

Державна служба України з надзвичайних ситуацій
Національна академія наук України
Український гідрометеорологічний інститут

ЗАТВЕРДЖЕНО

Вченою радою Українського
гідрометеорологічного інституту
Протокол № 7-П/9 від 31 жовтня 2023 р.



Директор Українського
гідрометеорологічного інституту
чл. кор. НАН України

Володимир ОСАДЧИЙ
жовтня 2023 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА
навчальної дисципліни

**СПЕЦІАЛЬНІ МЕТОДИ ОБРОБЛЕННЯ ТА СТАТИСТИЧНОГО
АНАЛІЗУ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ**

Освітньо-наукова програма	Науки про Землю
Галузь знань	10 Природничі науки
Спеціальність	103 Науки про Землю
Рівень вищої освіти	Третій (освітньо-науковий)
Освітній ступінь	Доктор філософії
Вид дисципліни	Вибіркова

Викладач: Скриник Олег Ярославович, кандидат фізико-математичних наук,
старший науковий співробітник відділу фізики атмосфери

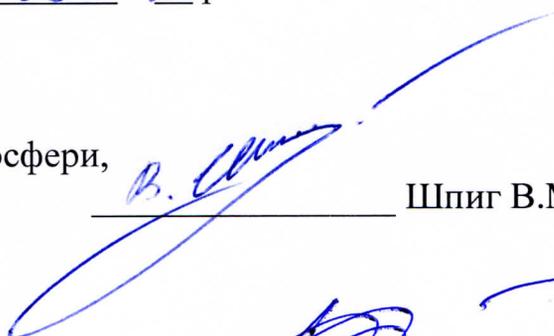
Робочу програму навчальної дисципліни «СПЕЦІАЛЬНІ МЕТОДИ ОБРОБЛЕННЯ ТА СТАТИСТИЧНОГО АНАЛІЗУ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ» розроблено на основі освітньо-наукової програми «Науки про Землю» підготовки здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «Доктор філософії» за спеціальністю 103 Науки про Землю та відповідних нормативних документів

Укладач:
к.ф.-м.н., с.н.с.


Скриник О.Я.

Робочу програму обговорено та схвалено на засіданні відділу фізики атмосфери
Протокол № 2 від «28» 09 2023р.

Завідувач відділу фізики атмосфери,
к.г.н.,


Шпиг В.М.

Гарант освітньо-наукової програми


Осадчий В.І.

ВСТУП

1. Мета дисципліни – отримання аспірантами системних теоретичних знань та практичних навичок використання програмних пакетів та функцій середовища R. Доктор філософії за спеціальністю Науки про Землю повинен добре володіти сучасним програмним інструментом для обробки та аналізу гідрометеорологічної інформації різної часової та просторової роздільної здатності.

2. Анотація навчальної дисципліни: дана навчальна дисципліна присвячена вивченню основних конструкцій та структурних елементів скриптової мови R та базових функціональних можливостей програмного середовища R для проведення обробки та аналізу гідрометеорологічних даних.

Навчальна дисципліна «СПЕЦІАЛЬНІ МЕТОДИ ОБРОБЛЕННЯ ТА СТАТИСТИЧНОГО АНАЛІЗУ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ» є складовою комплексної підготовки фахівців третього освітньо-кваліфікаційного рівня відповідно до освітнього ступеня Доктор філософії зі спеціальності 103 «Науки про Землю».

3. Завдання вивчення дисципліни полягає у формуванні у аспірантів базових теоретичних знань та практичних навичок використання основного інструментарію середовища R (прикладних пакетів та їх функцій) для проведення обробки та статистичного аналізу гідрометеорологічних даних, та візуалізації їх результатів.

У результаті вивчення дисципліни аспіранти повинні *засвоїти* основні теоретичні знання щодо базових конструкцій та структурних елементів скриптової мови програмування R, та *набути* практичних навичок їх використання для проведення розрахунків, в тому числі і векторних. Аспіранти повинні *засвоїти* основні принципи використання програмних пакетів R та їх функцій для проведення обробки та аналізу як первинної емпіричної гідрометеорологічної інформації (напр., станційних даних), так і вихідних результатів розрахунків метеорологічних/гідрологічних/кліматичних моделей.

Аспірант повинен знати: базові конструкції та структурні елементи скриптової мови R, базові програмні пакети R та їх основні функції, які можна використовувати для обробки, статистичного аналізу та візуалізації результатів проведених розрахунків, основні формати файлів, які використовуються для запису/зберігання/передавання метеорологічних/гідрологічних/кліматичних даних.

Аспірант повинен вміти використовувати базові функції R та функції користувачьких програмних пакетів для зчитування гідрометеорологічних даних з файлів різної структури та формату, проведення їх переформатування, проведення різного роду розрахунків (статистичних, просторово-часового аналізу, та ін.) та візуалізації результатів розрахунків (побудови графіків, діаграм, карт/картосхем).

Аспірант повинен демонструвати навички ефективної міжособистісної взаємодії та командної роботи. Демонструвати здатність вчитися і самостійно засвоювати нові знання та формувати відповідні практичні навички їх практичного застосування. Повинен вміти виконувати пошук та опрацювання різних спеціалізованих джерел інформації щодо використання нових розрахункових технологій/алгоритмів/пакетів у науках про Землю.

Система контролю знань та умови складання іспиту. Навчальна дисципліна «Методи обробки та аналізу гідрометеорологічної інформації в середовищі R» оцінюється за модульно-рейтинговою системою. Вона складається з 2 модулів. Результати навчальної діяльності аспірантів оцінюються за 100-бальною шкалою, яка відповідно переводиться в національну шкалу (відмінно, добре, задовільно, незадовільно) та шкалу Європейської кредитно-трансферної системи – ЄКТС (A,B,C,D,E,FX,F). Відповідність шкал оцінювання та критерії визначення рівнів досягнень аспірантів показано в таблиці 1.

Переведення 100-бальної шкали оцінювання в національну шкалу та шкалу ЄКТС

Оцінка за 100-бальною шкалою	Оцінка за національною шкалою		Оцінка за шкалою ЄКТС
	диференційована	у формі заліку	
90 – 100 (творчий рівень)	5 (відмінно)	зараховано	A
85 – 89 (високий рівень)	4 (дуже добре)		B
70-79 (достатній рівень)	4(добре)		C
65-69 (задовільний рівень)	3 (задовільно)		D
60-64 (задовільний рівень)	3(достатньо)		E
35-59 (низький рівень)	2 (незадовільно з можливістю повторного складання)	не зараховано з можливістю повторного складання заліку/екзамену	EF
0-34 (незадовільний рівень)	2 (незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни)	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	F

Аспірант отримує підсумкову оцінку, яка розраховується як середньозважене оцінок за кожен з двох модулів у семестрі та оцінки за залік за наступною формулою:

	<i>Змістовий модуль 1 (ЗМ₁)</i>	<i>Змістовий модуль 2 (ЗМ₂)</i>	<i>Залік</i>	<i>Разом (підсумкова оцінка)</i>
Вагові коефіцієнти (%)	30% k ₁ =0,3	30% k ₂ =0,3	40% k _{зал} =0,4	100%
Максимальна оцінка в балах	100	100	100	100
Оцінка (бали)	15	45	40	100

Розрахунок підсумкової оцінки (зваженої):

$$ПО = ЗМ_1 \times k_1 + ЗМ_2 \times k_2 + КПМ \times k_{зал}$$

При оцінюванні кожного із змістових модулів враховується відвідування аспірантом аудиторних занять та виконання ним самостійних робіт, робота на семінарських заняттях, а також результати виконання модульних контрольних робіт. Оцінювання окремих видів навчальної роботи студента здійснюється у балах:

- письмові контрольні роботи – 20 балів (на семестр 2 модульні контрольні роботи по 10 балів максимум кожна);
- письмові самостійні роботи – 10 балів (на семестр 2 письмові самостійні роботи по 5 балів максимум кожна);
- усна відповідь – 20 балів (по одному балу за одну відповідь на кожному занятті);
- заохочувані бали (відвідування, підготовка рефератів) – 20 балів.

Якщо за результатами модульно-рейтингового контролю аспірант отримав середнє арифметичне за два змістовні модуля менше ніж 60 балів, то він не допускається до заліку і вважається таким, що не виконав усі види робіт, які передбачаються навчальним планом на семестр з дисципліни.

ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ДИСЦИПЛІНИ

№ п/п	Назва теоретичних блоків	Кількість годин				
		Всього	Аудиторних			Самостійна робота
			Лекцій	Семінари	Всього	
	Модуль 1	50	6	14	20	30
1.	Тема 1. Вступ до програмного середовища R та його скриптової мови	14	2	4	6	8
2.	Тема 2. Зчитування файлів гідрометеорологічних даних різних форматів. Базові статистичні розрахунки	18	2	4	6	12
3.	Тема 3. Функціональні можливості R для обробки та просторово-часового аналізу часових рядів гідрометеорологічних даних	18	2	6	8	10
	Модуль 2	70	10	30	40	30
4.	Тема 4. Використання графічного пакету ggplot2 для візуалізації результатів розрахунків (побудова графіків, діаграм, карт та картосхем)	12	2	6	8	4
5.	Тема 5. Робота з файлами формату NetCDF	16	2	6	8	8
6.	Тема 6. Використання спеціалізованих R пакетів dataresqc та INQC для проведення контролю якості гідрометеорологічних даних	14	2	6	8	6
7.	Тема 7. Використання спеціалізованого програмного забезпечення HomeR для проведення гомогенізації часових рядів кліматичних даних	16	2	6	8	8
8.	Тема 8. Пакети R для проведення геопросторового моделювання	12	2	6	8	4
	ВСЬОГО	120	16	44	60	60

ЗМІСТ ДИСЦИПЛІНИ

№ п/п	Назва теми	Кількість годин	
		лекції, семінари	самостійна робота
МОДУЛЬ 1			
Тема 1 ВСТУП ДО ПРОГРАМНОГО СЕРЕДОВИЩА R ТА ЙОГО СКРИПТОВОЇ МОВИ			
1	Базові конструкції та структурні елементи скриптової мови R. Основи роботи з базовими та користувацькими пакетами.	6	8
Тема 2 ЗЧИТУВАННЯ ФАЙЛІВ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ДАНИХ РІЗНИХ ФОРМАТІВ. БАЗОВІ СТАТИСТИЧНІ РОЗРАХУНКИ			
2	Основні функції R для зчитування файлів даних різного формату (csv, tsv, txt, dat). Переформатування даних. Запис даних у файл. Форматне зчитування/запис даних.	4	4
3	Використання вбудованих/базових функцій R для проведення розрахунків основних статистичних показників даних	2	8
Тема 3 ФУНКЦІОНАЛЬНІ МОЖЛИВОСТІ R ДЛЯ ОБРОБКИ ТА ПРОСТОРОВО- ЧАСОВОГО АНАЛІЗУ ЧАСОВИХ РЯДІВ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ДАНИХ			
4	Використання даних типу date/date_time для обробки та аналізу часових рядів гідрометеорологічних даних. Проведення просторово-часової вибірки даних.	4	6
5	Конвертація добових/місячних даних до місячних/річних часових рядів. Проведення розрахунків регулярних тенденцій (трендів) у часових рядах гідрометеорологічних показників.	4	4
МОДУЛЬ 2			
Тема 4 ВИКОРИСТАННЯ ГРАФІЧНОГО ПАКЕТУ GGPLOT2 ДЛЯ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ РЕЗУЛЬТАТІВ РОЗРАХУНКІВ (ПОБУДОВА ГРАФІКІВ, ДІАГРАМ, КАРТ ТА КАРТОСХЕМ)			
6	Графічний пакет ggplot2 та його основні функції. Побудова засобами ggplot2 графіків та діаграм для візуалізації результатів аналізу гідрометеорологічної інформації.	4	2
7	Використання пакету ggplot2 для побудови растрових та векторних карт та картосхем.	4	2
Тема 5 РОБОТА З ФАЙЛАМИ ФОРМАТУ NETCDF			
8	Глобальні метеорологічні реаналізи та їх використання для досліджень гідрометеорологічного спрямування. Реаналіз ERA5. Сервіс Copernicus (CDS) та отримання даних з цього сервісу. Формат даних NetCDF.	4	4
9	Бібліотека ncdf4 та її функції для роботи із гідрометеорологічними даними у форматі NetCDF.	4	4
Тема 6 ВИКОРИСТАННЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ R ПАКЕТІВ DATAESQC ТА INQC ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ДАНИХ			

10	Бібліотека dataresqc та її функції. Спеціальний формат даних (SEF) для полегшення обміну станційними даними. Методи контролю якості строкових та добових гідрометеорологічних даних, які реалізовані у пакеті dataresqc.	4	2
11	Бібліотека INQC та її функції. Методи та алгоритми контролю якості добових значень кліматологічних даних, які реалізовані у програмному забезпеченні INQC	4	4
Тема 7 ВИКОРИСТАННЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НОМЕР ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ГОМОГЕНІЗАЦІЇ ЧАСОВИХ РЯДІВ КЛІМАТИЧНИХ ДАНИХ			
12	Кліматологічна однорідність часових рядів кліматологічних даних. Причини появи неоднорідності. Основні алгоритми виявлення точок розриву та усунення зсувів.	4	4
13	Програмне забезпечення HomeR та алгоритм його використання для проведення гомогенізації часових рядів кліматологічних даних місячної часової роздільної здатності. Пакет Climatol та його використання для проведення гомогенізації добових та місячних часових рядів кліматологічних даних.	4	4
Тема 8 ПАКЕТИ R ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ГЕОПРОСТОРОВОГО МОДЕЛЮВАННЯ			
14	Основні методи геопросторового моделювання. Пакет gstat та його основні функції. Програмне забезпечення MISH.	4	2
15	Використання пакету gstat для проведення геопросторового моделювання.	4	2

Загальний обсяг 120 год.,
у тому числі:
лекції та семінари – 60 год,
самостійна робота – 60 год.

ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«СПЕЦІАЛЬНІ МЕТОДИ ОБРОБЛЕННЯ ТА СТАТИСТИЧНОГО АНАЛІЗУ
ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ»

МОДУЛЬ 1

ТЕМА 1 ВСТУП ДО ПРОГРАМНОГО СЕРЕДОВИЩА R ТА ЙОГО
СКРИПТОВОЇ МОВИ

Лекція 1. Базові конструкції та структурні елементи скриптової мови R.

Базові конструкції та структурні елементи скриптової мови R. Основні типи даних. Основні оператори арифметичних та логічних операцій. Поняття про векторні розрахунки.

ТЕМА 2 ЗЧИТУВАННЯ ФАЙЛІВ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ДАНИХ РІЗНИХ
ФОРМАТІВ. БАЗОВІ СТАТИСТИЧНІ РОЗРАХУНКИ

Лекція 2. Основні функції R для зчитування файлів даних різного формату (csv, tsv, txt, dat).

Основні функції R для зчитування файлів даних різного формату (csv, tsv, txt, dat). Переформатування даних. Запис даних у файл. Форматне зчитування/запис даних. Використання вбудованих/базових функцій R для проведення розрахунків основних статистичних показників даних

ТЕМА 3 ФУНКЦІОНАЛЬНІ МОЖЛИВОСТІ R ДЛЯ ОБРОБКИ ТА
ПРОСТОРОВО-ЧАСОВОГО АНАЛІЗУ ЧАСОВИХ РЯДІВ
ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ДАНИХ

Лекція 3. Методи обробки та аналізу часових рядів гідрометеорологічних даних в R

Використання даних типу date/date_time для обробки та аналізу часових рядів гідрометеорологічних даних. Проведення просторово-часової вибірки даних. Конвертація добових/місячних даних до місячних/річних часових рядів. Проведення розрахунків регулярних тенденцій (трендів) у часових рядах гідрометеорологічних показників.

МОДУЛЬ 2

ТЕМА 4 ВИКОРИСТАННЯ ГРАФІЧНОГО ПАКЕТУ GGPLOT2 ДЛЯ
ВІЗУАЛІЗАЦІЇ РЕЗУЛЬТАТІВ РОЗРАХУНКІВ (ПОБУДОВА ГРАФІКІВ, ДІАГРАМ,
КАРТ ТА КАРТОСХЕМ)

Лекція 4. Графічний пакет ggplot2.

Графічний пакет ggplot2 та його основні функції. Побудова засобами ggplot2 графіків та діаграм для візуалізації результатів аналізу гідрометеорологічної інформації. Використання пакету ggplot2 для побудови растрових та векторних карт та картосхем.

ТЕМА 5 РОБОТА З ФАЙЛАМИ ФОРМАТУ NETCDF

Лекція 5. Глобальні метеорологічні реаналізи, формат даних NetCDF

Глобальні метеорологічні реаналізи та їх використання для досліджень гідрометеорологічного спрямування. Реаналіз ERA5. Сервіс Copernicus (CDS) та отримання

даних з цього сервісу. Формат даних NetCDF. Бібліотека ncdf4 та її функції для роботи із гідрометеорологічними даними у форматі NetCDF.

ТЕМА 6 ВИКОРИСТАННЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ R ПАКЕТІВ DATARESQC ТА INQC ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ДАНИХ

Лекція 6. Пакети dataresqc nf INQC для проведення контролю якості гідрометеорологічних даних

Бібліотека dataresqc та її функції. Спеціальний формат даних (SEF) для полегшення обміну станційними даними. Методи контролю якості строкових та добових гідрометеорологічних даних, які реалізовані у пакеті dataresqc. Бібліотека INQC та її функції. Методи та алгоритми контролю якості добових значень кліматологічних даних, які реалізовані у програмному забезпеченні INQC

ТЕМА 7 ВИКОРИСТАННЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ HOMER ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ГОМОГЕНІЗАЦІЇ ЧАСОВИХ РЯДІВ КЛІМАТИЧНИХ ДАНИХ

Лекція 7. Кліматологічна неоднорідність часових рядів та методи її усунення

Кліматологічна однорідність часових рядів кліматологічних даних. Причини появи неоднорідності. Основні алгоритми виявлення точок розриву та усунення зсувів. Програмне забезпечення HomeR та алгоритм його використання для проведення гомогенізації часових рядів кліматологічних даних місячної часової роздільної здатності. Пакет Climatol та його використання для проведення гомогенізації добових та місячних часових рядів кліматологічних даних.

ТЕМА 8 ПАКЕТИ R ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ГЕОПРОСТОРОВОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Лекція 8. Геопросторове моделювання та просторова інтерполяція гідрометеорологічних даних

Основні методи геопросторового моделювання. Пакет gstat та його основні функції. Програмне забезпечення MISH. Компоненти AURELHY для опису локальної топографії при геопросторовому моделюванні кліматологічних змінних. Використання пакету gstat для проведення геопросторового моделювання.

IV. Навчально-методична карта дисципліни
 Всього 120 годин, лекції – 30 годин, семінари – 30 годин, самостійна робота – 60 годин, залік.

Тиждень	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Модулі	Модуль 1		Модуль 2					
Лекції	1	2	3	4	5	6	7	8
Теоретичні розділи	ВСТУП ДО ПРОГРАМНОГО СЕРЕДОВИЩА R ТА ЙОГО СКРИПТОВОЇ МОВИ	ЗЧИТУВАННЯ ФАЙЛІВ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ДАНИХ РІЗНИХ ФОРМАТІВ. БАЗОВІ СТАТИСТИЧНІ РОЗРАХУНКИ	ФУНКЦІОНАЛЬНІ МОЖЛИВОСТІ R ДЛЯ ОБРОБКИ ТА ПРОСТОРОВО-ЧАСОВОГО АНАЛІЗУ ЧАСОВИХ РЯДІВ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ДАНИХ	ВИКОРИСТАННЯ ГРАФІЧНОГО ПАКЕТУ GGRLOT2 ДЛЯ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ РЕЗУЛЬТАТІВ РОЗРАХУНКІВ (ПОБУДОВА ГРАФІКІВ, ДІАГРАМ, КАРТ ТА КАРТОСХЕМ)	РОБОТА З ФАЙЛАМИ ФОРМАТУ NETCDF	ВИКОРИСТАННЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ ПАКЕТІВ DATAREQS ТА INQC ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ДАНИХ	ВИКОРИСТАННЯ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НОМЕР ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ГОМОГЕНІЗАЦІЇ ЧАСОВИХ РЯДІВ КЛІМАТИЧНИХ ДАНИХ	ПАКЕТИ R ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ГЕОПРОСТОРОВОГО МОДЕЛЮВАННЯ ІНТЕРПОЛЯЦІЇ
Теми лекцій	Базові конструкції та скриптові елементи мови R	Основні функції R для зчитування файлів різного формату (csv, tsv, txt, dat)	Методи обробки та аналізу часових рядів даних в R	Графічний пакет ggplot2	Глобальні метеорологічні ренаніз, формат даних NetCDF	Пакели datareqs та inqc для проведення контролю якості гідрометеорологічних даних	Кліматологічна неоднорідність часових рядів та методи її усунення	Геопросторове моделювання та інтерполяція гідрометеорологічних даних
Теми семінарських занять	Базові конструкції та скриптові елементи мови R. Основні типи даних	Основні функції R для зчитування файлів даних різного формату (csv, tsv, txt, dat)	Використання часових рядів date/date, time	Побудова засобами ggplot2 графіків та діаграм	Формат даних NetCDF. Бібліотека ncdf4 та її функції для роботи з NetCDF в R	Методи та алгоритми контролю якості метеорологічних даних	Кліматологічна однорідність часових рядів	Основні методи геопросторового моделювання
Самостійна робота	Вивчення програмного матеріалу			Вивчення програмного матеріалу				
Види контролю	Модульна контрольна робота № 1			Модульна контрольна робота № 2				

ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ВИВЧЕННЯ ПРОГРАМНОГО МАТЕРІАЛУ

1. Сучасні скриптові мови програмування (Python, R) та їх використання в гідрометеорологічних дослідженнях
2. Створення користувацьких функцій у R та їх використання для структуризації коду та проведення розрахунків.
3. Створення користувацьких пакетів для середовища R.
4. Сервіс github та його використання для створення дослідницьких проектів.
5. Основні програмні забезпечення для проведення гомогенізації часових рядів кліматологічних параметрів.
6. Алгоритм використання програмного забезпечення MASH для проведення гомогенізації часових рядів кліматологічних показників
7. Найпростіші (детерміністичні) методи просторової інтерполяції станційних даних (обернених відстаней, найближчого сусідства тощо)
8. Статистична просторова інтерполяція: Крігінг та його варіації
9. Геопросторове моделювання. Детерміністичні предиктори. DEM дані, AURELHY компоненти, відстань до моря
10. Програмне забезпечення ncview - візуалізатор даних, заданих у форматі NetCDF.
11. Програмне забезпечення CDO та його використання для обробки та маніпуляцій з даними у форматі NetCDF
12. Статистичний даунскайлінг сіткових гідрометеорологічних даних
13. Уявлення про динамічний даунскейлінг сіткових гідрометеорологічних даних. Прогностична регіональна метеорологічна модель WRF
14. Глобальні кліматичні моделі. Проекти CMIP5 та CMIP6.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Dorman M. Introduction to Spatial Data Programming with R. <http://132.72.155.230:3838/r/index.html>;
2. Description of CRSs. <https://proj.org/operations/projections/lcc.html>.
3. <https://statisticsglobe.com/r-programming-language>
4. Steven Murray. Learn R in a Day. SJ Murray, 2013. Ebook
5. Thomas Rahlf. Data Visualisation with R. Springer International Publishing, New York, 2017. ISBN 978-3-319-49750-1. [<http://www.datavisualisation-r.com>]

Додаткова

1. Dan E. Kelley. Oceanographic Analysis with R. Springer-Verlag, New York, October 2018. ISBN 978-1-4939-8842-6. [<https://www.springer.com/us/book/9781493988426>]
2. Lawrence Leemis. Learning Base R. Lightning Source, 2016. ISBN 978-0-9829174-8-0
3. Matthias Kohl. Introduction to statistical data analysis with R. bookboon.com, London, 2015. ISBN 978-87-403-1123-5
4. Victor A. Bloomfield. Using R for Numerical Analysis in Science and Engineering. Chapman & Hall/CRC, 2014. ISBN 978-1-43988448-5. [<http://www.crcpress.com/product/isbn/9781439884485>]
5. Torsten Hothorn and Brian S. Everitt. A Handbook of Statistical Analyses Using R. Chapman & Hall/CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, 3rd edition, 2014. ISBN 978-1-4822-0458-2. [<http://www.crcpress.com/product/isbn/9781482204582>]