

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Одеський державний екологічний університет

ЗАТВЕРДЖЕНО
на засіданні групи забезпечення
спеціальності 103 «Науки про Землю»
від « 17 » червня 2022 року
протокол № 10

Голова групи Шакірзанова Ж.Р.

УЗГОДЖЕНО
Директор гідрометеорологічного
інституту Овчарук В.А.
(назва факультету, прізвище, ініціали)

СИЛЛАБУС

навчальної дисципліни
Багатовимірний статистичний аналіз

(назва навчальної дисципліни)

103 «Науки про Землю»

(шифр та назва спеціальності)

«Метеорологія і кліматологія»

(назва освітньої програми)

магістр

(рівень вищої освіти)

заочна

(форма навчання)

II рік

(рік навчання)

3

(семестр навчання)

4кр./120 год.

(кількість кредитів ЄКТС/годин)

залік

(форма контролю)

Метеорології та кліматології

(кафедра)

Одеса, 2022 р.

Автор: Гончарова Л.Д., канд.геогр.наук, доц.
(прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь, вчена звання)

Поточна редакція розглянута на засіданні кафедри метеорології та кліматології від « 23 » травня 2022 року, протокол № 9.

Викладач: Лекційний модуль, залік – Гончарова Л.Д., канд.геогр.наук, доц.
(вид навчального заняття: прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь, вчена звання)

Практичні модулі – Гончарова Л.Д., канд.геогр.наук, доц.

(вид навчального заняття: прізвище, ініціали, посада, науковий ступінь, вчена звання)

Рецензент:

Зав. кафедри метеорології та кліматології

Прокоф'єв о.М.

Перелік попередніх редакцій

Прізвища та ініціали авторів	Дата, № протоколу	Дата набуття чинності

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мета	Мета навчальної дисципліни – формування у магістрів теоретичних знань та практичних навичок з методів багатовимірного статистичного аналізу (БСА) для дослідження статичної структури гідрометеорологічних полів та побудови статистичних моделей кліматичних прогнозів.
Компетентність	Опанування методів багатовимірного статистичного аналізу для дослідження статистичної структури гідрометеорологічних полів.
Результат навчання	Використовувати методи БСА при дослідженні випадкових гідрометеорологічних процесів.
Базові знання	<ol style="list-style-type: none"> 1. Основні засади багатовимірного статистичного аналізу (поняття про багатовимірний евклідовий простір, скалярний добуток, норму вектора цього простору). 2. Математичні об'єкти гідрометеорологічних полів, властивості матриць коваріацій та кореляцій. 3. Методи дослідження однорідності та ізотропності випадкових полів за допомогою кореляційного аналізу. 4. Умови застосування компонентного аналізу для дослідження гідрометеорологічних полів, сенс задач стиску та фільтрації вихідної інформації. 5. Методи кластеризації системи емпіричних даних. 6. Застосування регресійного аналізу для дослідження гідрометеорологічних полів; методику побудови множинного лінійного рівняння регресії.
Базові вміння	<ol style="list-style-type: none"> 1. Аналізувати поля кореляцій випадкових величин для дослідження однорідності та ізотропності гідрометеорологічних полів. 2. Розв'язувати задачі стиску та фільтрації вихідної інформації. 3. Кластеризувати вихідні дані. 4. Проводити «просіювання» предикторів для побудови статистичної моделі у вигляді лінійного множинного рівняння регресії.
Базові навички	Застосування статистичного підходу для пояснення причин змін клімату в результаті дії внутрішніх та зовнішніх природних факторів.

Пов'язані силлабуси	
Попередні дисципліни	Методи аналізу випадкових метеорологічних процесів.
Наступна дисципліна	
Кількість годин	лекції: 2 практичні заняття: - лабораторні заняття: - семінарські заняття: - консультації 8 самостійна робота студентів: 110

2. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

2.1. Лекційні модулі

Код	Назва модуля та тем	Кількість годин	
		аудиторні	СРС
ЗМ-Л1	<p>Основні засади БСА. Кореляційний аналіз випадкових полів. Компонентний аналіз гідрометеорологічних об'єктів. Класифікація і кластер. Регресійна модель метеорологічного прогнозу.</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Тема 1.</i> Елементи лінійної алгебри. • <i>Тема 2.</i> Матриці коваріацій і кореляцій. • <i>Тема 3.</i> Однорідність та ізотропність метеорологічних полів. • <i>Тема 4.</i> Напрями використання компонентного аналізу для дослідження випадкових полів. • <i>Тема 5.</i> Власні значення і власні вектори матриці коваріації (кореляції). • <i>Тема 6.</i> Ортогональні компоненти метеорологічних об'єктів. • <i>Тема 7.</i> Задача стиску гідрометеорологічної інформації. • <i>Тема 8.</i> Задача фільтрації вихідної інформації. • <i>Тема 9.</i> Основи кластерного аналізу. • <i>Тема 10.</i> Методи кластеризації даних. • <i>Тема 11.</i> Метод «УАІМКА». • <i>Тема 12.</i> Рівняння множинної лінійної регресії. • <i>Тема 13.</i> Множинний коефіцієнт кореляції. Частинний коефіцієнт кореляції. • <i>Тема 14.</i> Поняття про добір оптимального складу предикторів. • <i>Тема 15.</i> Метод покрокової регресії. • <i>Тема 16.</i> Статистичний аналіз параметрів регресійної моделі. <p>Проміжний тест 1, 2, 3; КР-1.</p>		45
	Настановча лекція	2	
	Підготовка до ЗКР		5
	Разом:	2	50

Консультації: згідно з розкладом консультаційної сесії. Проводить консультації Гончарова Людмила Дмитрівна. Електронна адреса викладача: goncharova.luda.50@gmail.com

2.2. Практичні модулі

Код	Назва модуля та тем	Кількість годин	
		аудиторні	СРС
ЗМ-П1	<p>Основні засади БСА. Кореляційний аналіз гідрометрологічних полів.</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Робота 1.</i> Розрахування елементів математичних об'єктів гідрометеорологічних полів. • Підготовка звіту про виконання практичного завдання. • Оформлення звіту ДЗ-1 (обов'язкове). 		10
ЗМ-П2	<p>Компонентний аналіз гідрометеорологічних об'єктів.</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Робота 2.</i> Описати алгоритм компонентного аналізу, реалізований на ПК за допомогою комп'ютерної програми «EOF». Побудувати поля перших власних векторів матриці кореляції та провести їх аналіз. Розв'язати задачі стиску та фільтрації вихідної інформації. Побудувати вихідні та відфільтровані поля метеорологічних об'єктів та провести їх аналіз. • Підготовка звіту про виконання практичного завдання. • Оформлення звіту ДЗ-2 (обов'язкове). 		20
ЗМ-П3	<p>Регресійний аналіз. Побудова рівняння лінійної множинної регресії.</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Робота 3.</i> Описати алгоритм покрокової регресії, реалізований на ПК за допомогою комп'ютерної програми «STEP». Побудувати лінійне рівняння множинної регресії на оптимальних предикторах. Перевірити адекватність побудованої регресійної моделі. • Підготовка звіту про виконання практичного завдання. • Оформлення звіту ДЗ-3 (обов'язкове). 		20
	Разом:		60

Консультації: згідно з розкладом консультаційної сесії у травні. Проводить консультації Гончарова Людмила Дмитрівна. Електронна адреса викладача: goncharova.luda.50@gmail.com

2.3. Самостійна робота студента та контрольні заходи

Результати виконання завдань з самостійної роботи студенти повинні надсилати на особистий профіль курсу «Багатовимірний статистичний аналіз» <http://dpt17s.odku.edu.ua/course/view.php?id=31> для дистанційного навчання магістрів зі спеціальності «Науки про Землю» до термінів, вказаних у таблиці.

Код модуля	Завдання на СРС та контрольні заходи	Кількість годин	Строк проведення
ЗМ-Л1	<ul style="list-style-type: none"> Вивчення певних тем лекційного модуля. Підготовка до модульної тестової контрольної роботи (обов'язкова; МКР-1). 	40 5	01.09.2022- 20.10.2022
ЗМ-П1	<ul style="list-style-type: none"> Вивчення певних тем модуля, виконання завдань та підготовка звіту про виконання практичних завдань ДЗ-1 (обов'язкове). 	20	01.09.22- 15.09.22
ЗМ-П2	<ul style="list-style-type: none"> Вивчення певних тем модуля, виконання завдань та підготовка звіту про виконання практичних завдань ДЗ-2 (обов'язкове). 	20	16.09.22- 30.09.22
ЗМ-П3	<ul style="list-style-type: none"> Вивчення певних тем модуля, виконання завдань та підготовка звіту про виконання практичних завдань ДЗ-3 (обов'язкове). 	20	01.10.22- 15.10.22
	<ul style="list-style-type: none"> Підготовка до заліку (ЗКР). 	5	Сесія
Разом:		110	

Таблиця нарахування балів за опрацювання лекційних і практичних модулів.

Код модуля	Види завдань	Максимальна кількість балів
ЗМ-Л1	Модульний Проміжний тест 1.	10
	Модульний Проміжний тест 2.	10
	Модульний Проміжний тест 3.	10
	Модульна МКР-1 (обов'язкова).	20
ЗМ-П1	Практична робота №1 (обов'язкова) – ДЗ-1.	10
ЗМ-П2	Практична робота №2 (обов'язкова) – ДЗ-2.	20
ЗМ-П3	Практична робота №3 (обов'язкова) – ДЗ-3.	20
	Разом:	100

Максимальна кількість балів поточного контролю, яку може отримати студент за виконання всіх завдань становить 100 балів.

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

Теоретичний матеріал до ЗМ-Л1 містить структурований електронний навчальний посібник і його опанування оцінюється через відповіді на контрольні тестові питання модульних Проміжних тестів 1, 2, 3, які складаються з 10 питань, максимальна оцінка за виконання кожного з них дорівнює **10 балам** та обов'язкового підсумкового контролю до ЗМ-Л1 (МКР-1), яка складається з 20 питань, максимальна оцінка за виконання дорівнює **20 балам**. Правильна відповідь на кожне з тестових завдань оцінюється в 1 бал. Задля уникнення ситуації хаотичного підбирання правильних відповідей, кількість можливих спроб обмежена однією. Максимальна кількість балів за теоретичну частину складає 50 балів.

Використовуються наступні критерії оцінювання:

Для кожного з 3-х Проміжних тестів ≥ 6 балів – зараховано;

< 6 балів - не зараховано.

Для МКР-1: ≥ 12 балів – зараховано; < 12 балів - не зараховано.

2. *Методика проведення та оцінювання контрольного заходу для ЗМ-П1, ЗМ-П2, ЗМ-П3.*

Контроль виконання практичних робіт здійснюється через розв'язання трьох домашніх завдань (ДЗ-1, ДЗ-2, ДЗ-3), перевірки їх правильного виконання та оформлення звіту. Максимальна кількість балів за виконання 2-го та 3-го практичних завдань – 20 балів. Максимальна кількість балів за виконання 1-го

практичного завдання – 10 балів. Виконання та оцінювання практичних модулів залежить від підготовки звіту кожного ДЗ в період консультаційної сесії.

3. Методика проведення та оцінювання підсумкового заходу.

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

Сума балів, яку отримав студент за всіма змістовними модулями дисципліни «Багатовимірний статистичний аналіз», формує інтегральну оцінку поточного контролю студента з навчальної дисципліни. Вона є підставою для допуску студента до семестрового заліку.

Студент вважається допущеним до підсумкового семестрового контролю з навчальної дисципліни, якщо він виконав всі види робіт, передбачених силлабусом дисципліни і набрав за модульною системою суму балів не менше 10 балів від максимально можливої за теоретичну частину та не менше 25 балів за практичну частину.

Студент пише залікову контрольну роботу (ЗКР), а інтегральна оцінка (В) з дисципліни розраховується за формулою:

$$B = 0,75 \times OЗ + 0,25 \times OЗКР,$$

де ОЗ – кількісна оцінка (у відсотках від максимально можливої) за змістовними модулями за умови $OЗ \geq 60$ балів.

ОЗКР – кількісна оцінка (у відсотках від максимально можливої) залікової контрольної роботи за умови $OЗКР \geq 50$ балів.

Залікова контрольна робота має один варіант, який складається з 25 питань відкритого типу. Максимальна оцінка за виконання залікової контрольної роботи дорівнює 100 балам (100%). Використовуються наступні критерії оцінювання: ≥ 60 балів – зараховано; <60 балів - не зараховано.

3. РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ

3.1 Модуль ЗМ-Л1: «Основні засади БСА. Кореляційний аналіз випадкових полів. Компонентний аналіз гідрометеорологічних об'єктів. Класифікація і кластер. Регресійна модель метеорологічного прогнозу».

3.1.1 Повчання

Самостійна робота студента заочної форми навчання щодо вивчення ЗМ-Л1 базується на вивченні тем цього лекційного модуля та підготовку до трьох Проміжних тестів та до тестової контрольної роботи МКР-1.

Вивчення тем лекційного модуля дисципліни, що наведені у п.2.1 передбачає опрацювання лекційного матеріалу, вивчення основного і, за

бажанням, додаткового навчально-методичного забезпечення зі списку літератури, відповіді на питання для самоперевірки знань та перевірку знань шляхом виконання студентами трьох Проміжних тестів таМ КР-1.

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

- основних положень БСА;
- векторного представлення метеорологічних об'єктів;
- представлення випадкового поля метеорологічної величини як випадкового вектора n -вимірному евклідовому простору;
- основних ідей кореляційного аналізу та напрямів його використання;
- властивостей матриць коваріацій і кореляцій як математичних об'єктів для дослідження статистичної структури випадкових полів;
- методики дослідження однорідності та ізотропності випадкових полів на основі кореляційного аналізу;
- напрямів використання компонентного аналізу в науках про Землю;
- визначення власних значень і власних векторів матриці кореляції (коваріації) за допомогою рівнянь повної проблеми власних значень;
- властивостей власних значень та власних векторів матриці кореляції (коваріації);
- визначення ортогональних компонент та їх використання для опису фізичних процесів в оболонках Землі;
- поняття «головних компонент» та їх призначення в дослідженні гідрометеорологічних об'єктів;
- сенсу задачі стиску інформації та математичне розв'язання цієї задачі;
- сенсу задачі фільтрації вихідної інформації;
- основ кластерного аналізу та методів кластеризації статистичних даних.
- призначення регресійного аналізу в статистичних дослідженнях;
- структури моделей лінійних множинних регресій;
- сенсу предиктанту і предикторів;
- видів рівнянь лінійної множинної регресії;
- застосування методу найменших квадратів для визначення коефіцієнтів рівняння лінійної множинної регресії;
- структури регресійної моделі на ортогональних предикторах;
- визначення та призначення множинного (частинного) коефіцієнта кореляції при побудові регресійних моделей;
- методики перевірки гіпотези про статистичну значущість коефіцієнтів регресійної моделі;
- методів добору оптимального складу предикторів;
- алгоритму «просіювання» предикторів за методом покрокової регресії;
- методів перевірки на адекватність побудованої регресійної моделі.

Навчально-методичне забезпечення:

[1] С. 6-71; С. 88-136.

[2] С. 198-225; С. 259-262.

[3] С. 331-360; С. 422-503.

3.1.2 Питання для самоперевірки.

Питання базової компоненти позначені жирним курсивом.

1. Дати визначення багатовимірних «арифметичного», «метричного арифметичного» та «евклідового» просторів.
2. **Дати визначення «метеорологічного поля». Перелічити форми представлення метеорологічних полів при дослідженні атмосферних процесів. Вміти представляти поля у матричному вигляді.**
3. Як матрично представити сукупність метеорологічних полів? Чим є кожен рядок і стовпець такої вихідної матриці?
4. Як отримати матрицю центрованих значень ΔX , якщо є вихідна матриця X ? Чому дорівнює кожен елемент центрованої матриці?
5. **Як отримати середнє метеорологічне поле та в чому його сенс?**
6. Чому дорівнює скалярний добуток двох векторів евклідового простору?
7. **Яка інформація міститься в матриці коваріацій (кореляцій)? Як отримати матрицю коваріацій (кореляцій)? Як представити матрицю коваріацій (кореляцій) у координатній формі? Якими властивості мають ці матриці?**
8. **Які задачі можливо вирішити в гідрометеорології, використовуючи кореляційний аналіз при дослідженні випадкових полів?**
9. Які зв'язки в геофізичних процесах називають «статистично значущими»?
10. Яка інформація міститься в середньому n -вимірному полі?
11. Яка інформація міститься на картах дисперсій (середніх квадратичних відхилів) n -вимірних метеорологічних полів?
12. Яке випадкове поле називають однорідним? ізотропним? Як за допомогою кореляційного аналізу виконують дослідження метеорологічних полів на однорідність та ізотропність?
13. **За яких умов випадкове поле буде однорідним та ізотропним? Які при цьому повинні бути поля ізокорелят та просторові кореляційні функції?**
14. **У чому полягає сенс компонентного аналізу? Які задачі можливо реалізувати в гідрометеорології за допомогою компонентного аналізу?**
15. Записати основні рівняння повної проблеми власних значень та

прокоментувати їх.

16. У чому полягає основний сенс рівняння повної проблеми власних значень?
17. Що лежить в основі розв'язання задачі повної проблеми власних значень?
18. Як ви розумієте задачу параметризації метеорологічних об'єктів? Їх призначення?
- 19. У чому полягає сенс задачі стиску метеорологічної інформації?**
- 20. У чому полягає сенс задачі фільтрації метеорологічної інформації?**
21. Властивості власних векторів матриці кореляції (коваріації)? Які вектори називаються ортонормованими?
- 22. Властивості власних значень матриці кореляції (коваріації)?**
- 23. Як отримати вектор ортогональних компонент? Які компоненти називають «головними»? Їх сенс?**
- 24. Яке призначення кластерного аналізу? Що таке «кластер»?**
25. Що є «вектори-ситуацій» («образи»)?
26. Дати поняття «репрезентативного образу» кластера.
27. Що таке «центр кластера» або «еталон кластера»?
- 28. У чому полягає задача класифікації метеорологічної інформації?**
29. Як визначається евклідова відстань між некластеризованим вектором і центром кластера? Що таке «функція відстані»?
30. Яким є критерій кластеризації при використанні евклідової відстані?
31. Яким є критерій кластеризації при використанні функції відстані?
32. Що таке «міра схожості» та які міри схожості вам відомі?
- 33. Як називається регресійна модель метеорологічного прогнозу, якщо вона будується на множині предикторів?**
34. Який метод використовується при визначенні коефіцієнтів лінійного множинного рівняння регресії?
35. Як побудувати регресійну модель метеорологічного прогнозу на статистично незалежних предикторах?
- 36. Який сенс має частинний коефіцієнт кореляції і яку суттєву інформацію він містить?**
- 37. Дати визначення множинного коефіцієнта кореляції і на яких етапах побудови регресійної моделі він використовується?**
- 38. Які предиктори називаються «потенційними», а які – «оптимальними»?**
- 39. Які методи використовуються в основі добору оптимального складу предикторів при побудові регресійної моделі метеорологічного прогнозу?**
- 40. Як можна оцінити міру адекватності побудованої прогностичної регресійної моделі метеорологічного прогнозу?**

3.2 Модуль ЗМ-П1: «Основні засади БСА. Кореляційний аналіз гідрометрологічних об'єктів»

3.2.1 Повчання

Робота 1. За довільно обраним варіантом ([1], с.24) знайти основні елементи матриць коваріацій та кореляцій, які виступають математичними об'єктами при дослідженні випадкових полів.

Після виконання ЗМ-П1 магістр має оволодіти такими *вміннями*:

- розраховувати середні значення, дисперсії та середні квадратичні відхили випадкової величини в визначених точках поля;
- розраховувати коваріаційні та кореляційні моменти між випадковою величиною у визначених точках випадкового поля, застосувавши векторне представлення метеорологічних об'єктів;
- розраховувати матриці коваріацій та кореляцій.

Навчально-методичне забезпечення:

[1] С. 6-42.

[2] С. 198-262.

[3] С. 331-360.

Критерії оцінювання виконання ЗМ-П1:

1. Відповіді є повними та правильними – 10 балів.
2. Відповіді є правильними, але не повними – 7,5 балів.
3. Відповіді не завжди є правильними та повними – 6 балів.
4. Відповіді не правильні або відсутні – 0 балів.

3.2.2 Питання для самоперевірки

Питання базової компоненти позначені жирним курсивом.

1. Дати визначення «метеорологічного поля». Перелічити форми представлення метеорологічних полів при дослідженнях атмосферних процесів. Вміти представляти поля у матричному вигляді.
2. **Як матрично представити сукупність метеорологічних полів? Чим є кожен рядок і стовпець такої вихідної матриці?**
3. Як отримати матрицю центрованих значень ΔX , якщо є вихідна матриця X ? Чому дорівнює кожен елемент центрованої матриці?
4. В яких випадках застосовують операцію транспонування матриць та в чому її сенс?

5. *Як отримати середнє метеорологічне поле та в чому його сенс?*
6. *Чому дорівнює квадрат норми вектора, зменшений у t разів (t – об'єм статистичної сукупності)?*
7. *Як розрахувати середній квадратичний відхил випадкової величини на метеорологічній станції через норму вектора?*
8. *Як розрахувати коваріаційний та кореляційний моменти між метеорологічною величиною в різних вузлах метеорологічного поля?*
9. Як отримати матрицю коваріацій (кореляцій)? Як представити матрицю коваріацій (кореляцій) у координатній формі? Якими властивості мають ці матриці?
10. Які задачі можливо вирішити в гідрометеорології, використовуючи кореляційний аналіз при дослідженні випадкових полів?
11. *Яка інформація міститься на картах дисперсій (середніх квадратичних відхилів) n -вимірних метеорологічних полів?*
12. За яких умов випадкове поле буде однорідним та ізотропним? Які при цьому повинні бути поля ізокорелят та просторові кореляційні функції?
13. *Як за допомогою кореляційного аналізу виконують дослідження метеорологічних полів на однорідність та ізотропність?*

3.3 Модуль ЗМ-П2: «Компонентний аналіз гідрометеорологічних об'єктів».

3.3.1 Повчання

Метою роботи є розкладання метеорологічного об'єкту по природних ортогональних функціях та розв'язання задач стиску та фільтрації вихідної інформації.

- *Завдання до ЗМ-П2:*

1. Отримати у викладача варіант задачі для виконання практичної роботи та описати алгоритм компонентного аналізу, реалізований на ПК за допомогою комп'ютерної програми «ЕОФ».
2. Проаналізувати алгоритм розв'язання задачі повної проблеми власних значень матриці кореляції, яка лежить в основі компонентного аналізу.
3. Розв'язати задачу стиску вихідної інформації про поле місячної кількості опадів для території України за умови $\eta \geq 70\%$:
 - визначити, який відсоток сумарної дисперсії заданого поля вичерпує перше власне значення;
 - визначити кількість власних значень та власних векторів за умови

$$\eta \geq 70\%;$$

- побудувати та проаналізувати поля перших власних векторів матриці кореляції;
 - визначити вектор ортогональних компонент та отримати головні компоненти.
6. Розв'язати задачу фільтрації вихідної інформації про поле місячної кількості опадів для території України:
- побудувати та проаналізувати вихідне поле місячної кількості опадів для 33 станцій України (Додаток Б, [1], с.138-173);
 - отримати відфільтроване поле місячної кількості опадів та побудувати його на карті.
7. Провести аналіз результатів застосування компонентного аналізу до поля місячної кількості опадів для 33 станцій України та зробити висновок щодо роботи у цілому.
- 8.

Після виконання ЗМ-П2 магістр має оволодіти такими *вміннями*:

- застосовувати розв'язок рівняння повної проблеми власних значень для дослідження метеорологічних полів;
- будувати та аналізувати поля власних векторів;
- розв'язувати задачу стиску вихідної інформації;
- визначати кількість головних компонент;
- розв'язувати задачу фільтрації вихідної інформації.

Навчально-методичне забезпечення:

[1] С. 42-99.

[3] С. 91-21.

Критерії оцінювання виконання ЗМ-П2:

1. Відповіді є повними та правильними – 20 балів.
2. Відповіді є правильними, але не повними – 15 балів.
3. Відповіді не завжди є правильними та повними – 12 балів.
4. Відповіді не правильні або відсутні – 0 балів.

3.3.2 Питання для самоперевірки

Питання базової компоненти позначені жирним курсивом.

1. У чому полягає сенс компонентного аналізу? Які задачі можливо реалізувати в гідрометеорології за допомогою компонентного аналізу?
2. Записати основні рівняння повної проблеми власних значень та прокоментувати їх.

3. У чому полягає основний сенс рівняння повної проблеми власних значень?
4. *Що лежить в основі розв'язання задачі повної проблеми власних значень?*
5. Як ви розумієте задачу параметризації метеорологічних об'єктів? Їх призначення?
6. *У чому полягає сенс задачі стиску метеорологічної інформації?*
7. *У чому полягає сенс задачі фільтрації метеорологічної інформації?*
8. *Властивості власних векторів матриці кореляції (коваріації)? Які вектори називаються ортонормованими?*
9. *Властивості власних значень матриці кореляції (коваріації)?*
10. *Як отримати вектор ортогональних компонент? Які компоненти називають «головними»?*
11. *Як розв'язати задачу стиску (фільтрації) вихідної інформації за допомогою компонентного аналізу?*

3.4 Модуль ЗМ-ПЗ: «Регресійний аналіз. Побудова рівняння лінійної множинної регресії».

3.4.1 Повчання

Завдання до ЗМ-ПЗ:

1. Отримати у викладача роздруковку, реалізованого на ПК алгоритму регресійного аналізу (комп'ютерна програма "STEP").
2. Проаналізувати алгоритм розв'язання задачі покрокової регресії, а саме:
 - середні значення та середні квадратичні відхили предикторів та предиктанта;
 - матрицю центрованих та нормованих значень предикторів та предиктанта;
 - матрицю кореляцій парних коефіцієнтів кореляцій між предиктантом і кожним з потенційних предикторів (r_{yx_i}) та між предикторами ($r_{x_i x_s}$);
 - фактичні значення критерію Стьюдента для перевірки гіпотези про статистичну значущість отриманих парних коефіцієнтів кореляцій;
 - результати ітераційної покрокової процедури;
 - множинний коефіцієнт кореляції на кожному кроці.
3. Провести аналіз отриманих результатів та записати рівняння множинної лінійної регресії.
4. На рівні значущості $\alpha = 0,05$ оцінити міру адекватності побудованої прогностичної моделі метеорологічного прогнозу одним із відомих методів.
5. Зробити висновок щодо роботи у цілому.

Після виконання ЗМ-ПЗ магістр має оволодіти такими *вміннями*:

- будувати лінійне рівняння множинної регресії на основі оптимального складу предикторів;
- перевіряти адекватність побудованої регресійної моделі.

Навчально-методичне забезпечення:

[1] С. 100-136.

[3] С. 422-503.

Критерії оцінювання виконання ЗМ-ПЗ:

1. Відповіді є повними та правильними – 20 балів.
2. Відповіді є правильними, але не повними – 15 балів.
3. Відповіді не завжди є правильними та повними – 12 балів.
4. Відповіді не правильні або відсутні – 0 балів.

3.4.2 Питання для самоперевірки

Питання базової компоненти позначені жирним курсивом.

1. ***Як називається регресійна модель метеорологічного прогнозу, якщо вона будується на множині предикторів?***
2. Який метод використовується при визначенні коефіцієнтів лінійного множинного рівняння регресії?
3. ***Як побудувати регресійну модель метеорологічного прогнозу на статистично незалежних предикторах?***
4. Який сенс має частинний коефіцієнт кореляції і яку суттєву інформацію він містить?
5. Дати визначення множинного коефіцієнта кореляції і на яких етапах побудови регресійної моделі він використовується?
6. ***Які предиктори називаються «потенційними», а які – «оптимальними»?***
7. Які методи використовуються в основі добору оптимального складу предикторів при побудові регресійної моделі метеорологічного прогнозу?
8. ***У чому полягає процедура «просіювання» предикторів?***
9. ***Який сенс методу покрокової регресії?***
10. ***Як можна оцінити міру адекватності побудованої прогностичної регресійної моделі метеорологічного прогнозу?***

4. ПИТАННЯ ДО ЗАХОДІВ ПОТОЧНОГО, ПІДСУМКОВОГО ТА СЕМЕСТРОВОГО КОНТРОЛЮ

4.1. Завдання до Проміжного тесту 1

- Множину будь яких n -вимірних систем упорядкованих дійсних чисел $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$, називають _____
[1] С. 6-7; [3] С. 332-333.
- Метрику $\rho(A, B) = \sqrt{(b_1 - a_1)^2 + (b_2 - a_2)^2 + \dots + (b_n - a_n)^2}$ називають: _____
[1] С. 6-7; [3] С. 332-333.
- Для евклідового простору скалярний добуток двох векторів ϵ :
 $\langle \vec{A}, \vec{B} \rangle = \vec{A} \vec{B} =$ _____
[1] С. 6-7; [3] С. 332-333.
- Упорядковану сукупність значень метеорологічної величини на множині точок багатовимірного простору у фіксований момент часу називають: _____
[1] С. 7-9; [3] С. 334-335.
- Вираз $X_j = \begin{pmatrix} x_{1j} \\ x_{2j} \\ x_{3j} \\ \vdots \\ x_{nj} \end{pmatrix}$, $(i = \overline{1, n}) \in$ _____
[1] С. 8-9; [3] С. 334-335.
- Вираз $X_j = (x_{j_1}, x_{j_2}, \dots, x_{j_i}, \dots, x_{j_n})$, $(i = \overline{1, n}) \in$ _____
[1] С. 8-9; [3] С. 336-337.
- Розкрити вихідну матрицю: $X = \{x_{ij}\}, (i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m})$; _____
[1] С. 9-10; [3] С. 342-343.
- Що є важливим видом представлення метеорологічних об'єктів? _____
[1] С. 10-11; [3] С. 342-344.
- Вектор середніх значень гідрометеорологічної величини на i -ій станції має сенс: _____
[1] С. 10-11; [3] С. 342-344.

10. Доповнити вираз: $\frac{1}{m} \Delta X \Delta X' =$ _____
[1] С. 11-12; [3] С. 342-346.
11. Доповнити вираз: $\sqrt{\Delta x_1^2 + \Delta x_2^2 + \dots + \Delta x_m^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^m \Delta x_{ij}^2} =$ _____
[1] С. 11-13; [3] С. 332-333.
12. Дати визначення: $\frac{\|\Delta X_i\|^2}{m} =$ _____
[1] С. 12-13; [3] С. 337-338.
13. Дати визначення: $\frac{\|\Delta X_i\|}{\sqrt{m}} =$ _____
[1] С. 12-13; [3] С. 337-338.
14. Доповнити вираз: $\frac{\langle \Delta X_j \Delta X_s \rangle}{m} =$ _____
[1] С. 12-13; [3] С. 338-340.
15. Представити матрицю коваріацій 10-го порядку у координатній формі:
 $K_x =$ _____
[1] С. 11-15; [3] С. 342-347.
16. Чому дорівнює вираз: $\sigma^{-1} K_x \sigma^{-1} =$ _____
[1] С. 15-17; [3] С. 347-350.
17. Представити матрицю кореляцій 20-го порядку у координатній формі:
 $R_x =$ _____
[1] С. 15-18; [3] С. 347-350.
18. Чому дорівнює вираз: $\frac{\langle \Delta X_i \Delta X_s \rangle}{\|\Delta X_i\| \|\Delta X_s\|} =$ _____
[1] С. 15-17; [3] С. 331-341.
19. Поле, для якого математичне сподівання є сталим, а коваріаційна функція залежить тільки від різниці векторів (відстаней точок поля від полюса кореляцій) називають: _____
[1] С. 32-35; [3] С. 350-360.
20. Поле, для якого коваріаційна матрична функція $K(l)$ залежить тільки від норми вектора $|l|$ в R^n називають: _____
[1] С. 32-35; [3] С. 350-360.
21. Які властивості випадкових полів можна проаналізувати за структурою матриці кореляції? _____
[1] С. 32-41; [3] С. 350-360.

22. Яку властивість випадкового поля можна отримати, проаналізувавши поля ізокорелят деякої випадкової величини, що побудовані для різних полюсів кореляцій? _____
[1] С. 32-41; [3] С. 350-360.
23. Яку властивість випадкового поля можна визначити, проаналізувавши просторові кореляційні функції деякої випадкової величини, які побудовані для різних полюсів кореляції? _____
[1] С. 32-41; [3] С. 350-360.

4.2. Завдання до Проміжного тесту 2

- За допомогою якого методу багатовимірному статистичного аналізу можна параметризувати предиктори чи інші гідрометеорологічні об'єкти?
[1] С. 43-44; [3] С. 391-393.
- Задачу, за допомогою якої відбувається суттєве скорочення кількості вихідної інформації при збереженні її основного змісту, називають: _____
[1] С. 43-44; [3] С. 391-393.
- Система координат у n -вимірному просторі, що представлена сукупністю статистично незалежних векторів, називається: _____
[1] С. 43-45.
- Рівняння $R_x U_i = \lambda_i U_i$ називають _____
[1] С. 45-47.
- Рівняння $K_x U_i = \lambda_i U_i$ називають _____
[1] С. 45-47; [3] С. 393-398.
- Рівняння $R_x W_i = \lambda_i W_i$ називають _____
[1] С. 50-51.
- Рівняння $K_x W_i = \lambda_i W_i$ називають _____
[1] С. 50-51.
- Власні значення матриці коваріації (кореляції) розташовуються в порядку: _____
[1] С. 45-48; [3] С. 394-397.
- Вираз $W_i = \frac{U_i}{\|U_i\|}$, ($i = \overline{1, n}$) називається _____
[1] С. 49-51; [3] С. 398-399.

10. Яким матричним рівнянням визначається операція розкладання вектора X_j у базису $W = \{w_{ij}\}, (i, j = \overline{1, n})$? _____
[1] С. 51-53; [3] С. 400-402.
11. Що означає даний запис?
 $\sigma_{z_i}^2 = \lambda_i$ це _____
[1] С. 53-55; [3] С. 404-406.
12. Що означає даний запис?
 $\sum_{i=1}^n \lambda_i = \text{tr} K_x = \sum_{i=1}^n \sigma_{x_i}^2$ це _____
[1] С. 53-55; [3] С. 404-406.
13. Як називаються ортогональні компоненти, сума дисперсій яких вичерпує більшу частку сумарної дисперсії метеорологічних полів? _____
[1] С. 55-59; [3] С. 406-408.
14. Яким матричним виразом описується параметризація вихідного поля? _____
[1] С. 51-52; [3] С. 409-411.
15. Яким матричним виразом описується задача фільтрації вихідної інформації? _____
[1] С. 55-59; [3] С. 409-411.
16. В чому перевага кластерного аналізу в статистичному районуванні будь-якої території? _____
[1] С. 88-89; [3] С. 519-521.
17. Як називають вектори, компоненти яких характеризують ті чи інші параметри фізичного стану атмосфери? _____
[1] С. 88-89.
18. Як називають класи векторів, що мають деяку схожість? _____
[1] С. 88-89.
19. Як називають образ, котрий є репрезентативним для всього кластера? _____
[1] С. 88-89.
20. Як називають образ, що має деякі риси, притаманні всім образам даного кластера? _____
[1] С. 88-89.
21. Що означає вираз:
 $X \in U_i$, якщо $d_i(X) > d_j(X), \forall j = \overline{1, m}; i \neq j$ _____
[1] С. 89-91.

22. Які правила встановлюються при вирішенні задачі кластеризації інформації у загальному вигляді? _____
[1] С. 91-92.

4.3. Завдання до проміжного тесту 3

1. Регресійний аналіз, як метод БСА, дозволяє побудувати прогностичну Модель метеорологічного прогнозу у вигляді: _____
[1] С. 100-101; [3] С. 422-423.
2. Модель лінійної множинної регресії є гідродинамічною чи статистичною?
[1] С. 100-101.
3. Фізичні фактори, що впливають на процес, який прогнозується, називаються: _____
[1] С. 100-101.
4. Фізичний процес, який прогнозується, називається: _____
[1] С. 100-101.
5. Структура рівняння лінійної множинної регресії залежить від: _____
[1] С. 100-101.
6. Для визначення коефіцієнтів лінійного множинного рівняння регресії використовують метод: _____
[1] С. 102-103; [3] С. 449-452.
7. Операцію добору статистично значущих предикторів називають операцією: _____
[1] С. 117-125.
8. Статистично значущі предиктори, які входять в модель лінійної множинної регресії, називають: _____
[1] С. 100-101.
9. Записати у загальному вигляді модель множинної лінійної регресії, якщо вона будується на вихідних (не центрованих) значеннях предиктанта й предикторів: _____
[1] С. 101-106; [3] С. 422-430.
10. Записати у загальному вигляді модель множинної лінійної регресії, якщо вона будується на центрованих значеннях предиктанта й предикторів: _____
[1] С. 101-106; [3] С. 422-430.

11. Парний коефіцієнт кореляції є кількісною мірою якого (за формою) кореляційного зв'язку між двома випадковими величинами? _____
[2] С. 198-203; [3] С. 160-162.
12. Коефіцієнт кореляції, який характеризує тісноту лінійного кореляційного зв'язку не з одним, а з цілою системою предикторів, називають: _____
[1] С. 106-110; [3] С. 431-439.
13. Мірою адекватності лінійної множинної регресійної моделі є параметр, який називається: _____
[1] С. 106-110; [3] С. 431-439.
14. Множинний коефіцієнт кореляції змінюється в межах: _____
[1] С. 106-110; [3] С. 431-439.
15. За яких значень множинного коефіцієнта кореляції регресійна модель буде вірогідною? _____
[1] С. 106-110; [3] С. 452-453.
16. У випадку, коли кореляційний зв'язок між випадковими величинами X_1 , X_2 та Y за умови, що вплив випадкової величини X_1 на Y вже враховано, визначається частинним коефіцієнтом кореляції вигляду: _____
[1] С. 110-113; [3] С. 440-445.
17. У випадку, коли кореляційний зв'язок між випадковими величинами, X_2 , X_1 та Y за умови, що вплив випадкової величини X_2 на Y вже враховано, визначається частинним коефіцієнтом кореляції вигляду: _____
[1] С. 110-113; [3] С. 440-445.
18. Записати парний коефіцієнт кореляції між двома випадковими величинами, наприклад, Z та S . _____
[2] С. 198-203.
19. Перевірка гіпотези про статистичну значущість коефіцієнтів лінійного множинного рівняння регресії відбувається за допомогою критерію: _____
[1] С. 114-117.
20. Розписати вираз: $R_{yx} = \{r_{yx_i}\}; (i = \overline{1, n})$ та як називається така матриця? _____
[1] С. 122-123; [3] С. 449-450.
21. Як позначається вектор парних коефіцієнтів кореляцій між предиктантом і кожним з n предикторів? _____
[1] С. 122-123; [3] С. 449-450.

22. Перевірка статистичної гіпотези H_0 про те, що відносна залишкова дисперсія незначуще відрізняється від дисперсії предиктанта проводиться за допомогою критерію: _____
[1] С. 125-126; [3] С. 493-495.
23. Рівень значущості це: _____
[2] С. 122-125; [3] С. 181-185.
24. За допомогою якого параметричного критерію відбувається оцінка міри адекватності прогностичної регресійної моделі, побудованої на множині предикторів? _____
[1] С. 125-126; [3] С. 493-495.
25. Який статистичний метод використовується при визначенні коефіцієнтів лінійного множинного рівняння регресії? _____
[1] С. 122-125.
26. З якого кроку методу покрокової регресії залучається МНК для визначення коефіцієнтів рівняння регресії? _____
[1] С. 122-125.
27. В чому сенс «нев'язок» при побудові лінійної множинної моделі за методом покрокової регресії? _____
[1] С. 122-125.
28. З якої процедури розпочинається «просіювання» предикторів за алгоритмом покрокової регресії при побудові прогностичної моделі? _____
[1] С. 122-125; [3] С. 449-451.
29. За яких умов виникає стан «насичення» множинного коефіцієнта кореляції при доборі статистично значущих предикторів? _____
[1] С. 118-119.
30. На яких етапах побудови лінійної множинної регресійної моделі за алгоритмом покрокової регресії використовуються частинні коефіцієнти кореляції? _____
[1] С. 122-125; [3] С. 449-452.

4.4. Тестові завдання до модульної контрольної роботи модуля ЗМ-Л1 (обо'язковий; КР-1)

1. Упорядковану сукупність значень метеорологічної величини на множині точок багатовимірного простору у фіксований момент часу називають: _____
[1] С. 7-9; [3] С. 334-335.

2. Вираз $X_j = \begin{pmatrix} x_{1j} \\ x_{2j} \\ x_{3j} \\ \vdots \\ x_{nj} \end{pmatrix}$, $(i = \overline{1, n})$

є _____
[1] С. 8-9; [3] С. 334-335.

3. Розкрити вихідну матрицю: $X = \{x_{ij}\}, (i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m})$; _____
[1] С. 9-10; [3] С. 342-343.

4. Доповнити вираз: $\frac{1}{m} \Delta X \Delta X' =$ _____
[1] С. 11-12; [3] С. 342-346.

5. Доповнити вираз: $\sqrt{\Delta x_1^2 + \Delta x_2^2 + \dots + \Delta x_m^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^m \Delta x_{ij}^2} =$ _____
[1] С. 11-13; [3] С. 332-333.

6. Представити матрицю коваріацій 10-го порядку у координатній формі:
 $K_x =$ _____
[1] С. 11-15; [3] С. 342-347.

7. Чому дорівнює вираз: $\sigma^{-1} K_x \sigma^{-1} =$ _____
[1] С. 15-17; [3] С. 347-350.

8. Представити матрицю кореляцій 20-го порядку у координатній формі:
 $R_x =$ _____
[1] С. 15-18; [3] С. 347-350.

9. Поле, для якого математичне сподівання є сталим, а коваріаційна функція залежить тільки від різниці векторів (відстаней точок поля від полюса кореляцій) називають: _____
[1] С. 32-35; [3] С. 350-360.

10. Поле, для якого коваріаційна матрична функція $K(l)$ залежить тільки від норми вектора $|l|$ в R^n називають: _____
[1] С. 32-35; [3] С. 350-360.

11. Які властивості випадкових полів можна проаналізувати за структурою матриці кореляції? _____
[1] С. 32-41; [3] С. 350-360.

12. Яку властивість випадкового поля можна отримати, проаналізувавши поля ізокорелят деякої випадкової величини, що побудовані для різних полюсів кореляцій? _____
[1] С. 32-41; [3] С. 350-360.
13. Яку властивість випадкового поля можна визначити, проаналізувавши просторові кореляційні функції деякої випадкової величини, які побудовані для різних полюсів кореляції? _____
[1] С. 32-41; [3] С. 350-360.
14. Задачу, за допомогою якої відбувається суттєве скорочення кількості вихідної інформації при збереженні її основного змісту, називають: _____
[1] С. 43-44; [3] С. 391-393.
15. Рівняння $R_x U_i = \lambda_i U_i$ називають _____
[1] С. 45-47.
16. Рівняння $K_x W_i = \lambda_i W_i$ називають _____
[1] С. 50-51.
17. Власні значення матриці коваріації (кореляції) розташовуються в порядку: _____
[1] С. 45-48; [3] С. 394-397.
18. Яким матричним рівнянням визначається операція розкладання вектора X_j у базису $W = \{w_{ij}\}, (i, j = \overline{1, n})$? _____
[1] С. 51-53; [3] С. 400-402.
19. Що означає даний запис?
 $\sigma_{z_i}^2 = \lambda_i$ це _____
[1] С. 53-55; [3] С. 404-406.
20. Що означає даний запис?
 $\sum_{i=1}^n \lambda_i = \text{tr} K_x = \sum_{i=1}^n \sigma_{x_i}^2$ це _____
[1] С. 53-55; [3] С. 404-406.
21. Як називаються ортогональні компоненти, сума дисперсій яких вичерпує більшу частку сумарної дисперсії метеорологічних полів? _____
[1] С. 55-59; [3] С. 406-408.
22. Яким матричним виразом описується параметризація вихідного поля? _____
[1] С. 51-52; [3] С. 409-411.

23. Яким матричним виразом описується задача фільтрації вихідної інформації?
[1] С. 55-59; [3] С. 409-411.
24. В чому перевага кластерного аналізу в статистичному районуванні будь-якої території? _____
[1] С. 88-89; [3] С. 519-521.
25. Як називають класи векторів, що мають деяку схожість? _____
[1] С. 88-89.
26. Як називають образ, що має деякі риси, притаманні всім образам даного кластера? _____
[1] С. 88-89.
27. Які правила встановлюються при вирішенні задачі кластеризації інформації у загальному вигляді? _____
[1] С. 91-92.
28. Регресійний аналіз, як метод БСА, дозволяє побудувати прогностичну модель метеорологічного прогнозу у вигляді: _____
[1] С. 100-101; [3] С. 422-423.
29. Модель лінійної множинної регресії є гідродинамічною чи статистичною?
[1] С. 100-101.
30. Фізичні фактори, що впливають на процес, який прогнозується, називаються: _____
[1] С. 100-101.
31. Фізичний процес, який прогнозується, називається: _____
[1] С. 100-101.
32. Структура рівняння лінійної множинної регресії залежить від: _____
[1] С. 100-101.
33. Для визначення коефіцієнтів лінійного множинного рівняння регресії використовують метод: _____
[1] С. 102-103; [3] С. 449-452.
34. Операцію добору статистично значущих предикторів називають операцією: _____
[1] С. 117-125.

35. Статистично значущі предиктори, які входять в модель лінійної множинної регресії, називають: _____
[1] С. 100-101.
36. Коефіцієнт кореляції, який характеризує тісноту лінійного кореляційного зв'язку не з одним, а з цілою системою предикторів, називають: _____
[1] С. 106-110; [3] С. 431-439.
37. Множинний коефіцієнт кореляції змінюється в межах: _____
[1] С. 106-110; [3] С. 431-439.
38. У випадку, коли кореляційний зв'язок між випадковими величинами X_1 , X_2 та Y за умови, що вплив випадкової величини X_1 на Y вже враховано, визначається частинним коефіцієнтом кореляції вигляду: _____
[1] С. 110-113; [3] С. 440-445.
39. У випадку, коли кореляційний зв'язок між випадковими величинами, X_2 , X_1 та Y за умови, що вплив випадкової величини X_2 на Y вже враховано, визначається частинним коефіцієнтом кореляції вигляду: _____
[1] С. 110-113; [3] С. 440-445.
40. Як позначається вектор парних коефіцієнтів кореляцій між предиктантом і кожним з n предикторів? _____
[1] С. 122-123; [3] С. 449-450.
41. За допомогою якого параметричного критерію відбувається оцінка міри адекватності прогностичної регресійної моделі, побудованої на множині предикторів? _____
[1] С. 125-126; [3] С. 493-495.
42. Який статистичний метод використовується при визначенні коефіцієнтів лінійного множинного рівняння регресії? _____
[1] С. 122-125.
43. З якого кроку методу покрокової регресії залучається МНК для визначення коефіцієнтів рівняння регресії? _____
[1] С. 122-125.
44. З якої процедури розпочинається «просіювання» предикторів за алгоритмом покрокової регресії при побудові прогностичної моделі? _____
[1] С. 122-125; [3] С. 449-451.
45. За яких умов виникає стан «насичення» множинного коефіцієнта кореляції при доборі статистично значущих предикторів? _____
[1] С. 118-119.

46. На яких етапах побудови лінійної множинної регресійної моделі за алгоритмом покрокової регресії використовуються частинні коефіцієнти кореляції? _____
[1] С. 122-125; [3] С. 449-452.

4.5 Завдання до залікової контрольної роботи

Питання для залікової контрольної роботи (ЗКР)

- Множину будь яких n -вимірних систем упорядкованих дійсних чисел $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$, називають _____
[1] С. 6-7; [3] С. 332-333.
- Метрику $\rho(A, B) = \sqrt{(b_1 - a_1)^2 + (b_2 - a_2)^2 + \dots + (b_n - a_n)^2}$ називають: _____
[1] С. 6-7; [3] С. 332-333.
- Для евклідового простору скалярний добуток двох векторів ϵ :
 $\langle \vec{A}, \vec{B} \rangle = \vec{A} \vec{B} =$ _____
[1] С. 6-7; [3] С. 332-333.
- Упорядковану сукупність значень метеорологічної величини на множині точок багатовимірного простору у фіксований момент часу називають: _____
[1] С. 7-9; [3] С. 334-335.
- Вираз $X_j = \begin{pmatrix} x_{1j} \\ x_{2j} \\ x_{3j} \\ \vdots \\ x_{nj} \end{pmatrix}$, $(i = \overline{1, n})$ ϵ _____
[1] С. 8-9; [3] С. 334-335.
- Вираз $X_j = (x_{j_1}, x_{j_2}, \dots, x_{j_i}, \dots, x_{j_n})$, $(i = \overline{1, n})$ ϵ _____
[1] С. 8-9; [3] С. 336-337.
- Розкрити вихідну матрицю: $X = \{x_{ij}\}, (i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m})$; _____
[1] С. 9-10; [3] С. 342-343.

8. Що є важливим видом представлення метеорологічних об'єктів? _____
[1] С. 10-11; [3] С. 342-344.
9. Вектор середніх значень гідрометеорологічної величини на i -ій станції має сенс: _____
[1] С. 10-11; [3] С. 342-344.
10. Доповнити вираз: $\frac{1}{m} \Delta X \Delta X' =$ _____
[1] С. 11-12; [3] С. 342-346.
11. Доповнити вираз: $\sqrt{\Delta x_1^2 + \Delta x_2^2 + \dots + \Delta x_m^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^m \Delta x_{ij}^2} =$ _____
[1] С. 11-13; [3] С. 332-333.
12. Дати визначення: $\frac{\|\Delta X_i\|^2}{m} =$ _____
[1] С. 12-13; [3] С. 337-338.
13. Дати визначення: $\frac{\|\Delta X_i\|}{\sqrt{m}} =$ _____
[1] С. 12-13; [3] С. 337-338.
14. Доповнити вираз: $\frac{\langle \Delta X_j \Delta X_s \rangle}{m} =$ _____
[1] С. 12-13; [3] С. 338-340.
15. Представити матрицю коваріацій 10-го порядку у координатній формі:
 $K_x =$ _____
[1] С. 11-15; [3] С. 342-347.
16. Чому дорівнює вираз: $\sigma^{-1} K_x \sigma^{-1} =$ _____
[1] С. 15-17; [3] С. 347-350.
17. Представити матрицю кореляцій 20-го порядку у координатній формі:
 $R_x =$ _____
[1] С. 15-18; [3] С. 347-350.
18. Чому дорівнює вираз: $\frac{\langle \Delta X_i \Delta X_s \rangle}{\|\Delta X_i\| \|\Delta X_s\|} =$ _____
[1] С. 15-17; [3] С. 331-341.
19. Поле, для якого математичне сподівання є сталим, а коваріаційна функція залежить тільки від різниці векторів (відстаней точок поля від полюса кореляцій) називають: _____
[1] С. 32-35; [3] С. 350-360.

20. Поле, для якого коваріаційна матрична функція $K(l)$ залежить тільки від норми вектора $|l|$ в R^n називають: _____
[1] С. 32-35; [3] С. 350-360.
21. Які властивості випадкових полів можна проаналізувати за структурою матриці кореляції? _____
[1] С. 32-41; [3] С. 350-360; [3] С. 1-62.
22. Яку властивість випадкового поля можна отримати, проаналізувавши поля ізокорелят деякої випадкової величини, що побудовані для різних полюсів кореляцій? _____
[1] С. 32-41; [3] С. 350-360; [3] С. 1-62.
23. Яку властивість випадкового поля можна визначити, проаналізувавши просторові кореляційні функції деякої випадкової величини, які побудовані для різних полюсів кореляції? _____
[1] С. 32-41; [3] С. 350-360; [3] С. 1-62.
24. За допомогою якого методу багатовимірному статистичного аналізу можна параметризувати предиктори чи інші гідрометеорологічні об'єкти? _____
[1] С. 43-44; [3] С. 391-393.
25. Задачу, за допомогою якої відбувається суттєве скорочення кількості вихідної інформації при збереженні її основного змісту, називають: _____
[1] С. 43-44; [3] С. 391-393.
26. Система координат у n -вимірному просторі, що представлена сукупністю статистично незалежних векторів, називається: _____
[1] С. 43-45.
27. Рівняння $R_x U_i = \lambda_i U_i$ називають _____
[1] С. 45-47.
28. Рівняння $K_x U_i = \lambda_i U_i$ називають: _____
[1] С. 45-47; [3] С. 393-398.
29. Рівняння $R_x W_i = \lambda_i W_i$ називають _____
[1] С. 50-51.
30. Рівняння $K_x W_i = \lambda_i W_i$ називають _____
[1] С. 50-51.
31. Власні значення матриці коваріації (кореляції) розташовуються в порядку: _____
[1] С. 45-48; [3] С. 394-397.

32. Вираз $W_i = \frac{U_i}{\|U_i\|}$, ($i = \overline{1, n}$) називається _____
[1] С. 49-51; [3] С. 398-399.
33. Яким матричним рівнянням визначається операція розкладання вектора X_j у базису $W = \{w_{ij}\}$, ($i, j = \overline{1, n}$)? _____
[1] С. 51-53; [3] С. 400-402.
34. Що означає даний запис?
 $\sigma_{z_i}^2 = \lambda_i$ це _____
[1] С. 53-55; [3] С. 404-406.
35. Що означає даний запис?
 $\sum_{i=1}^n \lambda_i = t_r K_x = \sum_{i=1}^n \sigma_{x_i}^2$ це _____
[1] С. 53-55; [3] С. 404-406.
36. Як називаються ортогональні компоненти, сума дисперсій яких вичерпує більшу частку сумарної дисперсії метеорологічних полів? _____
[1] С. 55-59; [3] С. 406-408.
37. Яким матричним виразом описується параметризація вихідного поля? _____
[1] С. 51-52; [3] С. 409-411.
38. Яким матричним виразом описується задача фільтрації вихідної інформації? _____
[1] С. 55-59; [3] С. 409-411.
39. В чому перевага кластерного аналізу в статистичному районуванні будь-якої території? _____
[1] С. 88-89; [3] С. 519-521.
40. Як називають вектори, компоненти яких характеризують ті чи інші параметри фізичного стану атмосфери? _____
[1] С. 88-89.
41. Як називають класи векторів, що мають деяку схожість? _____
[1] С. 88-89.
42. Як називають образ, котрий є репрезентативним для всього кластера? _____
[1] С. 88-89.
43. Як називають образ, що має деякі риси, притаманні всім образам даного кластера? _____
[1] С. 88-89.

44. Що означає вираз:
 $X \in U_i$, якщо $d_i(X) > d_j(X), \forall j = \overline{1, m}; i \neq j$ _____
 [1] С. 89-91.
45. Які правила встановлюються при вирішенні задачі кластеризації інформації у загальному вигляді? _____
 [1] С. 91-92.
46. Регресійний аналіз, як метод БСА, дозволяє побудувати прогностичну модель метеорологічного прогнозу у вигляді: _____
 [1] С. 100-101; [5] С. 1-39; [3] С. 422-423.
47. Модель лінійної множинної регресії є гідродинамічною чи статистичною?
 [1] С. 100-101.
48. Фізичні фактори, що впливають на процес, який прогнозується, називаються: _____
 [1] С. 100-101.
49. Фізичний процес, який прогнозується, називається: _____
 [1] С. 100-101.
50. Структура рівняння лінійної множинної регресії залежить від: _____
 [1] С. 100-101.
51. Для визначення коефіцієнтів лінійного множинного рівняння регресії використовують метод: _____
 [1] С. 102-103; [3] С. 449-452.
52. Операцію добору статистично значущих предикторів називають операцією: _____
 [1] С. 117-125.
53. Статистично значущі предиктори, які входять в модель лінійної множинної регресії, називають: _____
 [1] С. 100-101.
54. Записати у загальному вигляді модель множинної лінійної регресії, якщо вона будується на вихідних (не центрованих) значеннях предиктанта й предикторів: _____
 [1] С. 101-106; [3] С. 422-430.

55. Записати у загальному вигляді модель множинної лінійної регресії, якщо вона будується на центрованих значеннях предиктанта й предикторів: _____
[1] С. 101-106; [3] С. 422-430.
56. Парний коефіцієнт кореляції є кількісною мірою якого (за формою) кореляційного зв'язку між двома випадковими величинами? _____
[2] С. 198-203; [3] С. 160-162.
57. Коефіцієнт кореляції, який характеризує тісноту лінійного кореляційного зв'язку не з одним, а з цілою системою предикторів, називають: _____
[1] С. 106-110; [3] С. 431-439.
58. Мірою адекватності лінійної множинної регресійної моделі є параметр, який називається: _____
[1] С. 106-110; [3] С. 431-439.
59. Множинний коефіцієнт кореляції змінюється в межах: _____
[1] С. 106-110; [3] С. 431-439.
60. За яких значень множинного коефіцієнта кореляції регресійна модель буде вірогідною? _____
[1] С. 106-110; [3] С. 452-453.
61. У випадку, коли кореляційний зв'язок між випадковими величинами X_1 , X_2 та Y за умови, що вплив випадкової величини X_1 на Y вже враховано, визначається частинним коефіцієнтом кореляції вигляду: _____
[1] С. 110-113; [3] С. 440-445.
62. У випадку, коли кореляційний зв'язок між випадковими величинами, X_2 , X_1 та Y за умови, що вплив випадкової величини X_2 на Y вже враховано, визначається частинним коефіцієнтом кореляції вигляду: _____
[1] С. 110-113; [3] С. 440-445.
63. Записати парний коефіцієнт кореляції між двома випадковими величинами, наприклад, Z та S . _____
[2] С. 198-203.
64. Перевірка гіпотези про статистичну значущість коефіцієнтів лінійного множинного рівняння регресії відбувається за допомогою критерію: _____
[1] С. 114-117.
65. Розписати вираз: $R_{yx} = \{r_{yx_i}\}; (i = \overline{1, n})$ та як називається така матриця? _____
[1] С. 122-123; [3] С. 449-450.

66. Як позначається вектор парних коефіцієнтів кореляцій між предиктантом і кожним з n предикторів? _____
[1] С. 122-123; [3] С. 449-450.
67. Перевірка статистичної гіпотези H_0 про те, що відносна залишкова дисперсія незначуще відрізняється від дисперсії предиктанта проводиться за допомогою критерію: _____
[1] С. 125-126; [3] С. 493-495.
68. Рівень значущості це: _____
[2] С. 122-125; [3] С. 181-185.
69. За допомогою якого параметричного критерію відбувається оцінка міри адекватності прогностичної регресійної моделі, побудованої на множині предикторів? _____
[1] С. 125-126; [3] С. 493-495.
70. Який статистичний метод використовується при визначенні коефіцієнтів лінійного множинного рівняння регресії? _____
[1] С. 122-125.
71. З якого кроку методу покрокової регресії залучається МНК для визначення коефіцієнтів рівняння регресії? _____
[1] С. 122-125.
72. В чому сенс «нев'язок» при побудові лінійної множинної моделі за методом покрокової регресії? _____
[1] С. 122-125.
73. З якої процедури розпочинається «просіювання» предикторів за алгоритмом покрокової регресії при побудові прогностичної моделі? _____
[1] С. 122-125; [3] С. 449-451.
74. За яких умов виникає стан «насичення» множинного коефіцієнта кореляції при доборі статистично значущих предикторів? _____
[1] С. 118-119.
75. На яких етапах побудови лінійної множинної регресійної моделі за алгоритмом покрокової регресії використовуються частинні коефіцієнти кореляції? _____
[1] С. 122-125; [3] С. 449-452.

5. ЛІТЕРАТУРА ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Основна література

1. Гончарова Л.Д. Методи багатовимірного статистичного аналізу метеорологічних полів та атмосферних процесів: навч. пос. Одеса: ТЕС, 2016. 196 с.
2. Гончарова Л.Д., Школьний Є.П. Методи обробки та аналізу гідрометеорологічної інформації (збірник задач і вправ): навч. пос. Одеса: Екологія, 2007. 464 с.
3. Школьний Є.П., Лоева І.Д., Гончарова Л.Д. Обробка та аналіз гідрометеорологічної інформації: підручник. Одеса: ТЕС, 1999. 600 с.
4. <http://library.odku.edu.ua/>
5. <http://eprints.library.odku.edu.ua/>

Додаткова література

1. Гончарова Л.Д. Вплив атмосферних макропроцесів на просторовий розподіл опадів по території України у весняний сезон / О.М. Прокоф'єв, С.І. Решетченко, А.В. Черниченко // Український гідрометеорологічний журнал. Вип. 27. 2021. – С. 5-15. DOI: <https://doi.org/10.31481/uhmj.27.2021.01> ISSN 2311-0902 (print), 2616-7271 (online)
2. Гончарова Л.Д. Клімато-географічні особливості розподілу опадів на території України в осінній період / О.М. Прокоф'єв//Науково-практичний журнал «Екологічні науки». Вип. 35. 2021. – С.94-98. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.2-35.16>
3. Прокоф'єв О.М. Статистичні характеристики добових сум атмосферних опадів на території Одеської області в умовах глобальних змін клімату/ Гончарова Л.Д. //Вісник Одеського національного університету. Серія: «Географічні та геологічні науки». Том 26. Вип. 1. (38). 2021. – С. 67-80. DOI: [https://doi.org/10.18524/2303-9914.2021.1\(38\).234679](https://doi.org/10.18524/2303-9914.2021.1(38).234679) ISSN 2303-9914
4. Івус Г.П. Просторово-часове розподілення атмосферних опадів в Одеському регіоні на початку ХХІ століття / Л.Д.Гончарова, Н.І. Косолапова // Український гідрометеорологічний журнал. №22. 2018. – С.16-27. <https://doi.org/10.31481/uhmj.22.201802>
5. Гончарова Л.Д. Вплив основних телеконекцій Північної півкулі на режим опадів по території України /Н.І. Косолапова // Вісник Одеського національного університету. Серія: «Географічні та геологічні науки». Том 22. Вип. 1(30). 2017. – С. 11-27.
6. Серга Э.Н. Универсальный адаптивный итерационный метод кластерного анализа // Метеорологія, кліматологія та гідрологія: Міжвід. наук. зб. України. Вип. 47. 2003. – С. 83-89.