

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи

Микола ДИВАК

„ 08 вересня 2024 р.



РОБОЧА ПРОГРАМА

**з дисципліни «Математичне моделювання та обчислювальні методи»
рівень вищої освіти – третій (освітньо-науковий)
галузь знань – 12 Інформаційні технології
спеціальність – 121 Інженерія програмного забезпечення
освітньо-наукова програма Інженерія програмного забезпечення**

Кафедра комп'ютерних наук

Форма навчання	Курс	Семестр	Лекції	Практ	СРС	Разом	Екзамен, залік
Денна	1	1	30	15	105	150	Залік

Тернопіль – 2024

СТРУКТУРА РОБОЧОЇ ПРОГРАМИ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«Математичне моделювання та обчислювальні методи»

Дисципліна «Математичне моделювання та обчислювальні методи»	Галузь знань, спеціальність, СВО	Характеристика навчальної дисципліни
Кількість кредитів – 5	галузь знань 12 Інформаційні технології	Статус дисципліни нормативна Мова навчання українська
Кількість залікових модулів – 1	спеціальність 121 Інженерія програм- ного забезпечення	Рік підготовки: <i>Денна – 1</i> <i>Семестр</i> <i>Денна – 1</i>
Кількість змістових модулів – 2	рівень вищої освіти – третій (освітньо- науковий)	Аудиторні години - <i>Денна форма:</i> <i>Лекції – 30 год</i> <i>Практичні – 15 год</i>
Загальна кількість годин – 150		Самостійна робота: <i>105 год</i>
Тижневих годин – 10, з них аудиторних – 3		Вид підсумкового контролю – залік

2. Мета і завдання вивчення дисципліни «Математичне моделювання та обчислювальні методи»

2.1. Мета вивчення дисципліни

Основною метою викладання дисципліни «Математичне моделювання та обчислювальні методи» є формування у майбутніх фахівців теоретичних основ побудови методів попередньої обробки інформації, яка фіксується у тематичних базах даних, а також набуття навичок щодо використання згаданих методів для видобування корисних знань.

2.2. Завдання вивчення дисципліни

В результаті вивчення курсу «Математичне моделювання та обчислювальні методи» студенти повинні:

- знати основні поняття попереднього аналізу вибірок, метод ієрархічного кластерного аналізу, метод к-середніх, методи побудови дерев рішень, лінійних класифікаторів, випадкових лісів, відбору ознак, основи прогнозування часових рядів;
- вміти здійснювати попередній аналіз вибірок, реалізовувати кластеризацію вибірок, відбір ознак, побудову дерев класифікації, лінійних класифікаторів, випадкових лісів, будувати регресійні залежності прогнозувати часові ряди.

2.3. Найменування та опис компетентностей, формування котрих забезпечує вивчення дисципліни:

Здатність застосовувати сучасні інформаційні технології, бази даних та інші електронні ресурси, спеціалізоване програмне забезпечення у науковій та навчальній діяльності

2.4. Передумови для вивчення дисципліни

Математичний аналіз, теорія імовірностей та математична статистика.

2.5. Найменування та опис компетентностей, формування котрих забезпечує вивчення дисципліни.

СК03. Здатність отримувати нові наукові результати, які створюють нові знання та становлять оригінальний внесок у розвиток інженерії програмного забезпечення та дотичних до неї міждисциплінарних напрямів.

2.6. Результати навчання

РН06. Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані.

РН07. Розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем для отримання нових знань та/або

створення інноваційних продуктів у інженерії програмного забезпечення та дотичних міждисциплінарних напрямках.

3. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНІ МЕТОДИ»

Змістовий модуль 1. Аналіз часових рядів та інформаційне моделювання

Тема 1. Автопроекційні методи прогнозування часових рядів.

Закони функціонування і властивості систем. Мета системи. Основи формалізації системних процесів. Збалансована система показників. Часові ряди. Параметризовані моделі. Ковзаюче середнє. Експоненціально зважене середнє. Метод Холта. Багатокроковий автопроекційний прогноз.

Література: 1, 2, 3, 4, 5.

Тема 2. Адаптивні короткотермінові прогнози

Сезонність часових рядів. Сезонні автопроекційні методи. Мультиплікативна сезонність. Метод Холта-Вінтера. Адаптивне експоненціальне згладжування. Метод Тріга-Ліча. Виявлення тенденцій в часових рядах. Регресійні моделі. Модель білого шуму. Нормально розподілені випадкові величини. Означення кореляції, автокореляції та їх властивості. Автокореляційні характеристики часових рядів. Аналіз залишків. Авторегресійні моделі.

Література: 2, 3, 4, 5, 6.

Тема 3. Засоби організації обчислень модельного аналізу

Пакет прикладних програм R. Основні компоненти пакету. Мова матричних обчислень. Команди роботи з матрицями та векторами. Основні варіанти організації розгалужень та циклів. Засоби побудови графічних ілюстрацій. Управління форматами виводу.

Література: 1, 2, 3, 4, 5.

Тема 4. Прогнозування часових рядів із використанням ARIMA-моделей

Основні поняття про параметричні моделі часових рядів властивості загальної моделі. Процеси ковзної середньої (MA(q)-процеси). Авторегресійні процеси (AR(p)-процеси). ARMA- та ARIMA-процеси. Узагальнена авторегресійна модель ARIMAX. Сезонна модель Бокса-Дженкінса. Ідентифікація моделей Бокса-Дженкінса за допомогою пакету R.

Література: 2, 3, 4, 5, 6.

Тема 5. Деревя рішень

Узагальнення експертної інформації. Метод побудови ієрархії перемикачів. Ентропія. Жадібний приріст інформації. Невизначеність Джіні. Побудова границі розмежування. Пороги розмежування. Критерій класифікації для кількісних показників. Класи дерев рішень в пакетах Python.

Література: 2, 7, 8, 13, 14 .

Тема 6. Лінійні класифікатори

Метод найменших квадратів. Гомоскедастичність. Оцінка за мінімальною дисперсією. Метод максимальної правдоподібності. Квадрат зміщення. Дисперсія. Неусувна похибка. Мультиколінеарність. Некоректні задачі. Регуляризація Тихонова. Гребенева регресія. Логістична регресія. Варіанти використання логістичної регресії. Проблема виключаючого «або».

Література: 3, 4, 9, 14, 15

Змістовий модуль 2. Методи аналізу даних

Тема 7. Композиції. Беггін, випадковий ліс

Генерація підвибірок. Бутстреп. Усереднення випадкових класифікаторів. Беггін. Помилки лінійного класифікатора та випадкового лісу. Алгоритм побудови випадкового лісу. Випадкові дерева. Плюси та мінуси випадкового лісу.

Література: 14, 15, 16, 17, 18

Тема 8. Відбір ознак

Тексти. Мішок слів. Векторизовані слова. Аналіз зображень. Геодані. Дата і час. Браузер користувача. Нормалізація та трансформація розподілу. Відбір ознак. Статистичний критерій.

Література: 17, 18, 19, 20

Тема 9. Ієрархічний кластерний аналіз

Віддаль між кластерами. Центроїдний метод та його недоліки. Методи далекого та найближчого сусіда. Віддаль Соренсона. Рекомендовані методи попереднього кластерного аналізу. Метод покрокового агрегування кластерів. Дендрограми та алгоритми їх побудови. Критерій зупинки. Насипи (лікті) для масштабних кластеризацій.

Література: 19, 20, 21, 22

Тема 10. Кластеризація методом к-середніх.

Етапи побудови моделі. Експертне задання центрів кластерів. Ініціалізація датчиків випадкових чисел. Обмеження кількості змін центрів кластерів. Кількість проведення процедур кластеризації. Вибір найкращої кластеризації за критерієм якості. Допустимість мінімальної зміни центрів кластерів. Метод голосування кількості кластерів. Середнє значення показників по кластеру. Інтерпретація типових представників кластеру.

Література: 21, 22, 23, 24

4. Структура залікового кредиту дисципліни "МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОБЧИСЛЮВАЛЬНІ МЕТОДИ"

денна форма навчання

	Кількість годин	
	Аудиторні години	Самостійна робота
Змістовий модуль 1. Аналіз часових рядів та інформаційне моделювання		
Тема 1. Автопроекційні методи прогнозування часових рядів.	4	15
Тема 2. Адаптивні короткотермінові прогнози	4	10
Тема 3. Засоби організації обчислень модельного аналізу	4	10
Тема 4. Прогнозування часових рядів із використанням ARIMA-моделей	4	10
Тема 5. Дерева рішень	4	10
Тема 6. Лінійні класифікатори	5	10
Змістовий модуль 2. Методи аналізу даних		
Тема 7. Композиції. Беггін, випадковий ліс	5	10
Тема 8. Відбір ознак.	5	10
Тема 9. Ієрархічний кластерний аналіз	5	10
Тема 10. Кластеризація методом к-середніх.	5	10
Разом	45	105

5. Самостійна робота

№ п/п	Тематика	К-сть годин
1.	Закони функціонування і властивості систем. Мета системи. Основи формалізації системних процесів. Збалансована система показників.	5
2.	Часові ряди. Параметризовані моделі. Ковзаюче середнє. Експоненціально зважене середнє. Метод Холта. Багатокроковий автопроекційний прогноз.	5
3.	Сезонність часових рядів. Сезонні автопроекційні методи. Мультиплікативна сезонність. Метод Холта-Вінтера. Адаптивне експоненціальне згладжування. Метод Тріга-Ліча.	5
4.	Виявлення тенденцій в часових рядах. Регресійні моделі. Модель білого шуму. Нормально розподілені випадкові величини.	5
5.	Означення кореляції, автокореляції та їх властивості. Автокореляційні характеристики часових рядів. Аналіз залишків. Авторегресійні моделі.	5
6.	Пакет прикладних програм R. Основні компоненти пакету. Мова матричних обчислень. Команди роботи з матрицями та векторами. Основні варіанти організації розгалужень та циклів. Засоби побудови графічних ілюстрацій. Управління форматами виводу.	5
7.	Основні поняття про параметричні моделі часових рядів властивості загальної моделі. Процеси ковзної середньої (MA(q)-процеси). Авторегресійні процеси (AR(p)-процеси).	5
8.	ARMA- та ARIMA-процеси. Узагальнена авторегресійна модель ARIMAX. Сезонна модель Бокса-Дженкінса. Ідентифікація моделей Бокса-Дженкінса за допомогою пакету R.	5
9.	Узагальнення експертної інформації. Метод побудови ієрархії перемикачів. Ентропія. Жадібний приріст інформації. Невизначеність Джіні.	5
10.	Побудова границі розмежування. Пороги розмежування. Критерій класифікації для кількісних показників. Класи дерев рішень в пакетах Python. ⁷	5
11.	Метод найменших квадратів. Гомоскедастичність. Оцінка за мінімальною дисперсією. Метод максимальної правдоподібності. Квадрат зміщення. Дисперсія. Неусувна похибка. Мультиколінеарність.	5
12.	Некоректні задачі. Регуляризація Тихонова. Гребенева регресія. Логістична регресія. Варіанти використання логістичної регресії. Проблема виключаючого «або».	5

13	Генерація підвибірок. Бутстреп. Усереднення випадкових класифікаторів. Беггін.	5
14	Помилки лінійного класифікатора та випадкового лісу. Алгоритм побудови випадкового лісу. Випадкові дерева. Плюси та мінуси випадкового лісу.	5
15	Тексти. Мішок слів. Векторизовані слова. Аналіз зображень. Геодані. Дата і час. Браузер користувача.	5
16	Нормалізація та трансформація розподілу. Відбір ознак. Статистичний критерій.	5
17.	Віддаль між кластерами. Центроїдний метод та його недоліки. Методи далекого та найближчого сусіда. Віддаль Соренсона. Рекомендовані методи попереднього кластерного аналізу.	5
18.	Метод покрокового агрегування кластерів. Дендрограми та алгоритми їх побудови. Критерій зупинки. Насипи (лікті) для масштабних кластеризацій.	5
19.	Відбір змінних кластеризації. Сурогатні змінні. Роль стандартизації змінних. Методи стандартизації. Стандартизація за розмахом та за допомогою z-міток. Інтерпретація результатів кластерного аналізу. Обмеженість на розмірності в методі ієрархічного кластерного аналізу. Приклади використання кластерного аналізу.	5
20.	Етапи побудови моделі. Експертне задання центрів кластерів. Ініціалізація датчиків випадкових чисел. Обмеження кількості змін центрів кластерів. Кількість проведення процедур кластеризації.	5
21.	Вибір найкращої кластеризації за критерієм якості. Допустимість мінімальної зміни центрів кластерів. Метод голосування кількості кластерів. Середнє значення показників по кластеру. Інтерпретація типових представників кластеру.	5
Разом:		105

6. Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання

У процесі вивчення дисципліни «Математичне моделювання та обчислювальні методи» використовуються такі засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання:

- поточне опитування;
- підсумкове тестування по кожному змістовому модулю;
- розрахункові та розрахунково-графічні роботи;
- залік

7. Критерії, форми поточного та підсумкового контролю

Підсумковий бал (за 100-бальною шкалою) з дисципліни «Математичне моделювання та обчислювальні методи» визначається за шкалою оцінювання:

За шкалою THEU	За національною шкалою	За шкалою ECTS
90–100	відмінно	A (відмінно)
85–89	добре	B (дуже добре)
75–84		C (добре)
65–74	задовільно	D (задовільно)
60–64		E (достатньо)
35–59	незадовільно	FX (незадовільно з можливістю повторного складання)
1–34		F (незадовільно з обов'язковим повторним курсом)

8. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна

№	Найменування	Номер теми
1.	Пакет R, програмна оболонка R Studio, прикладні бібліотеки Python	1-10

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

1. О. Дзендзелюк, Л. Костів, В. Рабик. Побудова Arima моделей часових рядів для прогнозування метеоданих на мові програмування R. Електроніка та інформаційні технології. 2013. Випуск 3. С. 211–219.
2. Daniel Lawson and Glenn Marion. An Introduction to Mathematical Modelling. 2008. Режим доступу: https://people.maths.bris.ac.uk/~madjl/course_text.pdf
3. Roderick Melnik. Mathematical and Computational Modeling: With Applications in Natural and Social Sciences, Engineering, and the Arts. Режим доступу: <https://www.wiley.com/en-us/Mathematical+and+Computational+Modeling%3A+With+Applications+in+Natural+and+Social+Sciences%2C+Engineering%2C+and+the+Arts-p-9781118853986>
4. John Verzani. Using R for Introductory Statistics. Access mode: <https://cran.r-project.org/doc/contrib/Verzani-SimpleR.pdf>
5. Гудар, В., Рудинський, В. (2018). "Статистичний аналіз даних: методи та застосування." Наукова думка.
6. Беренс, Д., Лемер, С. (2019). "Основи статистичного програмування з R." CRC Press.
7. Decision Trees: Theory and Algorithms. <https://www.odbms.org/wp->

- [content/uploads/2014/07/DecisionTrees.pdf](#)
8. Emir Demirović. MurTree: Optimal Decision Trees via Dynamic Programming and Search. <https://laas.hal.science/hal-03597741/file/20-520.pdf>
 9. Himchan Jeong, Bin Zou. Linear. Classifier Models for Binary Classification. https://www.researchgate.net/publication/369033845_Linear_Classifier_Models_for_Binary_Classification
 10. Sergey Subbotin. A Random Forest Model Building Using A priori Information for Diagnosis. Access mode: <http://ceur-ws.org/Vol-2353/paper76.pdf>
 11. Cédric Beaulac Jeffrey S. Rosenthal. Predicting University Students' Academic Success and Major using Random Forests. . January 15, 2019. <https://arxiv.org/pdf/1802.03418.pdf>
 12. Eric Ariel L. Salas, Sakthi Kumaran Subburayalu. Modified shape index for object-based random forest image classification of agricultural systems using airborne hyperspectral datasets. Published: March 7, 2019. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0213356>
 13. Diran Basmadjian, Ramin Farnood. The Art of Modeling in Science and Engineering with Mathematica. Режим доступа: <https://www.routledge.com/The-Art-of-Modeling-in-Science-and-Engineering-with-Mathematica/Basmadjian-Farnood/p/book/9780367390464>
 14. Gerhard Dangelmayr and Michael Kirby. Mathematical Modeling a Comprehensive Introduction. Режим доступа: <https://www.math.colostate.edu/~gerhard/331book.pdf>
 15. Decision Trees: Theory and Algorithms. <https://www.odcms.org/wp-content/uploads/2014/07/DecisionTrees.pdf>
 16. Andy J Ma, Pong C Yuen. Linear Dependency Modeling for Classifier Fusion and Feature Combination. https://www.isee-ai.cn/~majh/publications/LDM_draft.pdf
 17. Nataliya Boyko, Roman Omeliukh and Nataliia Duliaba. The Random Forest Algorithm as an Element of Statistical Learning for Disease Prediction. <https://ceur-ws.org/Vol-3422/Paper6.pdf>
 18. Gilles Louppe. Understanding random forests. <https://arxiv.org/pdf/1407.7502.pdf>
 19. Edmond Zhang, Michael Mayo. Improving Bag-of-Words model with spatial information. https://www.researchgate.net/publication/254051049_Improving_Bag-of-Words_model_with_spatial_information
 20. Luc Schoot Uiterkamp. Improving text representations for NLP from bags of words to strings of words. https://essay.utwente.nl/79245/1/Schoot%20Uiterkamp_MA_BMS.pdf
 21. C.L. Wilson. Mathematical modeling, clustering algorithms and applications. https://www.researchgate.net/publication/293216439_Mathematical_modeling_clustering_algorithms_and_applications

22. Peter Trebuňa. Jana Halčinová. Mathematical Tools of Cluster Analysis. https://www.researchgate.net/publication/276492929_Mathematical_Tools_of_Cluster_Analysis
23. Joaquín Pérez Ortega. The K-Means Algorithm Evolution. https://www.researchgate.net/publication/332340076_The_K-Means_Algorithm_Evolution
24. Dimitris Dineff. Clustering using k-means algorithm in multivariate dependent models with factor structure. <https://uu.diva-portal.org/smash/get/diva2>