

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**
Кафедра економічної кібернетики

ЗАТВЕРДЖУЮ
Факультет інформаційних технологій
“28” серпня 2025 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ**

Галузь знань Е «Природничі науки, математика та статистика»
Спеціальність Е1 «Біологія та біохімія»
Освітня програма Біотехнології біологічних систем
Факультет захисту рослин, біотехнологій та екології
Розробники: к.е.н., доцент Марина Негрей

Київ – 2025 р.

Опис навчальної дисципліни

Освітній компонент ОК 5 «Математичне моделювання та планування експерименту» (4 кредити ЄКТС, 120 год.) формує у здобувачів PhD компетентності з математичного й статистичного моделювання та планування експериментів у біології/біотехнології з акцентом на відтворювану аналітику в R.

Галузь знань, спеціальність, освітня програма, освітній ступінь		
Освітній ступінь	Доктор філософії (PhD)	
Спеціальність	Е1 Біологія та біохімія	
Освітня програма	Біотехнології біологічних систем	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	обов'язкова	
Загальна кількість годин	120	
Кількість кредитів ECTS	4	
Кількість змістових модулів	2	
Курсовий проект (робота)		
Форма контролю	екзамен	
Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм здобуття вищої освіти		
	Форма здобуття вищої освіти	
	денна	заочна
Курс (рік підготовки)	1	1
Семестр	1	1
Лекційні заняття	15 год.	15 год.
Практичні, семінарські заняття	30 год.	30 год.
Лабораторні заняття	год.	год.
Самостійна робота	75 год.	75 год.
Кількість тижневих аудиторних годин для денної форми здобуття вищої освіти	4,5 год.	4,5 год.

1. Мета, компетентності та програмні результати навчальної дисципліни

Метою дисципліни «Математичне моделювання та планування експерименту» є формування у здобувачів третього освітньо-наукового рівня вищої освіти (PhD) системного розуміння логіки математичного та статистичного моделювання в біології і біотехнології, а також набуття практичних навичок коректного планування експерименту, оброблення даних, індуктивного аналізу і інтерпретації результатів у відтворюваному форматі із застосуванням сучасних цифрових інструментів (зокрема середовища R).

Завдання дисципліни полягає у набутті здобувачами ступеня доктора філософії (PhD) знань і вмінь, необхідних для методологічно обґрунтованої постановки дослідницьких задач, формалізації гіпотез, вибору адекватної моделі та дизайну експерименту, оцінювання якості та обмежень отриманих результатів. Вивчення дисципліни спрямоване на розвиток компетентностей щодо:

- роботи з даними (підготовка, описова аналітика, візуалізація, контроль якості);
- застосування ймовірнісних і статистичних підходів для аналізу біологічних даних;
- побудови та діагностики регресійних моделей і моделей узагальненого лінійного класу;

- планування експерименту з урахуванням факторної структури, рандомізації, повторності, блокування, оцінювання потужності;
- забезпечення відтворюваності аналітики (код, документація, звітність) та академічної доброчесності в роботі з даними.

Набуття компетентностей:

інтегральна компетентність (ІК): здатність розв'язувати комплексні завдання в галузі біології у процесі проведення дослідницько-інноваційної діяльності, що передбачає переосмислення наявних та створення нових цілісних знань, оволодіння методологією наукової та науково-педагогічної діяльності, проведення самостійного наукового дослідження, результати якого мають наукову новизну, теоретичне та практичне значення і інтегруються у світовий науковий простір через публікації.

Загальні компетентності (ЗК):

ЗК03 Здатність розробляти та управляти проектами;

ЗК05 Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

Спеціальні (фахові) компетентності (СК):

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

Програмні результати навчання (ПРН): Вивчення «Математичного моделювання та планування експерименту» забезпечує такі програмні результати навчання:

РН01 Мати концептуальні та методологічні знання з біології і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні світових досягнень з відповідного напрямку, отримання нових знань та/або здійснення інновацій.

РН02 Вільно презентувати та обговорювати результати досліджень, наукові та прикладні проблеми біології державною та іноземною мовами, кваліфіковано відображати результати досліджень у наукових публікаціях у наукових виданнях.

РН03 Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати аналізу джерел літератури, експериментальних досліджень (опитувань, спостережень, експерименту) і математичного та/або комп'ютерного моделювання.

РН04 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 біології та дотичних міждисциплінарних напрямках.

РН05 Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з біології та дотичних міждисциплінарних напрямків з використанням сучасного інструментарію, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті всього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.

РН06 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.

РН07 Розробляти та реалізовувати наукові та/або інноваційні проекти, які дають можливість переосмислити наявне та створити нове цілісне знання та/або професійну практику і розв'язувати важливі теоретичні та практичні проблеми біології з дотриманням норм академічної етики і врахуванням соціальних, економічних, екологічних та правових аспектів.

2. Програма та структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин												
	денна форма							заочна форма					
	тижні	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
			л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.
Модуль 1. Основи математичного аналізу даних та наукової аналітики													
Тема 1. Математичне моделювання у дослідженнях біологічних систем: роль, типи моделей, життєвий цикл моделі	1	15	2	2	2	0	9	15	2	2	2	0	9
Тема 2. R як інструмент відтворюваної аналітики: встановлення, середовище, робота з даними, імпорт/експорт	2	15	2	2	2	0	9	15	2	2	2	0	9
Тема 3. Описова статистика та підготовка даних (EDA): узагальнення, перевірка якості, первинні висновки	3-4	15	2	2	2	0	9	15	2	2	2	0	9
Тема 4. Візуалізація даних в R для біологічного експерименту: принципи, графіки, інтерпретація	5-6	16	2	2	2	0	10	16	2	2	2	0	10
Разом за модулем 1		61	8	8	8	0	37	61	8	8	8	0	37
Модуль 2. Статистичне моделювання, інференція та планування експерименту													
Тема 5. Ймовірнісні моделі: випадкові величини, розподіли, симуляції та підходи Монте-Карло в R	7	16	2	2	2	0	10	16	2	2	2	0	10
Тема 6. Індуктивна аналітика: оцінювання параметрів, довірчі інтервали, перевірка гіпотез, ANOVA в R	8	16	2	2	2	0	10	16	2	2	2	0	10
Тема 7. Регресійне моделювання: лінійні/нелінійні моделі, GLM, діагностика та валідація в R	9	15	2	2	2	0	9	15	2	2	2	0	9
Тема 8. Планування експерименту та підсумковий міні-проект	10	12	1	1	1	0	9	12	1	1	1	0	9

Разом за модулем	59	7	7	7	0	38	59	7	7	7	0	38
Усього годин	120	15	15	15	0	75	120	15	15	15	0	75
Усього годин												

3. Теми лекцій

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Тема 1. Математичне моделювання у дослідженнях біологічних систем: роль, типи моделей, життєвий цикл моделі	2
2	Тема 2. R як інструмент відтворюваної аналітики: встановлення, середовище, робота з даними, імпорт/експорт	2
3	Тема 3. Описова статистика та підготовка даних: узагальнення, перевірка якості, первинні висновки	2
4	Тема 4. Візуалізація даних в R для біологічного експерименту: принципи, графіки, інтерпретація	2
5	Тема 5. Ймовірнісні моделі: випадкові величини, розподіли, симуляції та підходи Монте-Карло в R	2
6	Тема 6. Індуктивна аналітика: оцінювання параметрів, довірчі інтервали, перевірка гіпотез, ANOVA в R	2
7	Тема 7. Регресійне моделювання: лінійні/нелінійні моделі, GLM, діагностика та валідація в R	2
8	Тема 8. Планування експерименту та підсумковий міні-проєкт	1

4. Теми лабораторних (практичних, семінарських) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Комплексний аналіз використання математичних методів та моделей у темі дисертаційного дослідження (постановка задачі, дані, метрики).	4
2	Встановлення R та налаштування середовища. Імпорт/експорт даних, базові структури, tidy-підхід.	4
3	Описова аналітика в R: статистичні показники, очищення даних, контроль якості, пропуски та викиди.	4
4	Візуалізація в R: принципи графіків, ggplot2, багатовимірні дані, підготовка фігур для статті.	4
5	Випадкові величини та функції розподілу в R: генерація, оцінювання, симуляції.	4
6	Індуктивна аналітика: довірчі інтервали, гіпотези, порівняння груп, ANOVA, інтерпретація.	4
7	Побудова регресійних моделей в R: LM/GLM, відбір змінних, діагностика, крос-валідація.	4
8	Планування експерименту (DoE) і підсумковий міні-проєкт: факторні плани, потужність, аналіз і звіт.	2

5. Теми самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Огляд літератури за темою дисертації: типи моделей, вимоги до даних, приклади відтворюваних досліджень.	9
2	Опрацювання матеріалів з R (основи мови, пакети для даних) та підготовка набору даних для аналізу.	9
3	Самостійне виконання EDA для власних/навчальних даних та інтерпретація результатів.	9
4	Підготовка візуалізацій для звіту: вибір графіків, пояснення,	10

	репродукованість.	
5	Опрацювання ймовірнісних розподілів і симуляцій, підготовка короткого звіту/ноутбуку.	10
6	Розв'язання задач з інференції та ANOVA, інтерпретація, оформлення висновків.	10
7	Валідація регресійних моделей, перевірка припущень, короткий аналіз чутливості.	9
8	Підготовка та захист міні-проєкту і підготовка до екзамену.	9

6. Методи та засоби діагностики результатів навчання:

- усне або письмове опитування;
- співбесіда;
- тестування;
- захист практичних, розрахункових робіт, проєктів;
- пірінгове оцінювання, самооцінювання.

7. Методи навчання :

- метод проблемного навчання;
- метод практико-орієнтованого навчання;
- кейс-метод;
- метод проєктного навчання;
- метод перевернутого класу, змішаного навчання;
- метод навчання через дослідження;
- метод навчальних дискусій та дебат;
- метод командної роботи, мозкового штурму.

8. Оцінювання результатів навчання.

Оцінювання знань здобувача вищої освіти відбувається за 100-бальною шкалою і переводиться в національну оцінку згідно чинного «Положення про екзамени та заліки у НУБіП України»

8.1. Розподіл балів за видами навчальної діяльності

Вид навчальної діяльності	Результати навчання	Оцінювання
Модуль 1. Основи математичного аналізу даних та наукової аналітики		
Лабораторна/практична робота 1	RH03, RH04, RH06	15
Самостійна робота 1	RH01, RH06	5
Лабораторна/практична робота 2	RH05, RH06	15
Самостійна робота 2	RH01, RH06	5
Лабораторна/практична робота 3	RH03, RH05, RH06	15
Самостійна робота 3	RH06	5
Лабораторна/практична робота 4	RH02, RH06	15
Самостійна робота 4	RH02, RH06	5
Модульна контрольна робота 1	RH01, RH03, RH05, RH06	20
Всього за модулем 1		100
Модуль 2. Статистичне моделювання, інференція та планування експерименту		
Лабораторна/практична робота 5	RH03, RH04, RH06	15
Самостійна робота 5	RH01, RH06	5
Лабораторна/практична робота 6	RH03, RH05, RH06	15
Самостійна робота 6	RH03, RH05	5

Лабораторна/практична робота 7	PH04, PH06	15
Самостійна робота 7	PH06	5
Лабораторна/практична робота 8	PH03, PH04, PH05, PH07,	20
Самостійна робота 8	PH02, PH07	5
Модульна контрольна робота 2	PH01, PH03, PH04, PH05, PH06	15
Всього за модулем 2		100
Навчальна робота	$(M1 + M2)/2 * 0,7 \leq 70$	
Екзамен/залік	30	
Всього за курс	$(\text{Навчальна робота} + \text{екзамен}) \leq 100$	

8.2. Шкала оцінювання знань здобувача вищої освіти

Рейтинг здобувача вищої освіти, бали	Оцінка за національною системою (екзамени/заліки)
90-100	відмінно
74-89	добре
60-73	задовільно
0-59	незадовільно

8.3. Політика оцінювання

Політика щодо дедлайнів та перескладання	Звіти та матеріали практичних робіт (включно з кодом, файлами даних, графіками та короткими висновками) подаються у строки, визначені викладачем на початку модуля або теми. Роботи, подані із запізненням без поважних причин, оцінюються зі зниженням балів (розмір зниження визначається викладачем залежно від тривалості прострочення). Перескладання модульних контрольних робіт або доопрацювання окремих завдань можливе лише за погодженням із викладачем і за наявності документально підтверджених поважних причин (наприклад, лікарняний, участь у міжнародному стажуванні/конференції за наказом, форс-мажорні обставини).
Політика щодо академічної доброчесності	Під час модульних контрольних робіт та екзамену заборонені списування, використання сторонньої допомоги та несанкціонованих матеріалів (у тому числі мобільних пристроїв, смарт-годинників, месенджерів, генеративних інструментів без дозволу викладача). Усі письмові роботи, звіти, міні-проект, програмний код і візуалізації мають бути виконані самостійно або в межах дозволеної форми співпраці (якщо така визначена викладачем). У разі використання літератури, методик, наборів даних, програмних пакетів та фрагментів коду обов'язковими є коректні посилання на джерела та зазначення використаних інструментів. Виявлення плагіату, фальсифікації даних або привласнення чужого коду є підставою для анулювання результатів відповідного завдання та застосування заходів згідно з нормативними документами університету.
Політика щодо відвідування	Відвідування лекційних і практичних занять є обов'язковим, оскільки курс передбачає систематичне відпрацювання навичок аналізу даних, моделювання та планування експериментів. Пропущені заняття підлягають відпрацюванню у формі, визначеній викладачем (виконання індивідуального завдання, захист звіту, додаткові тестові завдання). За об'єктивних причин (хвороба, міжнародне стажування, участь у наукових заходах, інші підтверджені обставини) навчання може здійснюватися індивідуально та/або в дистанційному форматі за погодженням із викладачем і відповідно до встановлених процедур факультету.

9. Навчально-методичне забезпечення:

- електронний навчальний курс навчальної дисципліни (на навчальному порталі НУБіП України eLearn - <https://elearn.nubip.edu.ua/course/view.php?id=4135>);
- посилання на цифрові освітні ресурси:
 - репозиторій CRAN (пакети та документація): <https://cran.r-project.org/>
 - CRAN Task Views (добірки методів і пакетів за напрямками): <https://cran.r-project.org/web/views/>
 - R for Data Science (Wickham, Grolemund, онлайн): <https://r4ds.hadley.nz/>
 - документація Posit/RStudio та довідкові матеріали: <https://posit.co/resources/>
 - Quarto (для відтворюваних звітів): <https://quarto.org/docs/>
 - The Tidyverse (пакети для роботи з даними): <https://www.tidyverse.org/>
 - R Graphics Cookbook / довідкові приклади візуалізації: <https://r-graphics.org/>
- підручники, навчальні посібники, практикуми:
 - Негрей М., Гнот Т. Аналітика з R: навчальний посібник. Київ: ФОП Ямчинський О. В., 2022. – 236 с.
 - Скрипник А.В. Негрей М.В. Економетрика : навчальний посібник Київ: Компринт, 2017. – 272 с.
 - Моделювання економіки. Клименко Н., Попрозман Н., Негрей М., Костенко І. Моделювання економіки-Київ: Редакційно-видавничий відділ НУБіП України, 2022-252 с.
 - Володарський, Є. Т., & Кошева, Л. О. (2024). Теорія та практика експериментальних досліджень.
- методичні матеріали щодо вивчення навчальної дисципліни для здобувачів вищої освіти денної та заочної форм здобуття вищої освіти:
 - методичні рекомендації до виконання практичних і лабораторних робіт (включно з вимогами до структури звіту, критеріями оцінювання та форматами подання результатів);
 - інструкції з встановлення та налаштування програмного забезпечення, роботи з даними, формування відтворюваних звітів;
 - навчальні набори даних, шаблони звітів і чек-листи якості аналізу (розміщуються в eLearn та/або на ресурсах кафедри);
 - банк типових завдань і прикладів для самостійної роботи та підготовки до модульного контролю й екзамену.

10. Рекомендовані джерела інформації

1. Antony, J. (2023). *Design of experiments for engineers and scientists*. Elsevier.
2. Dobson, A. J., & Barnett, A. (2018). *An introduction to generalized linear models* (4th ed.). CRC Press.
3. James, G., Witten, D., Hastie, T., & Tibshirani, R. (2021). *An introduction to statistical learning: With applications in R* (2nd ed.). Springer.
4. Володарський, Є. Т., & Кошева, Л. О. (2024). *Теорія та практика експериментальних досліджень*.
5. Клименко, Н., Попрозман, Н., Негрей, М., & Костенко, І. (2022). *Моделювання економіки*. Редакційно-видавничий відділ НУБіП України.

6. Лях, Ю. Є., Гур'янов, В. Г., Лях, М. В., & Войнаровський, А. М. (2020). *Біостатистичні методи аналізу інформації: Навчально-методичний посібник*.
7. Мещеряков, В. І. (2024). *Теорія планування експерименту та аналіз даних: Конспект лекцій* (електронний варіант). ОДЕКУ.
8. Негрей, М., & Гнот, Т. (2022). *Аналітика з R: Навчальний посібник*. ФОП Ямчинський О. В.
9. Скрипник, А. В., & Негрей, М. В. (2017). *Економетрика: Навчальний посібник*. Компринт.