

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Волинський національний університет імені Лесі Українки
Факультет інформаційних технологій і математики
Кафедра комп'ютерних наук та кібербезпеки

СИЛАБУС

нормативного освітнього компонента

Методи та засоби математичного моделювання складних систем, процесів та явищ

(назва освітнього компонента)

підготовки докторів філософії _____

(назва освітнього рівня)

спеціальності 113 Прикладна математика _____

(шифр і назва спеціальності)

освітньо-наукової програми

Прикладна математика _____

(назва освітньо-наукової програми)

Силабус освітнього компонента «Методи та засоби математичного моделювання складних систем, процесів та явищ» підготовки докторів філософії, галузі знань 11 Математика та статистика, спеціальності 113 Прикладна математика, за освітньою програмою Прикладна математика.

Розробник: Конет Іван Михайлович, професор кафедри теорії функцій та методики навчання математики, доктор фізико-математичних наук, професор

Погоджено

Гарант освітньо-наукової програми:



Пастернак Я.М.

Силабус освітнього компонента затверджено на засіданні кафедри комп'ютерних наук та кібербезпеки

протокол № 2 від 17 вересня 2025 р.

Завідувач кафедри:



Гришанович Т.О.

I. Опис освітнього компонента

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітньо-професійна /освітньо-наукова/освітньо-творча програма, освітній рівень	Характеристика освітнього компонента
Денна форма здобуття освіти	11 Математика та статистика, 113 Прикладна математика, Прикладна математика, доктор філософії	Нормативний
Кількість годин/кредитів 150/5		Рік навчання 2-ий
		Семестр 3-ій
		Лекції 44 год.
		Практичні (семінарські) __ год. Лабораторні 22 год.
		Індивідуальні _____ год.
		Самостійна робота 74 год.
ІНДЗ: <u>немає</u>	Консультації 10 год.	
		Форма контролю: екзамен
Мова навчання українська		

II. Інформація про викладача (- ів)

ППП Конет Іван Михайлович

Науковий ступінь доктор фізико-математичних наук

Вчене звання професор

Посада професор кафедри теорії функцій та методик навчання математики

Контактна інформація Konet.Ivan@vnu.edu.ua

Дні занять <https://ps.vnu.edu.ua/cgi-bin/timetable.cgi>

III. Опис освітнього компонента

1. Анотація ОК.

Освітній компонент спрямований на формування у здобувачів вищої освіти компетентностей у сфері побудови, аналізу та застосування математичних моделей для опису складних об'єктів різної природи. У межах компонента розглядаються сучасні підходи до моделювання нелінійних, стохастичних, динамічних та мультиагентних систем. Особливу увагу приділено вибору адекватних математичних засобів, верифікації моделей та інтерпретації отриманих результатів. Вивчаються як аналітичні, так і числові методи дослідження моделей, з використанням сучасного програмного забезпечення. Освітній компонент формує навички критичного аналізу та моделювання реальних процесів у технічних, природничих та соціально-економічних системах.

2. Пререквізити (*попередні ОК, на яких базовано вивчення цього ОК*).

ОК 5. Сучасні обчислювальні методи розв'язування початково-крайових задач

Постреквізити (*наступні ОК, для вивчення яких потрібні компетентності, що здобуваються під час вивчення цього ОК*).

–

3. Мета і завдання освітнього компонента.

Мета освітнього компонента – сформувати у здобувачів здатність розробляти та застосовувати математичні моделі для аналізу складних систем, процесів і явищ різної природи.

Завдання – ознайомити з теоретичними засадами моделювання, навчити використовувати сучасні методи та засоби для побудови моделей і аналізу результатів, а також розвинути навички критичного осмислення та верифікації моделей.

4. Компетентності. Програмні результати навчання. Soft skills.

Компетентності:

ЗК01. Здатність до критичного аналізу, оцінювання, створення та синтезу нових комплексних науково обґрунтованих ідей.

ЗК02. Здатність застосовувати сучасні методи наукових досліджень як в обраній галузі, так і в суміжних дисциплінах.

ЗК03. Здатність спілкуватися українською та іноземною (англійською) мовами як усно, так і письмово; уміння представляти отримані результати перед науковою спільнотою обраної предметної галузі та громадськістю.

ЗК04. Здатність до самоорганізації, саморозвитку та самовдосконалення.

ЗК05. Здатність бути критичним і самокритичним.

ЗК06. Відповідальність перед суспільством щодо прийнятих рішень та щодо підготовки і навчання здобувачів вищої освіти.

ЗК07. Здатність генерувати нові наукові ідеї та ініціювати дослідно-інноваційні проекти.

ЗК08. Здатність до лідерства та управління командою у сфері наукових досліджень.

ЗК09. Здатність до пошуку та обробки наукової інформації за обраною тематикою дослідження.

СК01. Знання і розуміння сучасних наукових теорій, методів та моделей, уміння застосовувати їх до синтезу нових ідей, моделювання та аналізу складних систем, процесів та явищ.

СК02. Уміння застосовувати аналітичні методи аналізу та математичного моделювання складних систем, процесів та явищ.

СК03. Уміння створювати нові та адаптувати існуючі обчислювальні методи до вирішення науково-проблемних завдань прикладної математики та суміжних галузей.

СК04. Здатність інтегрувати наукові знання із різних розділів математики та інших дисциплін, застосовувати системний підхід при здійсненні наукових досліджень та розв'язуванні відповідних науково-прикладних задач.

СК05. Здатність до побудови математичного формулювання, аналітичної або числової моделі складної системи, процесу чи явища.

СК07. Уміння використовувати сучасний комп'ютерний інструментарій для створення програмних рішень, що реалізують створені математичні моделі, методи та обчислювальні алгоритми.

СК09. Здатність аргументувати вибір методів розв'язування спеціалізованих задач прикладної математики, обробки результатів числових експериментів.

СК10. Уміння аргументувати та відстоювати нові результати власних наукових досліджень, спираючись на апробовані наукові знання у галузі прикладної математики.

СК11. Здатність здійснювати науково-педагогічну діяльність у вищій освіті у сфері прикладної математики.

Результати навчання:

РН01. Знання сучасних методів наукових досліджень у галузі математичного моделювання складних процесів, систем та явищ, а також обчислювальних методів їхньої реалізації.

РН02. Уміння формулювати завдання та методи власного наукового дослідження, обґрунтовувати його актуальність, мету і значення для розвитку предметної галузі та суміжних дисциплін.

РН03. Уміння планувати і виконувати наукові та прикладні дослідження в обраній предметній галузі, робити науково обґрунтовані висновки за їхніми результатами, презентувати та відстоювати останні.

РН05. Уміння здійснювати інноваційні наукові дослідження у предметній галузі, створювати чи синтезувати нові науково обґрунтовані знання.

РН07. Уміння шукати, аналізувати та обробляти наукову інформацію із різних джерел.

РН09. Вмотивованість до навчання впродовж усього життя з метою поглиблення набутих та здобуття нових фахових знань.

РН10. Уміння математичного формулювання задач, що моделюють складні процеси, системи чи явища.

РН11. Уміння створювати математичні моделі складних систем, процесів та явищ.

РН12. Уміння створювати обчислювальні методи та алгоритми кількісного аналізу складних процесів та систем.

РН13. Уміння застосовувати комплексні підходи, що інтегрують у собі наукові методи обраної та суміжних галузей знань.

РН14. Уміння створювати ефективні програмні комплекси, зокрема із використанням розподілених обчислень, адаптивних та експертних схем на основі систем штучного інтелекту чи машинного навчання, що дають можливість здійснювати обчислювальні експерименти для вирішення сформульованих задач чи проблем.

РН15. Уміння аналізувати, обробляти та представляти отримані наукові результати, прогнозувати їх застосування, науковий, соціальний чи економічний ефекти.

5. Структура освітнього компонента.

Назви змістових модулів і тем	Усього	Лек.	Лабор.	Сам. роб.	Конс.	Форма контролю/ Бали
Змістовий модуль 1. Основи та аналітичні методи математичного моделювання складних систем						
Тема 1. Основи побудови математичних моделей. Їх класифікації за типом. Принципи абстрагування, формалізації, формулювання задач. Складність систем, критерії адекватності та застосовність моделей.	15	4	2	8	1	ДС, РЗ/К / 7
Тема 2. Нелінійне моделювання та аналіз динамічних систем. Побудова фазових портретів, аналіз	14	4	2	7	1	ДС, РЗ/К / 7

рівноваги, біфуркації, хаотична поведінка.						
Тема 3. Стохастичні процеси та їх застосування в моделюванні. Ланцюги Маркова, броунівський рух, метод Монте-Карло.	14	4	2	7	1	ДС, РЗ/К / 7
Тема 4. Моделювання систем із зворотним зв'язком і запізненням. Динамічна рівновага, автоколивання, приклади з технічних і біологічних систем.	14	4	2	7	1	ДС, РЗ/К / 7
Тема 5. Оптимізаційні методи в моделюванні. Задачі пошуку екстремуму. Лінійне та нелінійне програмування. Приклади прикладних задач.	18	6	4	7	1	ДС, РЗ/К / 7
Разом за модулем 1	75	22	12	36	5	35
Змістовий модуль 2. Сучасні підходи та комп'ютерні технології в математичному моделюванні складних систем						
Тема 6. Обчислювальний експеримент і комп'ютерна симуляція в математичному моделюванні складних систем.	14	4	2	7	1	ДС, РЗ/К / 7
Тема 7. Математичне моделювання багатофазних і багатокомпонентних середовищ. Процеси переносу тепла, маси, імпульсу.	16	6	2	7	1	ДС, РЗ/К / 7
Тема 8. Мультиагентне моделювання складних систем. Побудова моделей з агентами, реалізація сценаріїв взаємодії.	15	4	2	8	1	ДС, РЗ/К / 7
Тема 9. Моделювання фрактальних структур і самоорганізованих систем. Фрактали, самоподібність, приклади з природи та техніки.	15	4	2	8	1	ДС, РЗ/К / 7
Тема 10. Верифікація, валідація та чутливість моделей. Оцінка точності, інтерпретація похибок, сценарний аналіз.	15	4	2	8	1	ДС, РЗ/К / 7
Разом за модулем 2	75	22	10	38	5	35
Види підсумкових робіт						Бал
–						
Модульна контрольна робота 1						15
Модульна контрольна робота 2						15
Екзамен						30
Всього годин/Балів	150	44	22	74	10	100

Форми контролю*: ДС – дискусія, ДБ – дебати, Т – тести, ТР – тренінг, РЗ/К – розв’язування задач/кейсів, ІНДЗ/ІРС – індивідуальне завдання/індивідуальна робота здобувача освіти, РМГ – робота в малих групах, МКР/КР – модульна контрольна робота/ контрольна робота, Р – реферат, а також аналітична записка, аналітичне есе, аналіз твору тощо.

6. Завдання для самостійного опрацювання.
 1. Типи математичних моделей: детерміновані, стохастичні, статичні та динамічні; сфери їх застосування.
 2. Поняття нелінійності в динамічних системах; біфуркації та хаотичні режими; методи їх виявлення та аналізу.
 3. Основи теорії ланцюгів Маркова; характеристики та застосування у моделюванні випадкових процесів.
 4. Зворотний зв’язок і часові затримки в системах: позитивний та негативний зворотний зв’язок, вплив на динаміку систем.
 5. Методи математичної оптимізації: лінійне програмування, метод Лагранжа, градієнтні методи; їх переваги та обмеження.
 6. Методологія обчислювального експерименту в математичному моделюванні: переваги та відмінності від аналітичних методів.
 7. Фізичні процеси в багатофазних системах: перенесення тепла, маси, імпульсу; складнощі їх математичного опису.
 8. Концепція мультиагентного моделювання: агенти, правила взаємодії, емерджентність; приклади застосування.
 9. Фрактальні структури та самоорганізація: основні поняття, приклади в природі і техніці, роль у моделюванні складних систем.
 10. Процеси верифікації, валідації та аналізу чутливості математичних моделей; методи оцінки їх достовірності.

IV. Політика оцінювання

Політика викладача щодо здобувача освіти. Здобувачі освіти повинні відвідувати лабораторні заняття та вчасно складати відповідні завдання до роботи на комп’ютерах. Оцінювання робіт здійснюється з урахуванням вірно виконаного обсягу у пропорції до визначеного цим силабусом балу із заокругленням до більшого.

Політика щодо академічної доброчесності. Здобувачам вищої освіти дозволяється вивчати довільні джерела інформації, що стосуються тематики завдань, а також консультуватися та працювати у групах зі своїми колегами за курсом. Проте завдання повинні бути виконані самостійно. В іншому разі відповідні бали здобувачу вищої освіти не зараховуються.

Політика щодо дедлайнів та перескладання. Завдання мають бути виконані у межах відведеного на це часу. Невчасно здане без поважної причини завдання зменшує відповідний бал оцінювання на 10 % для забезпечення справедливого рейтингового оцінювання здобувачів вищої освіти, особливо тих, хто вчасно виконує відповідні завдання.

Визнання результатів навчання, отриманих у формальній, неформальній та інформальній освіті здійснюється на підставі Порядку визнання результатів навчання отриманих у формальній, неформальній та/або інформальній освіті у ВНУ імені Лесі Українки.

Оцінювання знань здобувачів освіти здійснюється під час поточного контролю за результатами виконання тих видів робіт, які передбачені силабусом освітнього компонента. (згідно Положення про поточне та підсумкове оцінювання знань здобувачів освіти Волинського національного університету імені Лесі Українки).

Оцінювання навчальних досягнень здійснюється за 100 бальною шкалою. Оцінка включає в себе поточний контроль (оцінюється робота на парах, вчасне і якісне виконання домашніх завдань, самостійне розв’язання індивідуальних завдань) та підсумковий модульний контроль (письмові модульні контрольні роботи). Максимальна кількість балів, яку може

заробити здобувач вищої освіти під час поточного оцінювання за семестр – 70 балів. Підсумковий модульний контроль за семестр включає в себе оцінки за всі модульні контрольні роботи (МКР). Максимальна кількість балів, яку може заробити здобувач вищої освіти під час модульного контролю за семестр складає 30 балів.

Якщо за результатами семестру накопичено не менше 75 балів і здобувач вищої освіти погоджується із цим результатом, то оцінка за семестр може виставлятися без складання екзамену. В іншому разі здобувач вищої освіти складає екзамен; максимальна кількість балів, яку можна отримати на екзамені – 30 балів. Вони замінюють бали модульного семестрового контролю, поточний семестровий контроль при цьому зберігається. Екзамен проходять в усній формі. Оцінка за семестр у випадку складання екзамену є сумою балів поточного контролю та балів, отриманих під час екзамену.

V. Підсумковий контроль

На іспит виносяться основні питання, типові та комплексні задачі, ситуації, завдання, що потребують творчої відповіді та уміння синтезувати отримані знання і застосовувати їх під час розв'язання практичних задач.

Іспит проводиться в усній формі. На іспит виносяться подані нижче питання.

Питання та форма проведення іспиту визначені у цьому силабусі.

Питання, що виносяться на іспит

1. Поняття математичної моделі та основні типи математичних моделей.
2. Принципи формалізації та абстрагування при побудові математичних моделей.
3. Адекватність математичної моделі.
4. Класифікація моделей за детермінованістю та стохастичністю.
5. Особливості статичних та динамічних моделей.
6. Нелінійна динамічна система з прикладами.
7. Фазовий портрет і рівноважна точка динамічної системи.
8. Біфуркація у динамічних системах з прикладами.
9. Хаотична поведінка у математичних моделях.
10. Ланцюг Маркова та основні властивості його процесів.
11. Застосування методу Монте-Карло в математичному моделюванні.
12. Типи зворотного зв'язку в системах і їх вплив на динаміку.
13. Вплив часових затримок на стабільність систем.
14. Автоколивання з прикладами систем, у яких вони виникають.
15. Основні задачі математичної оптимізації в моделюванні.
16. Принципи лінійного та нелінійного програмування.
17. Метод Лагранжа у задачах оптимізації.
18. Параметрична ідентифікація математичних моделей.
19. Обчислювальний експеримент та його переваги порівняно з аналітичними методами.
20. Функціональні можливості середовища Scilab для математичного моделювання.
21. Фізичні процеси в багатофазних середовищах.
22. Рівняння перенесення тепла, маси та імпульсу.
23. Мультиагентне моделювання та особливості його застосування.
24. Правила взаємодії агентів у мультиагентних системах.
25. Фрактал та його основні властивості.
26. Приклади фрактальних структур у природі та техніці.
27. Самоорганізація у складних системах.

28. Методи верифікації математичних моделей.
29. Валідація моделей та відмінність від верифікації.
30. Аналіз чутливості моделей і його роль у оцінці достовірності результатів.

VI. Шкала оцінювання

Шкала оцінювання знань здобувачів освіти з освітніх компонентів, де формою контролю є іспит

Оцінка в балах	Лінгвістична оцінка	Оцінка за шкалою ECTS	
		оцінка	пояснення
90–100	Відмінно	A	відмінне виконання
82–89	Дуже добре	B	вище середнього рівня
75–81	Добре	C	загалом хороша робота
67–74	Задовільно	D	непогано
60–66	Достатньо	E	виконання відповідає мінімальним критеріям
0–59	Незадовільно	Fx	Необхідне перескладання

VI. Рекомендована література та інтернет-ресурси

1. Palacios A. *Mathematical Modeling*. Springer International Publishing, 2022.
2. Chen N. *Stochastic Methods for Modeling and Predicting Complex Dynamical Systems*. 2nd ed. Springer International Publishing, 2025.
3. Chan J.C.C., Kroese D.P. *Statistical Modeling and Computation*. Springer US, 2025.
4. Chen W, Sun H, Li X. *Fractional Derivative Modeling in Mechanics and Engineering*. 2022nd ed. Springer, 2022.
5. Heij C., Ran A.C.M., van Schagen F. *Introduction to Mathematical Systems Theory*. 2nd ed. Springer Nature, 2021.
6. Pekař L. *Optimization: An Introduction*. Springer Nature Switzerland, 2025.
7. Snider A.D. *Basics of Optimization Theory*. Springer International Publishing, 2023.
8. Hromyk A.P., Konet I.M., Pylypiuk T.M. Parabolic Boundary-Value Problems in a Piecewise Homogeneous Wedge-Shaped Cylindrically Circular Space. *J Math Sci*. 2022. **261**, P. 241–252.
9. <https://www.scilab.org/>