

**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**

Теорія, методологія та технології машинного навчання

(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** «Теорія, методологія та технології машинного навчання» підготовки докторів філософії, галузі знань 11 Математика та статистика, спеціальності 113 Прикладна математика, за освітньою програмою Прикладна математика.

**Розробник:** Федонюк Анатолій Ананійович, доцент кафедри загальної математики та методики навчання інформатики, кандидат фізико-математичних наук, доцент

**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	<b>Нормативний</b>
Кількість годин/кредитів 120/4		Рік навчання 2-ий
		Семестр 4-ий
ІНДЗ: <u>немає</u>		Лекції 40 год.
		Практичні (семінарські) __ год. Лабораторні 20 год. Індивідуальні _____ год.
		Самостійна робота 52 год.
		Консультації 8 год.
	Форма контролю: залік/екзамен	
Мова навчання		

## II. Інформація про викладача (- ів)

ППІ Федонюк Анатолій Ананійович

Науковий ступінь кандидат фізико-математичних наук

Вчене звання доцент

Посада доцент кафедри загальної математики та методики навчання інформатики

Контактна інформація [Fedonyuk.Anatolyj@vnu.edu.ua](mailto:Fedonyuk.Anatolyj@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 глибокого розуміння математичних принципів, які лежать в основі сучасних методів штучного інтелекту. Розглядаються теоретичні основи побудови моделей машинного навчання, нейронних мереж, обробки природної мови, оптимізації, а також алгоритмів інтелектуального аналізу даних. Особливу увагу приділено математичному апарату, що використовується для формалізації задач ШІ — зокрема теорії ймовірностей, статистики, лінійної алгебри, теорії графів, оптимізації, а також теорії інформації. Освітній компонент передбачає як аналітичне дослідження моделей, так і реалізацію алгоритмів у прикладних середовищах. Здобувачі набувають навичок критичного аналізу обчислювальної складності методів ШІ та обґрунтованого вибору математичного інструментарію залежно від типу задачі.

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

Магістерський рівень вищої освіти.

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 до математичного аналізу, побудови та обґрунтування моделей, що лежать в основі сучасних методів штучного інтелекту.

Завдання – ознайомити з математичними підходами до моделювання ШІ-систем, навчити формалізувати та аналізувати відповідні задачі, а також критично оцінювати застосовність різних методів у практичних контекстах.

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 проєкти. Здатність виявляти, формулювати та вирішувати дослідницькі науково-прикладні задачі та/або проблеми.

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.

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.

СК06. Знання та розуміння сучасних технологій нейронних мереж, штучного інтелекту та машинного навчання.

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

СК08. Здатність проводити числовий комп'ютерний експеримент, критично аналізувати отримані результати.

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
<b>Змістовий модуль 1. Теоретичні основи математичного моделювання в ШІ</b>						
Тема 1. Основні поняття і класифікація задач ШІ. Формалізація інтелектуальних задач. Огляд базового математичного апарату: теорія множин, логіка, елементи теорії алгоритмів, складність обчислень. Математичне уявлення знань і	12	4	2	6		ДС, РЗ/К / 7

рішень.						
Тема 2. Вектори, матриці, власні значення і сингулярні розклади. Метричні простори та відстані. Застосування у нейронних мережах, методах зменшення розмірності, класифікації. Матриці ваг у навчанні моделей.	12	4	2	5	1	ДС, РЗ/К / 7
Тема 3. Базові поняття теорії ймовірностей, умовні ймовірності, незалежність. Байєсівські мережі. Приклади побудови ймовірнісних моделей знань. Роль випадковості в обробці даних.	12	4	2	5	1	ДС, РЗ/К / 7
Тема 4. Задачі безумовної та умовної оптимізації. Градієнтні методи, стохастичний градієнтний спуск, методи проєкцій та регуляризації. Застосування в тренуванні нейронних мереж і побудові моделей з контролем складності.	12	4	2	5	1	ДС, РЗ/К / 7
Тема 5. Ентропія, інформаційний приріст, взаємна інформація. Принцип мінімізації ентропії. Застосування в побудові дерев рішень, кластеризації, селекції ознак.	12	4	2	5	1	ДС, РЗ/К / 7
Разом за модулем 1	60	20	10	26	4	35
<b>Змістовий модуль 2. Прикладні математичні моделі та аналітика ШІ-систем</b>						
Тема 6. Представлення знань у вигляді графів. Орієнтовані й неорієнтовані графи, графові алгоритми, PageRank, пошук у графах. Графові нейронні мережі як сучасний напрямок.	12	4	2	5	1	ДС, РЗ/К / 7
Тема 7. Пропозиційна та предикатна логіка. Продукційні системи, логічне програмування. Побудова експертних систем на базі формальних логік. Обмеження логічних моделей.	12	4	2	5	1	ДС, РЗ/К / 7
Тема 8. Використання звичайних і стохастичних диференціальних рівнянь для моделювання поведінки агента. Застосування в нейронауці, робототехніці, еволюційних системах.	12	4	2	5	1	ДС, РЗ/К / 7
Тема 9. Математична формалізація штучних нейронів. Активаційні функції, архітектури	12	4	2	5	1	ДС, РЗ/К / 7

мереж, функції втрат. Основи теорії глибокого навчання. Порівняння із класичними моделями.						
Тема 10. Критерії якості моделей: узагальнювальна здатність, перенавчання, стабільність. Верифікація результатів, перевірка гіпотез, обмеження застосовності. Інтерпретованість моделей як математична та етична проблема.	12	4	2	6		ДС, РЗ/К / 7
Разом за модулем 2	60	20	10	26	4	35
<b>Види підсумкових робіт</b>						Бал
–						
Модульна контрольна робота 1						15
Модульна контрольна робота 2						15
<b>Екзамен</b>						30
<b>Всього годин/Балів</b>	120	40	20	52	8	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. Історичні підходи до формалізації інтелекту в математиці.
2. Матричне подання даних у задачах класифікації та кластеризації.
3. Баєсівський підхід до побудови моделей прийняття рішень.
4. Опуклі множини та опуклі функції в задачах оптимізації.
5. Поняття інформаційного шуму та його вплив на моделі ШІ.
6. Структурні властивості графів та їх роль у моделюванні зв’язків.
7. Логіка висловлювань та предикатів у знання-орієнтованих системах.
8. Стійкість розв’язків диференціальних моделей у ШІ-системах.
9. Функції активації у штучних нейронних мережах та їх властивості.
10. Поняття верифікації та інтерпретації моделей у контексті математичної строгості.

#### 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 перекладання.** 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 отриманні 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. Основні етапи побудови математичної моделі штучного інтелекту.
2. Класифікація математичних моделей у системах штучного інтелекту.
3. Поняття формалізації знань у математичному моделюванні.
4. Роль абстрагування у побудові моделей інтелектуальної поведінки.
5. Структура та властивості моделей на основі логіки висловлювань.
6. Особливості логіки предикатів у моделюванні знань.
7. Побудова продукційних і фреймових моделей.
8. Математичні основи баєсівських мереж імовірностей.
9. Переваги та обмеження баєсівського підходу до прийняття рішень.
10. Поняття ентропії та інформаційного змісту в задачах ШІ.
11. Визначення інформаційного шуму та методи його фільтрації.
12. Особливості опису знань за допомогою онтологій і графів.
13. Властивості графових структур у моделях ШІ.
14. Методи пошуку шляхів і зв'язків у графах.
15. Визначення евристичних функцій у пошукових алгоритмах.
16. Особливості моделювання інтелектуальної поведінки агентів.

17. Побудова математичних моделей багатоагентних систем.
18. Математичне формулювання задач прийняття рішень.
19. Оптимізація як метод вибору найкращої стратегії дій.
20. Властивості опуклих функцій у контексті навчання моделей.
21. Роль стохастичних процесів у моделюванні ШІ.
22. Основні типи диференціальних моделей у ШІ-системах.
23. Стійкість і стабільність математичних моделей у динаміці.
24. Основи функціонального аналізу в контексті нейронних мереж.
25. Математичні властивості функцій активації.
26. Проблема переобчислення (overfitting) з математичної точки зору.
27. Метод головних компонент (PCA) як спосіб зменшення розмірності.
28. Теоретичні підходи до інтерпретації моделей ШІ.
29. Формальні критерії верифікації результатів моделювання.
30. Обмеження математичних моделей у задачах ШІ.

## 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. Fergus P., Chalmers C. *Applied Deep Learning*. 2022nd ed. Springer International Publishing, 2022.
2. Huawei Technologies Co., Ltd. *Artificial Intelligence Technology*. 1st ed. Springer, 2022.
3. Kruse R., Mostaghim S., Borgelt C., Braune C., Steinbrecher M. *Computational Intelligence*. 3rd ed. Springer Nature, 2022.
4. Singh P., Raman B. *Deep Learning through the Prism of Tensors*. Springer Nature Singapore, 2024.
5. Shikhman V., Müller D. *Mathematical Foundations of Big Data Analytics*. 1st ed. Springer Gabler, 2021.
6. Pasichnyk V., Kunanets N., Yunchyk V., Khomyak M., Yatsyuk S., Muliar V., Fedonuyk A. Model of the Recommender System for the Selection of Electronic Learning Resources. *CEUR Workshop Proceedings 2023*, 3426, pp. 344 – 355.

7. Fedonuyk A, Yunchyk V, Mukutuyk I, Duda O, Yatsyuk S. Application of the hierarchy analysis method for the choice of the computer mathematics system for the IT-sphere specialists preparation. *J Phys Conf Ser.* 2021;1840(1):012065.