

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Методичні вказівки
до самостійної роботи студентів при вивченні дисципліни
«Фізичне та статистичне моделювання океанологічних процесів»
для студентів V курсу денної форми навчання
Спеціальність – океанологія
Рівень підготовки - спеціаліст

„Затверджено”
на засіданні методичної комісії
гідрометеорологічного інституту
Протокол № ____ від _____ 2013р.

Методичні вказівки до самостійної роботи студентів при вивченні дисципліни «Фізичне та статистичне моделювання океанологічних процесів» для студентів V курсу денної форми навчання спеціальності 7.070603 «Океанологія» / Укл. Доц.Рубан І.Г., доц.. Ілюшин В.Я. Одеса: ОДЕКУ, 2013. – 26 с. Укр. мова.

ЗМІСТ

Передмова.....	4
1. Загальні вказівки.....	5
Організація самостійної роботи студентів.....	6
2. Рекомендації щодо вивчення розділів дисципліни.....	8
2.1 Побудування та аналіз емпіричних залежностей.....	8
2.1.1 Кореляційний аналіз.....	8
2.1.2 Аналіз нелінійних залежностей.....	8
2.1.3 Багатофакторний аналіз.....	9
2.1.4 Непараметричні методи аналізу емпіричних залежностей.....	9
2.2 Аналіз часових рядів.....	10
2.2.1 Основні положення теорії випадкових функцій.....	10
2.2.2 Стандартні методи аналізу часових рядів.....	11
2.2.3 Спектральний аналіз.....	11
2.3 Аналіз просторових рядів.....	12
3. Вказівки до виконання практичних робіт.....	13
4. Організація контролю знань та вмінь студентів.....	14
Література.....	15
Додаток.....	16

ПЕРЕДМОВА

Основною метою самостійного вивчення дисципліни «Фізичне та статистичне моделювання океанологічних процесів» є забезпечення студентів обсягом теоретичних знань і практичних навиків, необхідних для застосування на практиці різних методів моделювання океанських процесів різного масштабу. У відповідності з поставленою метою предметом вивчення є теоретичні положення, котрі лежать в основі методів моделювання океанологічних процесів та приклади застосування цих методів. При цьому вирішуються наступні задачі: формулювання фізичної моделі конкретного процесу, формулювання математичного алгоритму вирішення цієї задачі та реалізація сформульованого чисельного алгоритму на архітектуру сучасного комп'ютера. Практична значущість дисципліни полягає у необхідності володіння цими знаннями для обслуговування народного господарства і для наукових досліджень. Курс «Фізичне та статистичне моделювання океанологічних процесів» належить до професійно орієнтованого циклу дисциплін у підготовці спеціалістів океанологів.

Побудова самостійної роботи курсу «Фізичне та статистичне моделювання океанологічних процесів» базується на вузівських курсах «Вища математика», «Фізика», «Методи обробки та аналізу гідрометеорологічної інформації», «Фізика океану». У подальшому може використовуватися у дипломному проектуванні.

В результаті самостійного вивчення дисципліни студент повинен:

знати основні методи фізичного та статистичного моделювання та принципи застосування цих методів до моделювання океанічних процесів різних масштабів;

вміти вірно вибрати необхідний метод, оцінити якість вибраної моделі в конкретному випадку та проаналізувати отримані результати.

1. ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ

Вивчення розділів курсу рекомендується вести в наступному порядку.

1. Ознайомитися з вимогами програми з даного розділу (теми).

2. Прочитати літературу, що рекомендується.

В процесі першого читання не слід особливо затримуватися на математичних викладеннях, доведеннях рівнянь та формул. Головне - скласти собі загальне уявлення про викладені питання. Для цього краще розглянути приклади, рисунки та підписи під ними. Також було б непогано якось виділити особливо важкі або незрозумілі місця. У другому читанні можна перейти до більш детального вивчення матеріалу, засвоїти теоретичні положення та логіку їх викладення.

Вивчаючи те чи інше питання, необхідно звернути увагу як на якісну сторону викладеного явища чи процесу (опис явищ, аналіз фізичних факторів, від яких вони залежать, та ін.), так і на кількісну їх оцінку. Цього можна досягти самостійною побудовою графічних схем, що приводяться в рекомендованій літературі, та уважним знайомством з виведенням формул. Разом з тим, вивчення математичної сторони навчального матеріалу не слід відривати від його фізичної суті. У всякій формулі слід передусім знайти її фізичний сенс.

Для полегшення засвоєння матеріалу, що самостійно вивчається, корисно складати стислий конспект або записувати незрозумілі положення чи висновки для подальшої роботи з викладачем на консультації.

3. Відповісти на питання для самоперевірки.

4. Виконання практичних робіт.

Весь розрахунковий матеріал повинен бути у вигляді таблиць і графіків. Розрахунки виконуються в системі СІ. Результати розрахунків, безсумнівно, повинні бути проаналізовані. В аналізі, крім короткого опису суті роботи, обов'язково наводяться приклади професійних задач, в яких можна використати навички (теоретичні та практичні), одержані в процесі виконання роботи.

Таблиця 1. - Організація самостійної роботи студентів з курсу «Фізичне та статистичне моделювання океанологічних процесів»

Змістовний модуль	Розділи	Завдання	Кількість годин СРС	Контрольні заходи	Термін проведення
1	2	3	4	5	6
ЗМ-Л1	Побудування та аналіз емпіричних залежностей	Підготовка до лекцій	6	Контрольна робота Усне опитування	7 тиждень
		Підготовка до контрольної роботи	5		
		Самостійне вивчення розділів теоретичного матеріалу	8		
ЗМ-Л2	Аналіз часових рядів	Підготовка до лекцій	3	Контрольна робота Усне опитування	9 тиждень
		Підготовка до контрольної роботи	5		
		Самостійне вивчення розділів теоретичного матеріалу	12		

Таблиця 1. - Продовження

ЗМ-ЛЗ	Аналіз просторових полів	Підготовка до лекцій	3	Контрольна робота Усне опитування	14 тиждень
		Підготовка до контрольної роботи	5		13 тиждень
		Самостійне вивчення розділів теоретичного матеріалу	15		
ЗМ-П1	Одновимірний статистичний аналіз температури води	Підготовка до усного опитування	7	Усне опитування	5 тиждень
ЗМ-П2	Аналіз часової мінливості рядів температури води	Підготовка до усного опитування	7	Усне опитування	10 тиждень
ЗМ-П3	Спектральний аналіз океанологічних параметрів	Підготовка до усного опитування	14	Усне опитування	15 тиждень
Разом			90*		

* - Таким чином, загальна кількість годин СРС складається з підготовки до лекційних занять (12 годин), усного опитування під час проведення практичних робіт (28 годин), вивчення окремих розділів теоретичного матеріалу (35 годин) і контрольних робіт (15 годин)

2. РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИВЧЕННЯ РОЗДІЛІВ ДИСЦИПЛІНИ

2.1 Розділ: «Побудування та аналіз емпіричних залежностей»

2.1.1 Тема «Кореляційний аналіз»

У даному розділі необхідно ознайомитися з різними видами зв'язків між емпіричними даними, виявити розбіжності між параметричними і непараметричними показниками зв'язків. Особливу увагу необхідно приділити коефіцієнту кореляції: знати його зміст і властивості, способи розрахунку й оцінки вірогідності на основі перевірки статистичних гіпотез. Крім того, з'ясувати зміст помилкової кореляції.

Додатково вивчити метод найменших квадратів: його принципи, достоїнства й недоліки. На основі цього методу навчитися будувати лінійну регресійну модель двох змінних: знати формулювання моделі, її геометричний зміст, способи розрахунків коефіцієнтів моделі й оцінки їхньої значимості, зв'язок з коефіцієнтом кореляції, спосіб оцінки адекватності моделі на основі критерію Фішера.

Питання для самоперевірки

1. Поясніть зміст коефіцієнта кореляції й назвіть його властивості.
2. Як оцінити значущість коефіцієнта кореляції?
3. Що таке помилкова кореляція?
4. У чому полягає перетворення Фішера й у яких цілях воно використовується?
5. Поясніть зміст коефіцієнтів рівняння лінійної регресії.
6. Як оцінити адекватність регресійної моделі?

Література: [1] – гл.5; [4] – гл.8; [5] – гл.7, стор. 138-155. .

2.1.2 Тема: «Аналіз нелінійних залежностей»

У даному розділі необхідно вивчити загальну схему побудови нелінійних залежностей. Розглянути способи підбору емпіричної формули одновимірної й двовимірної залежностей, зокрема лінеаризацію.

Вивчити параметр «кореляційне відношення», навчитися оцінювати його вірогідність і значущість на основі статистичних критеріїв. Звернути особливу увагу на модель одновимірної поліноміальної регресії й її використання для апроксимації гідрометеорологічної інформації.

Питання для самоперевірки

1. Що таке кореляційне відношення? Як цей параметр відрізняється від коефіцієнта кореляції?
2. Яким чином здійснюється підбор аналітичних формул до емпіричних залежностей?
3. У яких випадках використовуються моделі поліноміальної регресії?

Література: [1] – гл.6 , [5], стор. 154-167.

2.1.3 Тема: «Багатофакторний аналіз»

Необхідно усвідомити багатофакторність взаємозв'язку гідрометеорологічних процесів і явищ у природі, для опису яких використовуються моделі множинної лінійної регресії. Потрібно ознайомитися з математичним апаратом побудови рівняння множинної лінійної регресії, коефіцієнтом множинної кореляції і його властивостей, способами оцінювання параметрів регресії, вимогами до вихідної інформації, що ставляться при побудові оптимальних форм регресії.

Питання для самоперевірки

1. Поясніть зміст коефіцієнта множинної кореляції. Чим він відрізняється від коефіцієнта парної кореляції?
2. Назвіть вимоги, які ставляться до вихідної інформації, при виконанні розрахунків множинної регресії й поясніть їхню суть.
3. Для розв'язання яких практичних завдань використовується метод множинної регресії?

Література: [2] – гл.2; [5] – гл.7, стор. 176-196 .

2.1.4 Тема «Непараметричні методи аналізу емпіричних залежностей»

При вивченні розділу важливо виявити особливості застосування непараметричних методів аналізу залежностей. Необхідно ознайомитися з такими поняттями й параметрами: порядкові статистики, мала вибірка, непараметричні коефіцієнти зв'язку двох змінних, рангові коефіцієнти Кендалла й Спірмена.

Питання для самоперевірки

1. В яких випадках виникає необхідність використовувати непараметричні методи аналізу емпіричних залежностей?
2. Поясніть, у чому полягає різниця між малою і великою вибірками.
3. Які розрахункові параметри, притаманні цим методам, ви знаєте?
4. У чому полягає різниця між ранговими коефіцієнтами Спірмена і Кендалла?

Література: [4] – гл.9; [6] – гл.8, стр. 256-260, гл.9, стр. 313-330.

2.2 Розділ: «Аналіз часових рядів»

2.2.1 Тема: «Основні положення теорії випадкових функцій»

При вивченні даного розділу спочатку потрібно визначити поняття випадкової функції й вивчити класифікацію випадкових функцій. Крім того варто розглянути класифікацію гідрометеорологічних процесів за часовими масштабами.

Далі потрібно усвідомити, що таке стаціонарність випадкових функцій в вузькому й широкому розумінні, а також ергодичність стаціонарних випадкових функцій. Необхідно знати методи перевірки стаціонарності для часових рядів, як по математичному очікуванню, так і по дисперсії.

Питання для самоперевірки

1. Дайте визначення й наведіть класифікацію випадкових функцій.
2. Наведіть класифікацію гідрометеорологічних процесів за часовими масштабами.
3. Дайте визначення стаціонарності.
4. Дайте визначення ергодичності.
5. Як визначити, чи стаціонарний часовий ряд?
6. Намалюйте на графіках приклади часових рядів, нестационарних по математичному очікуванню (по дисперсії).

Література: [1] – гл.8; [3] – гл.1, стр.19-47.

2.2.2 Тема: «Стандартні методи аналізу часових рядів»

При вивченні даного розділу необхідно розглянути загальну схему дослідження часової мінливості. Звернути увагу на способи виділення й аналізу трендової складової часового ряду, як характеристики нестационарності.

Для завдань дослідження внутрішньої структури ряду вивчити автокореляційний аналіз: спосіб розрахунку автокореляційної функції (АКФ), її властивості, поняття радіуса кореляції, що характеризує інерційність процесу, а також можливість оцінки періодичності процесу. Крім того, необхідно розглянути вид АКФ для різних типів гідрометеорологічних процесів. Для завдань оцінки емпіричного зв'язку двох характеристик зі зрушенням у часі вивчити взаємокореляційний аналіз: спосіб розрахунку взаємо-кореляційної функції (ВКФ), її властивості, місце коефіцієнта кореляції у ВКФ, визначення часового зрушення в емпіричному зв'язку двох характеристик. Вивчити методи дослідження періодичності досліджуваного процесу: гармонійний аналіз і періодограманаліз.

Питання для самоперевірки

1. Навести загальну схему дослідження часової мінливості.
2. Навести на графіках приклади часових рядів із трендом по математичному очікуванню (по дисперсії).
3. Сформулювати рівняння лінійного й нелінійного тренда.
4. Що таке радіус кореляції? Як він визначається й що показує?
5. Навести приклади АКФ для «білого шуму», «червоного шуму», гармонійного процесу.
6. Як визначити по ВКФ, який процес протікає з випередженням і яке це випередження?
7. Сформулюйте основний принцип гармонійного аналізу.

Література: [1] – гл.9; [3] – гл.1; [4] – гл.12, 13.

2.2.3 Тема: «Спектральний аналіз»

При вивченні цього розділу звернути увагу на формулювання спектральної щільності, її властивості, способи оцінки її значущості за статистичними критеріями. Необхідно знати зміст спектральної щільності, а також її види для різних типів гідрометеорологічних процесів («білий шум», «червоний шум», гармонійний процес, наявність тренда і їх сполучень, наприклад, тренд плюс гармоніка).

Далі потрібно познайомитися з поняттям частотної вагової функції.

Крім того, одержати поняття про взаємну спектральну щільність і когерентність. Окремо потрібно розглянути завдання фільтрації часових рядів: типові фільтри, застосування фільтрації на різних етапах обробки часових рядів.

Питання для самоперевірки

1. Сформулюйте поняття і властивості спектральної щільності.
2. Як зі спектра визначити в вихідному часовому ряду наявність значущих періодів? Як визначити їх період?
3. Наведіть приклади спектра для одного з типів гідрометеорологічних процесів.
4. Для чого розраховується взаємна спектральна щільність?
5. Що таке когерентність?
6. Для чого і як застосовується фільтрація часових рядів?

Література: [1] – гл.10; [3] – гл.3, 4; [5] – гл.8, стор. 198-209.

2.3. Розділ: «Аналіз просторових полів»

При вивченні даного розділу необхідно усвідомити основні поняття просторового аналізу: однорідність, ізотропність і ергодичність випадкового поля.

Найпоширенішою характеристикою полів є просторова кореляційна функція, потрібно знати, як вона розраховується й який фізичний зміст має. Крім того, деякі завдання потребують просторового осереднення просторових полів (методи ізоліній, квадратів, трикутників і полігонів).

Крім цього, потрібно звернути увагу на об'єктивний аналіз: його основні завдання й алгоритми (методи зваженого середнього й вагової анізотропної інтерполяції, поліноміальній інтерполяції, оптимальної інтерполяції).

Питання для самоперевірки

1. Дайте визначення однорідності, ізотропності й ергодичності випадкового поля.
2. Який зміст має просторова кореляційна функція?
3. Якими методами можна осереднювати просторові поля?
4. Назвіть основні завдання об'єктивного аналізу.

Література: [3] – гл.2, стр.66-73; [7]

3. ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

Теми практичних занять:

1. Взаємодія частоти та ймовірності
2. Критерії згоди Пірсона
3. Будування довірчих кордонів для оцінок
4. Одновимірний статистичний аналіз температури води
5. Аналіз часової мінливості рядів температури води.

Усі практичні роботи виконуються під час аудиторних занять, але підготовка до них та їх оформлення виконується в термін самостійної роботи. При їх виконанні можна керуватися наступними рекомендаціями.

До виконання практичних робіт варто приступитися після ретельного вивчення рекомендованих глав літератури. Для виконання завдань корисні відомості про розрахункові формули по кожному з розділів дисципліни, а також великий обсяг довідкових даних можна знайти в [8].

Відповіді на питання контрольної роботи повинні бути сформульовані досить докладно, щоб був зрозумілий зміст матеріалу, який викладається, підтверджений, де це можливо, математичними формулами.

Розрахункові завдання можна виконувати як з використанням стандартних статистичних пакетів (STATISTICA, SPSS, EXCEL і ін.) з виведенням результатів на друк, так і вручну, за допомогою калькулятора.

Всі обчислення повинні бути представлені в таблицях і рисунках. Остаточні результати і їхній аналіз подаються в довільному вигляді.

У Додатку розміщують необхідні таблиці теоретичних розподілів для перевірки статистичних гіпотез. Крім них можна користуватися подібними таблицями в [8].

В результаті роботи студентом складається звіт. Його ціллю є навчити студента зводити в одне ціле теоретичні знання та практичні навички, тобто вміти самостійно користуватися теоретичними сентенціями для вирішення конкретних задач.

Загальна структура звітів повинна відображати наступні питання:

1. *Задача роботи*, в якій коротко (бажано одним реченням) формулюється основна ідея роботи.

2. *Теоретичне обґрунтування* з наведенням тих свідчень з лекційного курсу, які використовувались в певній роботі.

3. *Метод розрахунків* з наведенням використаних розрахункових формул та обґрунтування послідовності дій.

4. *Вихідні дані*, які використовувались в завданні, наводяться з посиланнями на джерело.

5- *Аналіз одержаних результатів*, в якому акцентується увага на

точності одержаних результатів, розглядаються проблеми практичного використання теоретичних знань (якщо вони є в даній роботі) і обов'язково наводяться приклади можливого використання здобутих знань та навичок в інших прикладних задачах, пов'язаних з природними процесами.

б. Список використаної літератури.

Після списку літератури виконавець роботи ставить свій підпис та дату складання звіту. Звіти всіх робіт віддаються викладачу на перевірку, підшитими в папку.

4. ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ СТУДЕНТІВ

При самостійній роботі студентів з вивчення дисципліни «Фізичне та статистичне моделювання океанологічних процесів» контроль здійснюється за допомогою системи контролюючих заходів, яка складається з поточного та підсумкового контролю.

Поточний контроль здійснюється протягом всього навчального курсу за формами: модульні контрольні роботи, усне опитування під час практичних занять, реферат. Оцінювання згідно з робочою програмою дисципліни.

Підсумковий контроль здійснюється під час заліку. Термін проведення контролюючих заходів – згідно графіка денної форми навчання.

Базові нормативні **знання**, які забезпечують задовільну оцінку на підсумковому контролі, є такими:

- Основні статистичні моменти;
- Нормальний закон розподілу;
- Зміст і властивості коефіцієнта кореляції;
- Лінійна регресійна модель двох змінних;
- Стандартні методи аналізу часових рядів;
- Зміст і властивості просторової кореляційної функції.

Вміння: - застосовувати на практиці основні результати теорії, знати основні недоліки використаних методик, їх рівень значущості для практичного використання та варіанти шляхів вирішення проблеми.

ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Вайновский П.А., Малинин В.Н. Методы обработки и анализа океанологической информации. Ч.І. Одномерный анализ.– Л.: Изд. ЛГМИ,1991.– 136 с.
2. Вайновский П.А., Малинин В.Н. Методы обработки и анализа океанологической информации. Ч.ІІ. Многомерный анализ.– СПб.: Изд. РГГМИ, 1992.– 96 с.
3. Казакевич Д.И. Основы теории случайных процессов в гидрометеорологии.– Л.: Гидрометеоиздат,1989.– 230 с.
4. Тюрин Ю.Н., Макаров А.А. Статистический анализ данных на компьютере.– М.: ИНФРА-М,1998.– 528 с.
- 5 Школьний Є.П., Гончарова Л.Д. Методи обробки та аналізу гідрометеорологічної інформації.- Одеса: ОДЕКУ, 2001.- 320 с.

Додаткова

6. Теория статистики. Под ред. Р.А. Шмойловой.– М.: Финансы и статистика, 1999.– 558 с.
7. Каган Р.Л. Осреднение пространственных полей. – Л.: Гидрометеоиздат, 1975.-212 с.
8. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов/ 13-е изд., исправленное.– М.:Наука,1986.– 544 с.
9. Макарова Н.В., Трофимец В.Я. Статистика в Excel: Учеб.пособие.– М.:Финансы и статистика, 2003.– 386 с.

ДОДАТОК

ОСНОВНІ СТАТИСТИЧНІ ТАБЛИЦІ

Таблиця 1.

Критичні значення t-критерію Стьюдента

Ступені вільності ν	Рівень значущості	
	10 %	5 %
1	3.08	6.31
5	1.48	2.01
10	1.37	1.81
20	1.33	1.73
30	1.31	1.70
50	1.30	1.67
100	1.29	1.66
500	1.28	1.65

Критичні значення χ^2 – розподілу з ν степенями вільності при різних рівнях значущості α %

ν	α %			
	95	90	10	5
2	0.1	0.2	4.6	5.9
4	0.7	1.0	7.7	9.4
5	1.2	1.6	9.2	11.1
6	1.6	2.2	10.6	12.5
7	2.2	2.8	12.0	14.1
8	2.7	3.4	13.3	15.5
10	3.9	4.8	15.9	18.3
20	10.8	12.4	28.4	31.4
30	18.4	20.5	40.2	43.7
40	26.5	29.0	51.8	55.7
50	34.8	37.7	63.2	67.5

Критичні значення F – критерію Фішера з v_1 і v_2 степенями вільності при рівні значущості $\alpha = 5\%$

v_1	v_2							
	5	10	15	20	25	30	35	40
1	6.61	4.96	4.54	4.35	4.24	4.17	4.12	4.08
2	5.79	4.10	3.68	3.49	3.39	3.32	3.27	3.23
3	5.41	3.71	3.29	3.10	2.99	2.92	2.87	2.84
4	5.19	3.48	3.06	2.87	2.76	2.69	2.64	2.61
5	5.05	3.33	2.90	2.71	2.60	2.53	2.49	2.45
6	4.95	3.22	2.79	2.60	2.49	2.42	2.37	2.34
7	4.88	3.14	2.71	2.51	2.40	2.33	2.29	2.25
8	4.82	3.07	2.64	2.45	2.34	2.27	2.22	2.18
9	4.77	3.02	2.59	2.39	2.28	2.21	2.16	2.12
10	4.74	2.98	2.54	2.35	2.24	2.16	2.11	2.08
15	4.62	2.85	2.40	2.20	2.09	2.01	1.96	1.92
20	4.56	2.77	2.33	2.12	2.01	1.93	1.88	1.84
25	4.52	2.73	2.28	2.07	1.96	1.88	1.82	1.78
30	4.50	2.70	2.25	2.04	1.92	1.84	1.79	1.74
35	4.48	2.68	2.22	2.01	1.89	1.81	1.76	1.72
40	4.46	2.66	2.20	1.99	1.87	1.79	1.74	1.69
45	4.45	2.65	2.19	1.98	1.86	1.77	1.72	1.67
50	4.44	2.64	2.18	1.97	1.84	1.76	1.70	1.66