

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»



**РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Моделювання епідемічних процесів
(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 11 «Математика та статистика»
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 113 «Прикладна математика»
(код та найменування спеціальності)

Освітня програма: «Прикладна математика»
(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти третій (освітньо-науковий)

Харків 2023 рік

РОБОЧА ПРОГРАМА
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
Моделювання епідемічних процесів
(назва дисципліни)

для здобувачів за спеціальністю 113 Прикладна математика
освітньо-наукової програми «Прикладна математика»
«28» червня 2023 р., — 9 с.

Розробник:

Доцент кафедри математичного моделювання
та штучного інтелекту, к.т.н., доцент



Д.І. Чумаченко

Гарант ОНП

завідувач кафедри вищої математики та
системного аналізу, д.ф.-м.н., професор



О.Г. Ніколаєв

Протокол №10 від «30» червня 2023 р. засідання кафедри № 405

завідувач кафедри вищої математики та
системного аналізу, д.ф.-м.н., професор
(посада, науковий ступінь та вчене звання)



О.Г. Ніколаєв

ПОГОДЖЕНО:

Завідувач відділу аспірантури і докторантури



В.Б. Селевко

В.о. голови наукового товариства студентів,



С.С. Жила

Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
		Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Кількість кредитів – 5	Галузь знань <u>13 «Математика та статистика»</u> (шифр та найменування) Спеціальність <u>113 Прикладна математика</u> (код та найменування) Освітня програма <u>«Прикладна математика»</u> (найменування) Рівень вищої освіти: третій (освітньо-науковий)	Вибіркова дисципліна (перелік 2)	
Кількість модулів – 1		Навчальний рік	
Кількість змістових модулів – 2		2023/ 2024	
Індивідуальне завдання -		Семестр	
Загальна кількість годин – 150 денна – 64/150		3-й	
		Лекції	
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 самостійної роботи студента – 5,375		32 годин	
		Практичні, семінарські¹⁾	
		32 годин	
		Лабораторні	
		-	
		Самостійна робота	
		86 годин	
		Вид контролю	
		іспит	

Примітка

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 64/86.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета – навчання здобувачів принципам побудови моделей епідемічних процесів, розрахунку прогнозів епідемічних процесів.

Завдання – оволодіти знаннями та вміннями, які створять теоретичний і практичний фундамент, необхідний для побудови моделей епідемічних процесів.

Згідно з вимогами освітньо-наукової програми студенти повинні досягти таких **компетентностей**:

ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу

ЗК02. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

СК01. Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у галузях математики і статистики та дотичних до них міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних наукових фахових виданнях з та суміжних галузей.

СК03. Здатність застосовувати сучасні інформаційні технології, бази даних та інші електронні ресурси, спеціалізоване програмне забезпечення у науковій та навчальній діяльності.

СК05. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру у науковому пізнанні, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень.

СК07. Здатність дотримуватись етики досліджень, а також правил академічної доброчесності в наукових дослідженнях та науково-педагогічній діяльності.

СК09. Здатність до продукування нових ідей і розв'язання комплексних проблем наукового пізнання, а також до застосування сучасних методологій, методів та інструментів педагогічної та наукової діяльності у сфері прикладної математики.

Очікувані результати навчання:

ПРН01. Мати передові концептуальні та методологічні знання з прикладної математики і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з відповідної галузі, отримання нових знань та/або здійснення інновацій.

ПРН03. Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень (опитувань, спостережень тощо) і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані.

ПРН04. Розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних продуктів у прикладній математиці та дотичних міждисциплінарних напрямках.

ПРН05. Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з прикладної математики та дотичних міждисциплінарних напрямків з використанням сучасних інструментів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.

ПРН06. Застосовувати сучасні інструменти і технології пошуку, оброблення та аналізу інформації, зокрема, статистичні методи аналізу даних великого обсягу та/або складної структури, спеціалізовані бази даних та інформаційні системи.

ПРН08. Розуміти загальні принципи та методи прикладної математики, а також методологію наукових досліджень, застосувати їх у власних дослідженнях у сфері прикладної математики та у викладацькій практиці.

ПРН12. Знати сучасні підходи та засоби моделювання досліджуваних об'єктів та процесів управління, в тому числі в аерокосмічній галузі, вміти створювати нові, вдосконалювати та розвивати методи математичного і комп'ютерного моделювання складних систем, оптимізації та прийняття рішень.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1

Тема 1. Епідемічні процеси як об'єкти популяційної динаміки

Предмет і завдання курсу. Основоположні визначення курсу. Поняття епідемічного процесу. Концепція епідемічного процесу Громашевського. Фактори, що впливають на епідемічний процес. Характеристики епідемічного процесу.

Тема 2. Моделі епідемічних процесів

Типи моделей епідемічного процесу. Стохастичні моделі епідемічного процесу. Детерміновані моделі епідемічного процесу.

Тема 3. Компартментні моделі епідемічних процесів

Модель Кермака-МакКендріка. Класичні моделі SIR. Розширення моделей SIR. Моделі Барояна-Рвачова. Застосування компартментних моделей.

Тема 4. Мультиагентні моделі епідемічних процесів

Агентний підхід до моделювання епідемічних процесів. Побудова універсальної мультиагентної моделі епідемічного процесу. Мультиагентні моделі з урахуванням локації.

Модульний контроль

Змістовий модуль 2

Тема 5. Дослідження епідемічних часових рядів

Часові ряди та методи їх аналізу. Характеристики часових рядів. Стаціонарність. Тренди та сезонні компоненти.

Тема 6. Методи прогнозування часових рядів

Авторегресія. Метод ковзного середнього. Експоненціальне згладжування. Метод Хольта.

Тема 7. Модель ARMA

Авторегресійне ковзне середнє. Авторегресійне інтегроване ковзне середнє. Сезонна модель ARIMA. Похідні моделі ARIMA.

Тема 8. Машинне навчання в задачах епідеміології

Прогнозування епідемічних процесів методами машинного навчання. Розпізнавання спалахів. Відновлення епідемічних даних.

Модульний контроль

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	денна форма				
	усього	у тому числі			
		л	п	лаб	с.р.
Модуль 1					
Змістовий модуль 1.					
Тема 1. Епідемічні процеси як об’єкти популяційної динаміки	21	4	4	–	13
Тема 2. Моделі епідемічних процесів	18	4	4	–	10
Тема 3. Компартментні моделі епідемічних процесів	18	4	4	–	10
Тема 4. Мультиагентні моделі епідемічних процесів	18	4	4	–	10
Разом за змістовим модулем 1	75	16	16	0	43
Модуль 2					
Змістовий модуль 2.					
Тема 5. Дослідження епідемічних часових рядів	21	4	4	–	13
Тема 6. Методи прогнозування часових рядів	18	4	4	–	10
Тема 7. Модель ARMA	18	4	4	–	10
Тема 8. Машинне навчання в задачах епідеміології	18	4	4	-	10
Разом за змістовим модулем 2	75	16	16		43
Усього годин	150	32	32	0	86

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Модель SIR	4
2	SIR-подібні моделі епідемічних процесів	4
3	Прикладні компартментні моделі	4
4	Моделі інфекційної захворюваності в NetLogo	4
5	Мультиагентна модель зі змінними локаціями	4
6	Авторегресійна модель епідемічного процесу	4
7	Модель ARIMA	4
8	Модель Хольта	4
	Разом	32

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Епідемічні процеси як об'єкти популяційної динаміки	13
2	Моделі епідемічних процесів	10
3	Компартментні моделі епідемічних процесів	10
4	Мультиагентні моделі епідемічних процесів	10
5	Дослідження епідемічних часових рядів	13
6	Методи прогнозування часових рядів	10
7	Модель ARMA	10
8	Машинне навчання в задачах епідеміології	10
	Разом	86

9. Індивідуальні завдання

№ з/п	Назва теми	Кількість годин

10. Методи навчання

1. Пояснювально-ілюстративний (інформаційно-рецептивний) метод: та метод проблемного виконання (лекція).
2. Репродуктивний (практичні роботи).
3. Частково-пошуковий (евристичний) та дослідницький: (самостійна робота).

11. Методи контролю

Визначення рівня засвоєння студентом навчального матеріалу дисципліни здійснюється шляхом проведення поточних і підсумкових контролів. У завдання поточного контролю входить систематична перевірка розуміння й засвоєння студентом програмного матеріалу, виконання практичних робіт, уміння самостійно проробляти тексти складання конспектів, здатності усно або письмово представляти певний матеріал.

Перед модульним контролем ставиться завдання перевірки глибини засвоєння студентом програмного матеріалу дисципліни, логіки й взаємозв'язки між її окремими розділами, здатності творчо використати придбані знання, уміння сформулювати своє відношення до проблеми, що впливає зі змісту дисципліни.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

12.1. Розподіл балів, які отримують студенти (кількісні критерії оцінювання для одержання позитивної оцінки)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Виконання і захист практичних робіт	3...8	4	12...32
Модульний контроль	0...18	1	0...18
Змістовний модуль 2			
Виконання і захист практичних робіт	3...8	4	12...32
Модульний контроль	0...18	1	0...18
Усього за семестр			0...100

Семестровий контроль іспит проводиться у разі відмови студента від балів поточного

тестування й за наявності допуску до іспиту. Під час складання семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з

	Теоретичні питання														
Номер питання	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Кількість балів	1	4	4	5	2	9	1	2	12	5	5	5	5	5	5
Всього	70														

	Практичні питання	
Номер питання	1	2
Кількість балів	15	15
Всього	30	

12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки (у тому числі використовуючи готові програмні рішення та спеціалізовані програмні бібліотеки):

- базові моделі епідемічних процесів;
- основні принципи роботи з даними популяційної динаміки.

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки (у тому числі використовуючи готові програмні рішення та спеціалізовані програмні бібліотеки):

- розробляти моделі епідемічних процесів;
- використовувати результати мультиагентного моделювання для вирішення практичних завдань.

12.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі лабораторні роботи. Вміти використовуючи готові програмні рішення у вирішенні практичних завдань.

Добре (75 - 89). Твердо знати мінімум знань, виконати усі завдання. Показати вміння виконувати та захищати всі практичні роботи в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах.

Відмінно (90 - 100). Повно знати основний та додатковий матеріал. Знати усі теми. Орієнтуватися у підручниках та посібниках. Вміти самостійно створювати програмні рішення для реалізації завдань в лабораторних роботах і розрахунковій роботі.

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

13. Методичне забезпечення

Навчально-методичний комплекс дисципліни, який включає в себе:

- робоча програма дисципліни;
- конспект лекцій, підручники (навчальні посібники), в тому числі в електронному вигляді, які за змістом повністю відповідають робочій програмі дисципліни;
- методичні вказівки та рекомендації для виконання практичних робіт, а також рекомендації для самостійної підготовки;
- тематики індивідуальних завдань;
- приклади розв'язування типових задач чи виконання типових завдань;
- питання, тести для контрольних заходів;
- каталоги інформаційних ресурсів.

14. Рекомендована література

Базова

1. Д.І. Чумаченко, Т.О. Чумаченко, Математичні моделі та методи прогнозування епідемічних процесів: монографія. – Харків: ТОВ «Планета-прінт», 2020, 180 с.
2. M. Martcheva, An Introduction to Mathematical Epidemiology, Texts in Applied Mathematics, Book 61, 2015, 467 p.
3. O.N. Bjornstad, Epidemics: Models and Data using R, Springer, 2018, 325 p.
4. S. Dobson, Epidemic modelling – Some notes, math, and code, Independent Publishing Network, 2020, 190 p.

Допоміжна

1. I.Z. Kiss, J.C. Miller, P.L. Simon, Mathematics of Epidemics on Networks: From Exact to Approximate Models, Interdisciplinary Applied Mathematics, Book 46, 2017, 431 p.
2. D.J. Daley, J. Gani, Epidemic Modelling, Cambridge University Press, 2001, 228 p.
3. E. Vynnycky, R. White, Introduction to Infectious Disease Modelling, OUP Oxford, 2010, 400 p.
4. M.J. Keeling, P. Rohani, Modeling Infectious Diseases in Humans and Animals, Princeton University Press, 2011, 585 p.
5. A. Gelman, J. Hill, A. Vehtari, Regression and Other Stories (Analytical Methods for Social Research, Cambridge University Press, 2020, 548 p.
6. X. Liu, P. Stechlinski, Infectious Disease Modeling: A Hybrid System Approach, Nonlinear Systems and Complexity, Book 19, Springer, 2017, 287 p.

15. Інформаційні ресурси

1. <https://ccl.northwestern.edu/netlogo/>
2. <https://www.r-project.org/>
3. <https://www.python.org/>