

- 4.1) Первинні розрахункові дані (середнє значення (математичне сподівання), стандартне відхилення, дисперсія) у табличному вигляді. Визначити максимальний зсув коррел. функції.
- 4.2) Одержані значення коваріаційної та автокореляційної у табличному вигляді.
- 4.3) Графіки коваріаційної та автокореляційної функцій.
- 4.4) Довірчі інтервали для білого й червоного шуму (представити у табличному вигляді);
- 4.5) Визначити статистичні оцінки взаємної спектральної щільності (представити у табличному вигляді) (можна використовувати комп'ютерні програми "Statistica")

5. Аналіз графіків спектральної щільності стаціонарних процесів та висновки.

4. Для взаємно спектрального аналізу визначити ко-спектр та квадратурний спектр, фазовий зсув та когерентність (представити у табличному та графічному вигляді)
5. Провести загальний аналіз результатів.
6. Висновки.

(Допоміжний матеріал: конспект лекцій, «Методи обробки та аналізу гідрометеорологічної інформації» (збірник задач і вправ), авт. Гончарова, Школьний Є.П., стор.271- 289 (теор.), 306-311; стор. 290-297, 311-319 (тип. задачі))

Тема 4. Нестационарні випадкові процеси. Вивчення схованих періодичностей у нестационарних випадкових процесах. Згладжування.

Порядок оформлення практичного завдання

1. Вихідні дані :....(отримати у викладача).
2. Завдання роботи: на основі вихідних даних за допомогою перетворення Фур'є розрахувати амплітуди гармонік, їх циклічні частоти та періоди, початкові фази, значення косинус та синус перетворень. Визначити значущі періоди. Провести згладжування рядів за максимальними амплітудами Побудувати графіки та зробити аналіз.(можна використовувати програми, які надані викладачем)
3. Методика розрахунку

Теоретична частина. Формули розрахунку та опис складових (якщо потрібно для кожного з наступних пунктів виконання завдання)

4. Результати розрахунків:
 - 4.1) Амплітуди гармонік, їх циклічні частоти та періоди, початкові фази, значення косинус та синус перетворень, визначити середнеквадраичне відхилення амплітуд та границі в одну $A + \sigma$ та дві $2A + \sigma$ (представити у табл. вигляді).
 - 4.2) Побудувати графіки амплітудно-частотних спектрів.
 - 4.3) Визначити статистично значущі коливання (представити у табл. вигляді).
 - 4.4) Провести згладжування рядів за значущими періодами. Побудувати графіки.
5. Провести загальний аналіз результатів.
6. Висновки.

(Допоміжний матеріал: конспект лекцій, «Методи обробки та аналізу гідрометеорологічної інформації» (збірник задач і вправ), авт. Гончарова, Шкільний Є.П., стор.336- 341 (теор.), стор. 340-343 (тип. задачі))

Тема 5. Факторний аналіз екологічних даних

Порядок оформлення практичного завдання

1. Вихідні дані :....(отримати у викладача).
2. Завдання роботи: на основі вихідних даних за допомогою алгоритму факторного аналізу отримати узагальнені фактори, факторні ваги, дисперсії залишків.
3. Методика розрахунку (коротко).

Теоретична частина. Формули розрахунку та опис складових (якщо потрібно для кожного з наступних пунктів виконання завдання)

4. Результати розрахунків:
 - 4.1) У табличному вигляді представити фізичні змінні (параметри екологічного стану) та ваги, які відносяться до кожного фактора у відповідності до точок розташування, а також дисперсії залишків.
 - 4.2) Побудувати графіки часового ходу узагальнених факторів. За допомогою інтегрального перетворення Фур'є визначити значущі періодичності у часовому ході узагальнених факторів, провести згладжування.

4.3) Провести аналіз одержаних результатів.

5. Висновки.

(Допоміжний матеріал: конспект лекцій; «Багатовимірний статистичний аналіз гідрометеорологічної інформації» авт. Школьний Є.П., Серга Е.М., Галіч Є.А.; стор.25- 45; «Обробка і аналіз гідрометеорологічної інформації», , авт. Школьний Є.П., Лосєва І.Д., Гончарова, стор.391- 422.)

Тема 6. Компонентний аналіз екологічних даних

Порядок оформлення практичного завдання

1. Вихідні дані :....(отримати у викладача).

2. Завдання роботи: на основі вихідних даних за допомогою алгоритму компонентного аналізу отримати власні значення, власні вектори матриці кореляцій; визначити значення головних компонент.

3. Методика розрахунку (коротко).

Теоретична частина. Формули розрахунку та опис складових (якщо потрібно для кожного з наступних пунктів виконання завдання)

4. Результати розрахунків:

4.1) У табличному вигляді представити власні значення та внески у загальну дисперсію перших компонент (головних), які у сумі пояснюють більш ніж 75% загальної дисперсії процесу.

4.2) На основі результатів роботи програми (алгоритму) побудувати рисунки розподілу у просторі: середніх значень та середньоквадратичних відхилів розглядаємого параметру екологічного стану (за фактичними даними), полів перших власних векторів, які відповідають визначеним головним компонентам, середніх значень розглядаємого гідрометеорологічного параметру (за відфільтрованими даними).

4.3) Провести аналіз одержаних схем розподілу, порівнюючи з головними природними процесами, які впливають на формування параметру екологічного стану.

4.4) Побудувати графіки часового ходу головних компонент. За допомогою інтегрального перетворення Фур'є визначити значущі періодичності у часовому ході головних компонент, провести згладжування. Провести відповідний аналіз.

5. Висновки.

Тема 7. Кластерний аналіз екологічних даних

Порядок оформлення практичного завдання

1. Вихідні дані :....(отримати у викладача).

2. Завдання роботи: на основі вихідних даних за допомогою алгоритму кластерного аналізу просторовий розподіл за кластерами, визначити репрезентативні вектори (центри кластерів), внутрікластерні дисперсії.

3. Методика розрахунку (коротко).

Теоретична частина. Формули розрахунку та опис складових (якщо потрібно для кожного з наступних пунктів виконання завдання)

4. Результати розрахунків:

4.1) У табличному вигляді представити репрезентативні вектори – центри кластерів, внутрішньокластерні дисперсії, середні значення.

4.2) На основі результатів роботи програми (алгоритму) побудувати схеми розподілу у просторі векторів параметрів екологічного стану.

4.3) Провести аналіз одержаних схем розподілу, порівнюючи з головними природними процесами, які впливають на формування параметру екологічного стану.

4.4) Побудувати графіки часового ходу репрезентативних центрів кластерів. За допомогою інтегрального перетворення Фур'є визначити значущі періодичності у часовому ході компонент (координат) зазначених центрів, провести згладжування.

5. Висновки.

Тема 8. Лінійна багатовимірна модель прогнозу фізичних величин

Порядок оформлення практичного завдання

1. Вихідні дані :....(отримати у викладача).

2. Завдання роботи: на основі вихідних даних за допомогою алгоритму регресійного аналізу параметри рівняння регресії й відповідно кінцевий вигляд рівняння.

3. Методика розрахунку (коротко).

Теоретична частина. Формули розрахунку та опис складових (наприклад, метод найменших квадратів, критерій Ст'юдента)

4. Результати розрахунків: У табличному вигляді поетапно представити параметри регресії, відповідні критерії Ст'юдента, коефіцієнти можинної кореляції.

5. Обґрунтувати та проаналізувати остаточне рішення про вигляд рівняння регресії.

6. Висновки.

4.3. Типові тестові завдання до залікової контрольної роботи.

Література: [1] с. 21-128, [2] с. 7-156.

1. Які можуть бути випадкові функції? [1] - С.7-9.

2. Випадковим полем називають випадкову функцію такого вигляду. [1] - С.7-11.

3. Що характеризує дисперсія випадкової функції? [1] - С.11-16.

4. Що визначає коваріаційна функція? [1] - С.20-31.

5. Які з перелічених властивостей не мають відношення до лінійного оператора? [1] - С.46-51.
6. Які з перелічених властивостей не мають відношення до нелінійного оператора? [1] - С.46-51.
7. Чому дорівнює коваріація суми двох випадкових функцій? [1] - С.15-18.
8. Чому дорівнює коваріація суми випадкової функції та не випадкової величини? [1] - С.15-20.
9. Чому дорівнює коваріація суми випадкової та не випадкової функцій? [1] - С.15-21.
10. Чому дорівнює математичне сподівання інтеграла випадкової функції? [1] - С.15-21.
11. Чому дорівнює коваріаційна функція інтеграла випадкової функції? [1] - С.17-20.
12. Який випадковий процес є стаціонарним у вузькому сенсі? [1] - С.24-29.
13. Який випадковий процес (функція) є стаціонарним у широкому сенсі? [1] - С.24-29.
14. Який вигляд має дисперсія стаціонарної випадкової функції? [1] - С.29-32.
15. Який сенс ергодичної властивості? [1] - С.29-31.
16. Який вигляд має спектральний розклад функції? [1] - С.35-38.
17. Який вигляд має розкладання коваріаційної функції у ряд Фур'є? [1] - С.35-46.
18. Що є спектром випадкової функції? [1] - С.31-51.
19. Який спектр називається лінійчатим? [1] - С.55-59.
20. Що є спектральною щільністю випадкової функції? [1] - С.35-51.
21. Який випадковий процес називають «Білим шумом»? [1] - С.38-46.
22. Який випадковий процес називають «Червоним шумом»? [1] - С.38-46.
23. Який має вигляд функція Барлетта? [1] - С.38-53.
24. У чому полягає нульова гіпотеза для оцінок значущості спектра? [1] - С.40-55.
25. Чим визначається вірогідність частот коливань, що виявлені на спектрограмі? [1] - С.45-51.
26. Що є ко-спектром випадкових процесів? [1] - С.63-65;
27. Що є квадратурним спектром випадкових процесів? [1] - С.63-65;
28. Що є фазовим спектром випадкових процесів? [1] - С.63-66;
29. Який фізичний сенс когерентності? [1] - С.65-71;
30. Визначте складові, які містяться у часових рядах фізичних величин. [1] - С.66-70;
31. Яким чином виглядає оператор згладжування часового ряду при простому ковзному осередненні? [1] - С.66-72;
32. Який суттєвий недолік має оператор згладжування при простому ковзному осередненні у разі коли вага всіх точок, що беруть участь при розрахунках, дорівнює одиниці? [1] - С.74-78;
33. Для чого призначений множник Гіббса? [1] - С.74-78;

34. Яким чином визначаються періодичності, що містяться у часових рядах? [1] - С.74-78;
35. Що є багатовимірним «арифметичним» простіром? [2] - С.7-9.
36. Що є багатовимірним «метричним арифметичним» простіром? [2] - С.7-9.
37. Що є багатовимірним «евклідовим» простіром? [2] - С.7-9.
38. Що є «метеорологічним полем»? [2] - С.7-10.
39. У чому полягає задача параметризації метеорологічних полів при використанні компонентного аналізу? [2] - С.25-45.
40. У чому полягає математичне розв'язання задачі параметризації при проведенні компонентного аналізу? [2] - С.25-45.
41. Наведіть основне рівняння повної проблеми власних значень. [2] - С.25-45.
42. Наведіть теорему, що визначає властивості власних значень. [2] - С.25-45.
43. Якщо матриця коваріацій (кореляцій) добре обумовлена, то.. [2] - С.25-45.
44. Що є власними значеннями матриці коваріацій (кореляцій)? [2] - С.25-45.
45. Що є головними компонентами метеорологічних полів? [2] - С.25-45.
46. У чому полягає відмінність факторного аналізу від компонентного? [2] - С.25-45; [2] - С.45-53.
47. Що являють собою залишки U_i у факторному аналізі? [2] - С.45-53.
48. Узагальнені фактори (у факторному аналізі) є [2] - С.45-53.
49. За яким критерієм у факторному аналізі перевіряється гіпотеза H_0 про наявність k факторів? [2] - С.45-53.
50. Яке рівняння є основною передумовою у факторному аналізі? [2] - С.45-53.
51. Скільки факторів може існувати для коваріаційної матриці третього порядку? [2] - С.45-53.
52. Що таке кластер (кластерний аналіз)? [2] - С.59-75.
53. Що таке репрезентативний образ кластера? [2] - С.59-75.
54. Сенс використання евклідової відстані у кластерному аналізі? [2] - С.59-75.
55. Вкажіть вираз для визначення евклідової відстані? [2] - С.59-75.
56. До яких мір схожості відноситься Евклідова відстань? [2] - С.59-75.
57. Яке з наведених рівнянь регресії будується на центрованих величинах? [2] - С.75-98.
58. Який метод не використовується при визначенні коефіцієнтів лінійного множинного рівняння регресії? [2] - С.75-98.
59. Вкажіть вірний вираз для розрахунку коефіцієнта множинної кореляції. [2] - С.75-98.
60. Вкажіть вірний вираз для розрахунку коефіцієнта множинної детермінації. [2] - С.75-98.
61. У яких межах може набувати значення множинний коефіцієнт кореляції? [2] - С.75-98.
62. Як сформульована статистична гіпотеза H_0 для оцінки міри адекватності моделі? [2] - С.75-98.

63. Який коефіцієнт кореляції $r_{yx_1 \bullet x_2}$ називають частинним коефіцієнтом кореляції між випадковими величинами y і x_1 ? [2] - С.75-98.
64. Який метод з перелічених не використовуються при «просіюванні предикторів» регресійної моделі? [2] - С.75-98.

Література для вивчення дисципліни

Основна

1. Лоева І.Д., Серга Е.М., Школьний Є.П. Методи теорії випадкових процесів. Навчальний посібник. ТЕС, Одеса. 2019. 131 с.
2. Школьний Є.П., Серга Е.М., Галіч Є.А. Багатовимірний статистичний аналіз гідрометеорологічної інформації. Навчальний посібник. ТЕС, Одеса. 2015. 165 с.
3. Казакевич Д.И. Основы теории случайных функций в задачах гидрометеорологии. – Л.: Гидрометеоиздат, 1989 – 230 с.
4. Коняев К.В. Спектральный анализ случайных океанологических полей. – Л.: Гидрометеоиздат, 1981. – 206 с.
5. Митропольский А.К. Техника статистических вычислений. – М.: Наука, 1971. – 575 с.

Посилання

1. Електронна бібліотека ОДЕКУ: www.library-odeku.16mb.com
2. Електронна пошта кафедри: geophys@odeku.edu.ua.
3. Електронна пошта: serga_ed@ukr.com