МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Одеський державний екологічний університет

ЗАТВЕРДЖЕНО
на засіданні групи забезпечення спеціальності 103 «Науки про Землю»
від «____» _____ 20___ року
протокол № _____

Голова групи _____Шакірзанова Ж.Р.

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

СИЛЛАБУС

навчальної дисципліни
Багатовимірний статистичний аналіз гідрометеорологічних полів
(назва навчальної дисципліни)

103 «Науки про Землю»
(шифр та назва спеціальності)

Кліматологія
(назва освітньої програми)

магістр	денна
(рівень вищої освіти)	(форма навчання)

ІІ рік	3	4 кр./120 год.	залік
(рік навчання)	(семестр навчання)	(кількість кредитів ЄКТС/годин)	(форма контролю)

Метеорології та кліматології
(кафедра)

Одеса, 2020 р.

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

Поточна редакція розглянута на засіданні кафедри метеорології та кліматології від « 28 » серпня 2020 року, протокол № 1 .

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

Практичні модулі – Гончарова Л.Д., к.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

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	К16. Опанування методів багатовимірного статистичного аналізу для дослідження статистичної структури метеорологічних полів.
Результат навчання	ПР16. Використовувати методи БСА при дослідженні випадкових гідрометеорологічних процесів.
Базові знання	1. Основні засади багатовимірного статистичного аналізу (поняття про багатовимірний евклідовий простір, скалярний добуток, норму вектора цього простору). 2. Математичні об'єкти метеорологічних полів, властивості матриць коваріацій та кореляцій. 3. Методи дослідження однорідності та ізотропності метеорологічних полів за допомогою кореляційного аналізу. 4. Умови застосування компонентного аналізу для дослідження метеорологічних полів, сенс задач стиску та фільтрації вихідної інформації. 5. Методи кластеризації системи даних. 6. Застосування регресійного аналізу для дослідження метеорологічних полів, методику побудови множинного лінійного рівняння регресії.
Базові вміння	1. Аналізувати поля кореляцій випадкових величин для дослідження однорідності та ізотропності метеорологічних полів. 2. Розв'язувати задачі стиску і фільтрації вихідної метеорологічної інформації. 3. Кластерізувати 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 факторів.
Пов'язані силлабуси	

Попередні дисципліни	Методи аналізу випадкових метеорологічних процесів.
Наступна дисципліна	
Кількість годин	лекції: 28 практичні заняття: 28 лабораторні заняття: - семінарські заняття: - самостійна робота студентів: 64

2. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

2.1. Лекційні модулі

Код	Назва модуля та тем	Кількість годин	
		аудиторні	СРС
ЗМ-Л1	**Основні засади БСА. Кореляційний аналіз метеорологічних полів. Компонентний аналіз гідрометеорологічних об'єктів. Класифікація і кластер. Регресійна модель метеорологічного прогнозу**.	**28**	**25**
	• *Тема 1*. Елементи лінійної алгебри.	1	1
	• *Тема 2*. Матриці коваріацій і кореляцій.	1	1
	• *Тема 3*. Однорідність та ізотропність метеорологічних полів.	2	1
	• *Тема 4*. Напрями використання компонентного аналізу для дослідження випадкових полів.	2	1
	• *Тема 5*. Власні значення і власні вектори матриці коваріацій (кореляцій).	2	1
	• *Тема 6*. Ортогональні компоненти метеорологічних об'єктів.	2	1
	• *Тема 7*. Задача стиску метеорологічної інформації.	2	1
	• *Тема 8*. Задача фільтрації інформації.	2	1
	• *Тема 9*. Основи кластерного аналізу.	1	1
	• *Тема 10*. Методи кластерізації даних.	2	1
	• *Тема 11*. Метод «УАІМКА».	2	1
	• *Тема 12*. Рівняння множинної лінійної регресії.	2	1
	• *Тема 13*. Множинний коефіцієнт кореляції. Частинний коефіцієнт кореляції.	3	1
	• *Тема 14*. Поняття про добір оптимального складу предикторів.	1	0,5
	• *Тема 15*. Метод покрокової регресії.	2	1
	• *Тема 16*. Статистичний аналіз параметрів регресійної моделі.	1	0,5
	Проміжний тест 1, 2, 3; КР-1		10
	Разом:	28	25

Консультації: Гончарова Л.Д., дні тижня та час за розкладом пар академічних годин. 2 рази на тиждень з 15:00 до 17:00.

2.2. Практичні модулі

Код	Назва модуля та тем	Кількість годин	
		аудиторні	СРС
ЗМ-П1	**Основні засади БСА. Кореляційний аналіз метрологічних полів.** • *Робота 1*. *Завдання 1.* Розрахування елементів математичних об'єктів гідрометеорологічних полів. *Завдання 2*. Розрахунок на ПК матриць коваріацій і кореляцій за допомогою комп'ютерної програми «KOR». Побудова і аналіз полів кореляцій визначеного кліматичного поля для окремих полюсів кореляції. Дослідження однорідності та ізотропності випадкових полів. • Оформлення та захист ДЗ-1	**8**	**11** **7** 4
ЗМ-П2	**Компонентний аналіз гідрометеорологічних об'єктів.** • *Робота 2*. Реалізувати на ПК алгоритм компонентного аналізу 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. • Оформлення та захист ДЗ-2	**10**	**13** 9 4
ЗМ-П3	**Регресійний аналіз. Побудова рівняння лінійної множинної регресії.** • *Робота 3*. Реалізувати на ПК алгоритм покрокової регресії за допомогою комп'ютерної програми «STEP». Побудувати лінійне рівняння множинної регресії за допомогою методу покрокової регресії при доборі оптимального складу предикторів. Перевірити адекватність побудованої регресійної моделі. • Оформлення та захист ДЗ-3	**10**	**10** 6 4
	Разом:	28	34

Консультації: Гончарова Л.Д., дні тижня та час за розкладом пар академічних годин. 2 рази на тиждень з 15:00 до 17:00.

2.3. Самостійна робота студента та контрольні заходи

Код модуля	Завдання на СРС та контрольні заходи	Кількість годин	Строк проведення (тиждень)
ЗМ-Л1	• Підготовка до лекційних занять. • Вивчення певних тем лекційного модуля «Класифікація і кластер». • Підготовка до Проміжного тесту 1 • Підготовка до Проміжного тесту 2 • Підготовка до Проміжного тесту 3 • Підготовка до модульної тестової контрольної роботи (обов'язкова; КР-1).	12 3 2 2 1 5	1-7 2 2 3 6 7
ЗМ-П1	• Підготовка до усного опитування. • Усне опитування. • Захист ДЗ-1 (обов'язковий).	5 2 4	1-2 2 2
ЗМ-П2	• Підготовка до усного опитування. • Усне опитування. • Захист ДЗ-2 (обов'язковий).	7 2 4	2-4 4 4
ЗМ-П3	• Підготовка до усного опитування. • Усне опитування. • Захист ДЗ-3 (обов'язковий).	4 2 4	5-7 7 7
	• Підготовка до заліку (ЗКР).	5	7
	Разом:	64	

Таблиця нарахування балів за опрацювання лекційних і практичних занять.

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 тестова КР-1	20
ЗМ-П1	Практичне завдання ДЗ-1	20
ЗМ-П2	Практичне завдання ДЗ-2	20
ЗМ-П3	Практичне завдання ДЗ-3	10
	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 (КР-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:

≥30 балів (60%) - зараховано; <30 балів (60%) - 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) та усного опитування під час аудиторних занять. Максимальна кількість балів за виконання 1-го та 2-го практичних завдань – 20 балів. Максимальна кількість балів за виконання 3-го практичного завдання – 10 балів. Виконання та оцінювання практичних модулів залежить від захисту кожного ДЗ. Правильне розв'язання кожного завдання без захисту роботи складає 50% (тобто 10, 10 та 5 балів).

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 гідрометеорологічних полів», формує інтегральну оцінку поточного контролю студента з навчальної дисципліни. Вона є підставою для допуску студента до семестрового заліку.

Для денної форми навчання питання про допуск до семестрового заліку за підсумками модульного накопичувального контролю регламентуються п. 2.4 «Положення про проведення підсумкового контролю знань студентів» (наказ № 45 від 01.03.2013 р.), а саме *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 25 від максимально можливої за практичну та не менше 10 балів за теоретичну частини.*

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

$$\mathbf{B = 0{,}75 \times ОЗ + 0{,}25 \times ОЗКР,}$$

де ОЗ – кількісна оцінка (у відсотках від максимально можливої) за змістовними модулями за умови ОЗ ≥ 60 балів.

ОЗКР – кількісна оцінка (у відсотках від максимально можливої) залікової контрольної роботи за умови ОЗКР ≥ 50 балів.

Залікова контрольна робота має 10 варіантів, які складаються 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.

Студент, який за підсумками отримав загальну кількісну оцінку менше 60 балів (від максимально можливої), та менше 50 балів від максимально можливої суми балів на заліковій контрольній роботі (100 балів), складає письмовий залік по тестових завданнях, що розроблені на кафедрі з цієї дисципліни, результати якого також заносяться у заліково-екзаменаційний листок.

3. РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ

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

3.1.1. Повчання

Самостійна робота студента денної форми навчання щодо вивчення ЗМ-Л1 базується на вивченні тем цього лекційного модуля та підготовку до трьох Проміжних тестів та до тестової контрольної роботи КР-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 та 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*-вимірного евклідового 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 рівняннь 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 кластерізації гідрометеорологічних 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 роль множинного коефіцієнта кореляції для побудови регресійної моделі;
- визначення та роль частинного коефіцієнта кореляції при побудові регресійної моделі;
- 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

1. Дати визначення багатовимірного «арифметичного», «метричного арифметичного» та «евклідового» просторів.
2. Дати визначення «метеорологічного поля». Перелічити форми представлення метеорологічних полів при дослідженнях 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. В яких випадках застосовують операцію транспонування матриць та в чому її сенс?
6. Як отримати середнє метеорологічне поле та в чому його сенс?
7. Чому дорівнює скалярний добуток двох векторів евклідового простору?
8. Вміти записати норму вектора в евклідовому просторі. Чому дорівнює квадрат норми вектора, зменшений у $\boldsymbol{m}$ разів ($\boldsymbol{m}$ – об'єм статистичної сукупності)?
9. Як розрахувати середній квадратичний відхил випадкової величини на метеорологічній станції через норму вектора?
10. Як розрахувати коваріаційний та кореляційний моменти між метеорологічною величиною в різних вузлах метеорологічного поля?
11. Яка інформація міститься в матриці коваріацій?
12. Яка інформація міститься в матриці кореляцій?
13. Як отримати матрицю коваріацій (кореляцій)? Як представити матрицю коваріацій (кореляцій) у координатній формі? Якими властивості мають ці матриці?
14. Які задачі можливо вирішити в гідрометеорології, використовуючи кореляційний аналіз при дослідженні випадкових полів?
15. Які зв'язки в геофізичних процесах називають «статистично значущими»?
16. Яка інформація міститься в середньому n-вимірному полі?
17. Яка інформація міститься на картах дисперсій (середніх квадратичних відхилів) n-вимірних метеорологічних полів?
18. Яке випадкове поле називають однорідним?
19. Яке випадкове поле називають ізотропним?
20. Яке лінійне перетворення можна використати, щоб отримати випадкові величини, для яких вимоги однорідності та ізотропності майже виконуються?
21. За яких умов випадкове поле буде однорідним та ізотропним? Які при цьому повинні бути поля ізокорелят та просторові кореляційні функції?
22. Як за допомогою кореляційного аналізу виконують дослідження метеорологічних полів на однорідність та ізотропність?
23. У чому полягає сенс компонентного аналізу? Які задачі можливо реалізувати в гідрометеорології за допомогою компонентного аналізу?
24. Записати основні рівняння повної проблеми власних значень та прокоментувати їх.
25. У чому полягає основний сенс рівняння повної проблеми власних значень?

26. Що лежить в основі розв’язання задачі повної проблеми власних значень?
27. Що називається «базисом евклідового простору»?
28. Як ви розумієте задачу параметризації метеорологічних об’єктів? Їх призначення?
29. У чому полягає сенс задачі стиску метеорологічної інформації?
30. У чому полягає сенс задачі фільтрації метеорологічної інформації?
31. Властивості власних векторів матриці кореляції (коваріації)? Які вектори називаються ортонормованими?
32. Властивості власних значень матриці кореляції (коваріації)?
33. Сформулюйте теорему, на основі якої знаходять власні значення матриці коваріації (кореляції).
34. Який сенс мають власні значення?
35. Як отримати вектор ортогональних компонент? Які компоненти називають «головними»?
36. Як розв’язати задачу стиску вихідної інформації за допомогою компонентного аналізу?
37. Як можна розв’язати задачу фільтрації вихідної інформації за допомогою компонентного аналізу?
38. Яке призначення кластерного аналізу?
39. Що є «вектори-ситуацій» («образи»)?
40. Що таке «кластер»?
41. Дати поняття «репрезентативного образу» кластера.
42. Що таке «центр кластера» або «еталон кластера»?
43. У чому полягає задача класифікації метеорологічної інформації?
44. Як визначається евклідова відстань між некластерізованим вектором і центром кластера?
45. Що таке «функція відстані»?
46. Яким є критерій кластерізації при використанні евклідової відстані?
47. Яким є критерій кластерізації при використанні функції відстані?
48. Що таке «міра схожості» та які міри схожості вам відомі?
49. Як називається регресійна модель метеорологічного прогнозу, якщо вона будується на множині предикторів?
50. Який метод використовується при визначенні коефіцієнтів лінійного множинного рівняння регресії?
51. Як побудувати регресійну модель метеорологічного прогнозу на статистично незалежних предикторах?
52. Який сенс має частинний коефіцієнт кореляції і яку суттєву інформацію він містить?

53. Дати визначення множинного коефіцієнта кореляції і на яких етапах побудови регресійної моделі він використовується?
54. Які предиктори називаються «потенційними», а які – «оптимальними»?
55. Які методи використовуються в основі добору оптимального складу предикторів при побудові регресійної моделі метеорологічного прогнозу?
56. У чому полягає процедура «просіювання» предикторів?
57. Який сенс методу покрокової регресії?
58. Як можна оцінити міру адекватності побудованої прогностичної регресійної моделі метеорологічного прогнозу?

3.2. **Модуль ЗМ-П1** «Основні засади БСА. Кореляційний аналіз метрологічних полів»

Робота 1. Завдання 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 першої частини ЗМ-П1 магістр має оволодіти такими *вміннями*:

- розраховувати середні значення, дисперсії та середні квадратичні відхили, випадкової величини;
- розраховувати коваріаційні та кореляційні моменти випадкової величини, застосувавши векторне представлення метеорологічних об’єктів;
- розраховувати матриці коваріацій та кореляцій.

Навчально-методичне забезпечення:
[1] С. 6-24.
[2] С. 198-262.
[3] С. 331-360.

Робота 1. Завдання 2. Провести дослідження однорідності та ізотропності випадкового поля на основі вихідних рядів місячної кількості опадів (Додаток Б, [1], с.138-173) для мережі з 33 метеорологічних станцій України (Додаток А, [1], с.137). Для цього:

- отримати у викладача варіант задачі для виконання практичної роботи та комп’ютерну програму “KOR.EXE” (призначення програми та особливості користування дивись у Додатку В, [1], с.178);
- виконати на ПК необхідні розрахунки та отримати середні значення, середні квадратичні відхили та матрицю кореляцій місячної кількості опадів;
- побудувати на карті *n*-вимірне середнє поле опадів;
- побудувати на карті поле середніх квадратичних відхилів випадкової величини, що досліджується;

- побудувати поля кореляцій для двох центральних станцій, які визначаються викладачем;
- зробити у різних напрямках перетини отриманих полів кореляцій та побудувати просторові кореляційні функції;
- для осередненої кореляційної функції побудувати довірчі інтервали. Рівень значущості взяти 0,05;
- провести аналіз результатів дослідження статистичної структури полів опадів та зробити висновок щодо роботи у цілому.

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

- будувати поля ізокорелят;
- будувати просторові кореляційні функції, розраховувати для них довірчі межі;
- робити висновок про однорідність (неоднорідність) та ізотропність (неізотропність) метеорологічного поля, яке досліджувалося.

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 – 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. Модуль ЗМ-П2 «Компонентний аналіз гідрометеорологічних об’єктів».

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 (Додаток Б[1], с.138-173) та комп'ютерну програму "EOF" (призначення програми та особливості користування дивись у Додатку В, [1], с.179).
2. Реалізувати на ПК алгоритм розв'язання задачі повної проблеми власних значень і отримати власні значення та власні вектори матриці кореляції.
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.

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.

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

Завдання до ЗМ-ПЗ:

1. Отримати у викладача варіант задачі (Додаток Б, [1], с.138-173) для виконання практичної роботи та комп'ютерну програму "STEP" (призначення програми та особливості користування дивись у Додатку В, [1], с.181).
2. Реалізувати на ПК алгоритм розв'язання задачі покрокової регресії та отримати:

- 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 ($r_{x_ix_s}$);
- 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 α = 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 – 10 балів.
2. Відповіді є правильними, але не повними – 7 балів.
3. Відповіді не завжди є правильними та повними – 6 балів.
4. Відповіді не правильні або відсутні – 0 балів.

4. ПИТАННЯ ДО ЗАХОДІВ ПОТОЧНОГО, ПІДСУМКОВОГО ТА СЕМЕСТРОВОГО КОНТРОЛЮ

4.1. Завдання до Проміжного тесту 1

1. Множину будь яких *n*-вимірних систем упорядкованих дійсних чисел $a_{1,}a_{2,}a_3,\ldots\ldots,a_n,$ називають_____
[1] С. 6-7; [3] С. 332-333.

2. Метрику $\rho(A,B)=\sqrt{(b_1-a_1)^2+(b_2-a_2)^2+\ldots.+(b_n-a_n)^2}$
називають: _____
[1] С. 6-7; [3] С. 332-333.

3. Для евклідового простору скалярний добуток двох векторів є:
$\langle \vec{AB} \rangle = \vec{AB} =$ _____
[1] С. 6-7; [3] С. 332-333.

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

5. Вираз $X_j = \begin{pmatrix} x_{1_j} \\ x_{2_j} \\ x_{3_j} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ x_{n_j} \end{pmatrix}$, $\left(i = \overline{1,n}\right)$ є_____
[1] С. 8-9; [3] С. 334-335.

6. Вираз $X_j = (x_{j_1}, x_{j_2}, \ldots\ldots, x_{j_i}, \ldots\ldots, x_{j_n}), (i = \overline{1,n})$ є_____
[1] С. 8-9; [3] С. 336-337.

7. Розкрити вихідну матрицю: $X = \left\{x_{ij}\right\}, (i = \overline{1,n},\ j = \overline{1,m})$;_____
[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: $\sqrt{{}_\Delta x_1^2 + {}_\Delta x_2^2 + \ldots\ldots + {}_\Delta x_m^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^{m} {}_\Delta x_{ij}} =$_____
[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

1. За допомогою якого методу багатовимірного статистичного аналізу можна параметризувати предиктори чи інші гідрометеорологічні об'єкти?
[1] С. 43-44; [3] С. 391-393.

2. Задачу, за допомогою якої відбувається суттєве скорочення кількості вихідної інформації при збереженні її основного змісту, називають:_____
[1] С. 43-44; [3] С. 391-393.

3. Система координат у n-вимірному просторі, що представлена сукупністю статистично незалежних векторів, називається: _____
[1] С. 43-45.

4. Рівняння $R_x U_i = \lambda_i U_i$ називають_____
[1] С. 45-47.

5 . Рівняння $K_x U_i = \lambda_i U_i$ називають_____
[1] С. 45-47; [3] С. 393-398.

6. Рівняння $R_x W_i = \lambda_i W_i$ називають_____
[1] С. 50-51.

7. Рівняння $K_x W_i = \lambda_i W_i$ називають_____
[1] С. 50-51.

8. Власні значення матриці коваріації (кореляції) розташовуються в порядку:__
[1] С. 45-48; [3] С. 394-397.

9. Вираз $W_i = \frac{U_i}{\|U_i\|}, \left(i = \overline{1,n}\right)$ називається_____
[1] С. 49-51; [3] С. 398-399.

10. Яким матричним рівнянням визначається операція розкладання вектора X_j у базису $W = \left\{w_{i_j}\right\}, \left(i,j = \overline{1,n}\right)$?_____
[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?
$\sum_{i=1}^{n} \lambda_i = t_r K_x = \sum_{i=1}^{n} \sigma_{x_i}^2$ 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 кластерізації 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 $X_j = \begin{pmatrix} x_{1_j} \\ x_{2_j} \\ x_{3_j} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ x_{n_j} \end{pmatrix}$, $\left(i = \overline{1,n}\right)$

є_____
[1] С. 8-9; [3] С. 334-335.

3. Розкрити вихідну матрицю: $X = \left\{x_{ij}\right\}, (i = \overline{1,n},\ j = \overline{1,m})$;_____
[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: $\sqrt{{}_{\Delta}x_1^2 + {}_{\Delta}x_2^2 + \ldots + {}_{\Delta}x_m^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^{m} {}_{\Delta}x_{ij}} =$_____
[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 $W = \{w_{i_j}\}, (i, j = \overline{1, n})$?_____
[1] С. 51-53; [3] С. 400-402.

19. Шо означає даний запис?
$\sigma_{z_i}^2 = \lambda_i$ це_____
[1] С. 53-55; [3] С. 404-406.

20. Що означає даний запис?
$\sum_{i=1}^{n} \lambda_i = t_r K_x = \sum_{i=1}^{n} \sigma_{x_i}^2$ 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 кластерізації 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 заліку

Питання для залікової контрольної роботи (ЗКР)

1. Множину будь яких *n*-вимірних систем упорядкованих дійсних чисел $a_1, a_2, a_3, \ldots\ldots, a_n$, називають_____
[1] С. 6-7; [3] С. 332-333.

2. Метрику $\rho(A,B) = \sqrt{(b_1 - a_1)^2 + (b_2 - a_2)^2 + \ldots + (b_n - a_n)^2}$ називають: _____
[1] С. 6-7; [3] С. 332-333.

3. Для евклідового простору скалярний добуток двох векторів є:
$\langle \vec{AB} \rangle = \vec{A}\vec{B} =$ _____
[1] С. 6-7; [3] С. 332-333.

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

5. Вираз $X_j = \begin{pmatrix} x_{1_j} \\ x_{2_j} \\ x_{3_j} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ x_{n_j} \end{pmatrix}, \quad (i = \overline{1,n})$

є_____
[1] С. 8-9; [3] С. 334-335.

6. Вираз $X_j = (x_{j_1}, x_{j_2}, \ldots\ldots, x_{j_i}, \ldots\ldots, x_{j_n}), (i = \overline{1,n})$ є_____
[1] С. 8-9; [3] С. 336-337.

7. 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: $\sqrt{{}_{\Delta}x_1^2 + {}_{\Delta}x_2^2 + \ldots\ldots + {}_{\Delta}x_m^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^{m} {}_{\Delta}x_{ij}} =$_____
[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 багатовимірного 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 $W_i = \frac{U_i}{\|U_i\|}, \left(i = \overline{1,n}\right)$ називається_____
[1] С. 49-51; [3] С. 398-399.

33. Яким матричним рівнянням визначається операція розкладання вектора X_j у базису $W = \left\{w_{i_j}\right\}, \left(i,j = \overline{1,n}\right)$?_____
[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 кластерізації 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: Навчальний посібник. – Одеса, ТЕС, 2016. – 196 с.
2. Гончарова Л.Д., Школьний Є.П. Методи обробки та аналізу гідрометеорологічної інформації (збірник задач і вправ): Навчальний посібник. – Одеса: Екологія, 2007. – 464 с.
3. Школьний Є.П., Лоєва І.Д., Гончарова Л.Д. Обробка та аналіз гідрометеорологічної інформації. Частина ІІ – "Багатовимірний статистичний аналіз метеорологічних процесів і полів": Підручник. – К.: Міносвіти України, 1999. – С. 331-539.
4. http://library.odeku.edu.ua/
5. http://eprints.library.odeku.edu.ua/

Додаткова література

6. Гончарова Л.Д., Решетченко С.І Вплив Північної Атлантики на температуру повітря, опади, приземний тиск на Лівобережній Україні // Український гідрометеорологічний журнал. – 2010. – №. 7. – С. 45-52.
7. Гончарова Л.Д., Косолапова Н.І. Вплив основних телеконекцій Північної півкулі на режим опадів по території України // Вісник ОНУ. Сер: Географічні та геологічні науки. – 2017. – Т. 22. – Вип. 1 (30). – С. 11-27.
8. Гончарова Л.Д., Решетченко С.І Особливості статистичної структури полів атмосферного тиску у другій половині XX століття на території лівобережної України // Український гідрометеорологічний журнал. – 2010. – №. 6. – С. 54-61.
9. Райзин Дж. Вен. Классификация и кластер. – М.: Мир, 1980. – xx с.
10. Серга Э.Н. Универсальный адаптивный итерационный метод кластерного анализа // Метеорологія, кліматологія та гідрологія: Міжвід. Наук. зб. України. – Одеса. – 2003. – Вип. 47. – С. 83-89.