



## Силабус освітнього компонента Програма навчальної дисципліни



# Основи штучного інтелекту

**Шифр та назва спеціальності**  
123 – Комп'ютерна інженерія

**Інститут**  
ННІ Комп'ютерних наук та інформаційних технологій

**Освітня програма**  
Сучасне програмування, мобільні пристрої та комп'ютерні ігри (інноваційний кампус)

**Кафедра**  
Комп'ютерна інженерія та програмування (326)

**Рівень освіти**  
Бакалавр

**Тип дисципліни**  
Спеціальна (фахова), Обов'язкова

**Семестр**  
8

**Мова викладання**  
Українська

## Викладачі, розробники



### Заковоротний Олександр Юрійович

Дійсний член Академії наук прикладної радіоелектроніки, дійсний член Академії інженерних наук України, член правління громадської організації «Українське науково-освітнє ІТ товариство», професор, доктор технічних наук, завідувач кафедри комп'ютерної інженерії та програмування.

**e-mail:** [Oleksandr.Zakovorotnyi@khipi.edu.ua](mailto:Oleksandr.Zakovorotnyi@khipi.edu.ua)

**тел. моб.:** +38(097) 967-32-71; **тел. роб.:** +38(057) 707-61-65

**Orcid:** 0000-0003-4415-838X

**Scopus Author ID:** 57201613700

**Web of Science ResearcherID:** C-3091-2016

**Google Scholar; LinkedIn Profile; researchgate.net**

*Детальніше про викладача на сайті кафедри*

## Загальна інформація

### Анотація

Штучний інтелект спирається на м'які обчислення, нечітку логіку, штучні нейро-нечіткі мережі та еволюційне моделювання. Курс поєднує в собі елементи навчання, адаптації, еволюції та нечіткої логіки (нечітких множин) для створення в певному розумінні розумних програм та систем керування складними об'єктами.

### Мета та цілі дисципліни

Метою викладання дисципліни є вивчення основ теорії нечітких множин та систем, алгоритмів нечіткого виводу, теорії м'яких, еволюційних й генетичних обчислень з метою застосування цих знань для розробки апаратних засобів та програмного забезпечення доцільної діяльності технічних та інформаційних систем, в умовах великої різноманітності можливих ситуацій та відсутності докладного та однозначного опису зовнішнього середовища.

### Формат занять

Лекції, лабораторні роботи, розрахункове завдання, самостійна робота, консультації. Підсумковий контроль – іспит.

## Компетентності

### Спеціальні фахові:

ФК 7. Здатність використовувати та впроваджувати нові технології, включаючи технології розумних, мобільних, зелених і безпечних обчислень, брати участь в модернізації та реконструкції комп'ютерних систем та мереж, різноманітних вбудованих і розподілених додатків, зокрема, з метою підвищення їх ефективності.

ФК 12. Здатність ідентифікувати, класифікувати та описувати роботу програмно-технічних засобів, комп'ютерних систем, мереж та їхніх компонентів шляхом використання аналітичних методів і методів моделювання.

ФК 15. Здатність аргументувати вибір методів розв'язування спеціалізованих задач, критично оцінювати отримані результати та захищати прийняті рішення.

### Результати навчання

ПРН 2. Мати навички проведення експериментів, збирання даних та моделювання в комп'ютерних системах.

ПРН 6. Вміти застосовувати знання для ідентифікації, формулювання і розв'язування технічних задач спеціальності, використовуючи методи, що є найбільш придатними для досягнення поставлених цілей.

ПРН 11. Вміти здійснювати пошук інформації в різних джерелах для розв'язання задач комп'ютерної інженерії.

### Обсяг дисципліни

Загальний обсяг дисципліни 120 год. (4 кредити ECTS): лекції – 20 год., лабораторні роботи – 30 год., розрахункове завдання та самостійна робота – 70 год.

### Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

Для опанування курсу студенти потребують базових знань з дисциплін: дискретна математика, теорія ймовірності, основи комп'ютерної математики та системний аналіз. Дисципліна є основою для дипломного проектування.

### Особливості дисципліни, методи та технології навчання

Під час опанування дисципліни використовуються такі методи та технології навчання, як лекція-бесіда, лекція-візуалізація, навчальна дискусія, демонстрування, самостійна робота, метод порівняння, метод конкретизації, метод обговорення та робота над помилками.

Теоретичний матеріал курсу викладений у відео-лекціях ([YouTube](#)) та докладних презентаціях. Перевірки теоретичних знань виконується після кожної лекції за допомогою розроблених онлайн тестів. Лабораторний практикум та розрахункове завдання представляє собою докладний опис матеріалу, що проілюстрований великою кількістю прикладів. Для опанування практичної складової курсу необхідний онлайн пакет прикладних програм [MATLAB](#) для вирішення завдань технічних обчислень та моделювання.

## Програма навчальної дисципліни

### Теми лекційних занять

#### Тема 1. Вступ до нечіткої логіки. Основні визначення та властивості «м'яких обчислень».

1. Історичний розвиток «м'яких обчислень», «обчислювального інтелекту» та «нечіткої логіки».
2. Основні визначення та властивості «м'яких обчислень».
  - 2.1. Класи невизначеності.
  - 2.2. Теорія неточних (грубих) множин.
  - 2.3. Імовірність, неточність, нечіткість та їх відмінності.

#### Тема 2. Методи представлення знань з використанням нечітких множин типу 1.

1. Основні характеристики, поняття та визначення теорії нечітких множин.
2. Класи функцій приналежності.
3. Багатовимірні функції приналежності.

#### Тема 3. Операції з нечіткими множинами типу 1.

1. Логічні операції з нечіткими множинами.
2. Арифметичні операції з нечіткими множинами.
3. Оператор збільшення нечіткості.

#### Тема 4. Принцип узагальнення та лінгвістичні змінні. Нечіткі числа та операції над ними.

1. Принцип узагальнення для нечітких множин.
2. Нечіткі числа.
  - 2.1. Визначення нечітких чисел.
  - 2.2. Операції над нечіткими числами:
    - 2.2.1. Бінарні арифметичні операції над нечіткими числами
    - 2.2.2. Унарні арифметичні операції над нечіткими числами.
  - 2.3. Нечіткі числа (L-R)-типу.
3. Лінгвістичні змінні.
  - 3.1. Визначення нечіткої та лінгвістичної змінної.
  - 3.2. Лінгвістичні змінні істинності.
  - 3.3. Значення істинності «Невідомо» та «Не визначено».

#### Тема 5. Нечіткі відносини їх властивості та операції над ними.

1. Основні визначення нечітких відносин.
2. Операції над нечіткими відносинами.
3. Властивості нечітких відносин.
4. Принцип декомпозиції нечітких відносин.
5. Транзитивне замикання нечітких відносин.
6. Проекції нечітких відносин.

#### Тема 6. Базові відомості про трикутні (триангулярні) норми. Теорія наближених міркувань.

1. Визначення триангулярних норм (Т-норм) та кнорм (S-кнорм).
2. Параметризовані триангулярні функції.
3. Операції нечіткої множини самої із собою та її доповненою множиною.
4. Наближені міркування.

#### Тема 7. Системи та алгоритми нечіткого виводу.

1. Структура та опис функціонування систем нечіткого виводу.
2. Алгоритми нечіткого виводу.
  - 2.1. Алгоритм нечіткого виводу Мамдані (Mamdani).
  - 2.2. Алгоритм нечіткого виводу Ларсена (Larsen).
  - 2.3. Алгоритм нечіткого виводу Цукамото (Tsukamoto).
  - 2.4. Алгоритм нечіткого виводу Такагі-Сугено (Takagi-Sugeno).
  - 2.5. Спрощений алгоритм нечіткого виводу.

#### Тема 8. Нечітка кластеризація.

1. Введення у нечітку кластеризацію.
2. Нечіткий кластерний аналіз.
3. Алгоритми нечіткої кластеризації.
  - 3.1. Кластеризація алгоритмом с-середніх (FCM).
    - 3.1.1. Чітка кластеризація алгоритмом с-середніх.
    - 3.1.2. Базовий алгоритм нечітких с-середніх.
    - 3.1.3. Узагальнення алгоритму нечітких с-середніх.
  - 3.2. Алгоритм кластеризації з можливостями (PCM).
  - 3.3. Кластеризація методом пікового групування (гірський алгоритм).
4. Синтез нечітких правил за результатами кластеризації.

#### Тема 9. Генетичні алгоритми.

1. Основні поняття генетичних алгоритмів.
2. Класичний генетичний алгоритм.
3. Схеми хромосом.
4. Теорема схем.
5. Переваги та недоліки генетичних алгоритмів.

#### Тема 10. Методи представлення знань з використанням нечітких множин типу 2.

1. Основні визначення нечітких множин типу 2.
2. Основні операції над нечіткими множинами типу 2.
3. Системи нечіткого виводу типу 2.

#### Теми практичних занять

Практичні заняття в рамках дисципліни не передбачені

## Теми лабораторних робіт

### Лабораторна робота 1.

Дослідження способів формування нечітких множин і операцій над ними.

### Лабораторна робота 2.

Дослідження алгоритму нечіткої кластеризації.

### Лабораторна робота 3.

Моделювання нечіткої системи засобами інструментарію нечіткої логіки.

### Лабораторна робота 4.

Нечітке управління динамічними процесами.

### Лабораторна робота 5.

Регулювання з використанням нечіткого контролера.

### Лабораторна робота 6.

Проектування інтелектуальної системи на основі нечітких знань

### Лабораторна робота 7.

Застосування генетичних алгоритмів при визначенні екстремумів функцій.

### Лабораторна робота 8.

Застосування генетичних алгоритмів у завданнях оптимізації.

### Лабораторна робота 9.

Нейро-нечітке моделювання.

### Лабораторна робота 10.

Рішення завдання прогнозування за допомогою нечітких нейронних мереж.

## Самостійна робота

Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до лабораторних занять. Самостійне вивчення тем та питань, які не викладаються на лекційних заняттях.

### Розрахункове завдання:

1.1. У пакеті моделювання [Matlab Simulink](#) необхідно зібрати систему керування з ПІД-регулятором (PID Controller). Як об'єкт керування буде виступати передатна функція, яка визначається номером за списком у журналі групи за допомогою табл. 1.

Таблиця 1 – Об'єкт керування

№ вар	Значення параметрів							Передатна функція розімкнутої системи
	тпер, с	σ, %	T1	T2	T3	T4	ζ	
1	5	10	0,1	-	-	-	0,9	$\frac{K}{s(T_1^2 s^2 + 2T_1 \zeta s + 1)}$ $K = (N^{\text{вар}}) * 10$
2			0,05	-	-	-	0,7	
3			0,03	-	-	-	0,1	
4			0,08	-	-	-	0,5	
5	2	15	0,05	0,4	0,08	0,03	-	$\frac{K(T_1 s + 1)}{s(T_2 s + 1)(T_3 s + 1)(T_4 s + 1)}$ $K = (N^{\text{вар}}) * 5$
6			0,03	0,5	0,1	0,05	-	
7			0,2	0,45	0,1	0,03	-	
8	4	5	0,2	0,1	0,05	0,07	0,5	$\frac{K(T_1 s + 1)}{s(T_2 s + 1)(T_3 s + 1)(T_4^2 s^2 + 2T_4 \zeta s + 1)}$ $K = (N^{\text{вар}}) * 3$
9			0,01	0,1	0,2	0,06	0,6	
10			0,02	0,3	0,07	0,1	0,2	

де тпер – час перехідного процесу, σ – величина перерегулювання.

1.2. За допомогою пакету [Matlab Simulink](#) Design Optimization (або Nonlinear Control Design – NCD Blockset для Matlab 6.5) оптимізувати параметри ПІД-регулятора. Для цього за допомогою блоку Signal Constraint (або NCD Output для Matlab 6.5), виконати параметричну оптимізацію системи керування задавши параметри для оптимізації та необхідні обмеження для перехідного процесу з табл. 1.

1.3. За допомогою пакету [Matlab Simulink](#) Fuzzy Logic Toolbox розробити Fuzzy Logic Controller – нечіткий регулятор (НР), заданим у пункті 1.1 об'єктом керування. При цьому нечіткий регулятор повинен мати як мінімум два входи та один вихід, використовувати систему нечіткого виводу

Мамдані (Mamdani), а також наступні параметри (кількість та типи функцій приналежності (ФП)), які визначаються номером за списком у журналі групи за допомогою табл. 2.

1.4. Продемонструвати роботу нечіткого та класичного ПІД-регулятора у процесі керування об'єктом, а також провести порівняльний аналіз їх роботи.

1.5. Внести суттєві зміни до параметрів вихідного об'єкта керування, продемонструвати та проаналізувати роботу нечіткого та класичного ПІД-регулятора зі зміненим об'єктом керування.

Таблиця 2 – Параметри нечіткого регулятора

№ вар	1-й вхід НР		2-й вхід НР		Вихід НР	
	Кол. ФП	Тип ФП	Кол. ФП	Тип ФП	Кол. ФП	Тип ФП
1	6	trimf, smf, zmf	7	trapmf, smf, zmf	7	gbellmf, smf, zmf
2	4	trapmf, smf, zmf	6	gbellmf, smf, zmf	9	gaussmf, smf, zmf
3	5	gbellmf, smf, zmf	5	gaussmf, smf, zmf	8	gauss2mf, smf, zmf
4	6	gaussmf, smf, zmf	4	gauss2mf, smf, zmf	7	dsigmf, smf, zmf
5	7	gauss2mf, smf, zmf	6	dsigmf, smf, zmf	6	psigmf, smf, zmf
6	5	dsigmf, smf, zmf	7	psigmf, smf, zmf	5	pimf, smf, zmf
7	4	psigmf, smf, zmf	6	pimf, smf, zmf	6	trimf, smf, zmf
8	5	pimf, smf, zmf	5	trimf, smf, zmf	7	trapmf, smf, zmf
9	6	trapmf, smf, zmf	4	gbellmf, smf, zmf	8	gaussmf, smf, zmf
10	7	gbellmf, smf, zmf	4	gauss2mf, smf, zmf	9	psigmf, smf, zmf

1.6. Розробити звіт про виконання розрахунково завдання, що має містити: титульний аркуш; індивідуальне завдання; короткі теоретичні відомості; виконання пунктів індивідуального завдання з обов'язковим докладним описом дій щодо їх реалізації та відображенням графічної інформації використуваних редакторів Matlab Simulink, структурних схем досліджуваних регуляторів, графіків перехідних процесів при управлінні об'єктом, а також іншої супутньої інформації; розширений висновок з роботи.

## Література та навчальні матеріали

### Основна література:

1. [Обчислювальний інтелект / О. Ю. Заковоротний, Т.О. Орлова, Д.В. Гриньов // Навчальний посібник. Харків: НТУ «ХПІ», 2024. 264 с.](#)
2. [Fuzzy Information Processing // Kelly Cohen, Nicholas Ernest, Barnabas Bede, Vladik Kreinovich // Springer, 2023. 358 p.](#)
3. [Recent Trends on Type-2 Fuzzy Logic Systems: Theory, Methodology and Applications / Anupam Kumar, Oscar Castillo // Springer International Publishing, 2023. 265 p.](#)
4. [Fuzzy Logic Applications in Computer Science and Mathematics / Ashok Kumar Shaw, Biswadip Basu Mallik, Dac-Nhuong Le, Gunjan Mukherjee, Rahul Kar // Wiley, 2023. 304 p.](#)
5. [Fuzzy Sets, Fuzzy Logic and Their Applications 2021 / Michael Voskoglou // MDPI AG, 2023. 282 p.](#)
6. [Genetic Algorithms / Jose M. Moyano, José Luna, Sebastian Ventura // IntechOpen, 2022. 176 p.](#)
7. [Computational Methods Using MATLAB / P.K. Thiruvikraman // IOP Publishing, 2022. 300 p.](#)
8. [Learning Genetic Algorithms with Python. Empower the Performance of Machine Learning and AI Models with the Capabilities of a Powerful Search Algorithm/Ivan Gridin// BPB publications, 2021. 270 p.](#)
9. [Introduction to Fuzzy Logic / James K. Peckol // Wiley, 2021. 304 p.](#)
10. [Genetic Algorithms in Elixir / Sean Moriarity // Pragmatic Bookshelf, 2021. 244 p.](#)
11. [DNA Computing Based Genetic Algorithm. Applications in Industrial Process Modeling and Control / Jili Tao, Ridong Zhang, Yong Zhu // Springer Nature Singapore, 2021. 274 p.](#)
12. [Fuzzy Logic. Theory and Applications / Constantin Volosencu // IntechOpen, 2022. 280 p.](#)

### Додаткова література:

1. [Основи обчислювального інтелекту \[Електронний ресурс\] : лаб. практикум / О. Ю. Заковоротний, Т. О. Орлова, Д. В. Гриньов, В. М. Сергієнко ; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – Електрон. текст. дані. – Харків : НТУ "ХПІ", 2023. – 170 с.](#)
2. [Computational Methods with MATLAB / Erik Cuevas, Alberto Luque, Héctor Escobar // Springer Nature Switzerland, 2023. 212 p.](#)
3. [Dynamic System Modelling and Analysis with MATLAB and Python: For Control Engineers./ Jongrae Kim // Wiley, 2022. 336 p.](#)

4. [Control Systems: An Introduction / D. Sundararajan // Springer International Publishing, 2022. 312 p.](#)
5. [Data-Driven Science and Engineering: Machine Learning, Dynamical Systems, and Control / Steven L. Brunton, J. Nathan Kutz // Cambridge University Press, 2022. 590 p.](#)
6. [Beginning MATLAB and Simulink: From Beginner to Pro / Sulaymon Eshkabilov // Apress, 2022. 605 p.](#)
7. [Fuzzy Systems and Data Mining VII. Proceedings of FSDM 2021 / C. Shen // IOS Press, 2021. 492 p.](#)
8. [Neural Networks and Learning Algorithms in MATLAB / Ardashir Mohammadazadeh, Mohammad Hosein Sabzalian, Oscar Castillo, Rathinasamy Sakthivel, Fayez F. M. El-Sousy, Saleh Mobayen // Springer International Publishing, 2022. 117 p.](#)
9. [Fundamentals of Computational Intelligence / O. Zakovorotniy, O. Lipchanska // Laboratory workshop. Part 1. Kharkiv: NTU "KhPI", 2022. 160 p.](#)
10. [Fundamentals of Computational Intelligence / O. Zakovorotniy, O. Lipchanska // Laboratory workshop. Part 2. Kharkiv: NTU "KhPI", 2022. 152 p.](#)

## Система оцінювання

### Критерії оцінювання успішності студента та розподіл балів

#### Перевірки теоретичних знань:

Тести по лекціям – 40 балів

#### Перевірки практичних знань:

Лабораторні роботи – 40 балів.

Самостійна робота у вигляді розрахункового завдання – 20 балів.

Всього – 100 балів.

### Шкала оцінювання

Сума балів	Національна оцінка	ECTS
90–100	Відмінно	A
82–89	Добре	B
75–81	Добре	C
64–74	Задовільно	D
60–63	Задовільно	E
35–59	Незадовільно (потрібне додаткове вивчення)	FX
1–34	Незадовільно (потрібне повторне вивчення)	F

## Норми академічної етики і політика курсу

Студент повинен дотримуватися «Кодексу етики академічних взаємовідносин та доброчесності НТУ «ХПІ»: виявляти дисциплінованість, вихованість, доброзичливість, чесність, відповідальність. Конфліктні ситуації повинні відкрито обговорюватися в навчальних групах з викладачем, а при неможливості вирішення конфлікту – доводитися до відома співробітників дирекції інституту. Нормативно-правове забезпечення впровадження принципів академічної доброчесності НТУ «ХПІ» розміщено на сайті: <http://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/nv/akademichna-dobrochesnist/>

## Погодження

Силабус погоджено

Дата погодження, підпис



28.08.2024 р.

Завідувач кафедри

Олександр ЗАКОВОРТНИЙ

Дата погодження, підпис



28.08.2024 р.

Гарант ОП

Олександр ЗАКОВОРТНИЙ