

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

**ФАКУЛЬТЕТ КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК ТА КІБЕРНЕТИКИ
кафедра математичної інформатики**

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана

з навчальної роботи

_____ Кашпур О.Ф.

«__» _____ 2023 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
МІЛЬТИАГЕНТНІ СИСТЕМИ / MULTI-AGENTS
SYSTEMS
для студентів / for students**

галузь знань **12 “Інформаційні технології” / Information Technologies**

спеціальність **122 “Комп'ютерні науки” / Computer Science**

освітній рівень **магістр / Master**

освітня програма **«Математичні методи штучного інтелекту» / Mathematical Methods of
Artificial Intelligence**

вид дисципліни **вибіркова / free choice**

Форма навчання

денна

Навчальний рік

2023/2024

Семестр

4

Кількість кредитів ECTS **3**

Мова викладання, навчання

та оцінювання **англійська, українська/
Ukrainian, English**

Форма заключного контролю **залік / test**

Викладачі: к.ф.-м.н., проф. Вергунова І. М. (лекції, лабораторні заняття)

Пролонговано: на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» 20__ р.

КИЇВ – 2022

Розробник:

Вергунова Ірина Миколаївна, канд. ф.-м. н., професор, професор кафедри математичної інформатики

«ЗАТВЕРДЖЕНО»

**Зав. кафедри
математичної інформатики**

_____ (Терещенко В.М.)
Протокол №__ від «__» _____ 2022 р.

Схвалено Гарантом освітньо-наукової програми «Математичні методи штучного інтелекту»

_____ Завадський І.О.

«__» _____ 2022 року

Схвалено науково-методичною комісією факультету комп'ютерних наук та кібернетики

Протокол від “__” _____ 2022 року №__

Голова науково-методичної комісії _____ (Омельчук Л.Л.)
(підпис)

«__» _____ 2022 року

1. **Мета дисципліни** – вивчення сучасних принципів, методів та алгоритмів побудови мультиагентних систем, як систем для автоматизації та інтелектуалізації бізнес-процесів; засвоєння поширеного програмного забезпечення з агентного моделювання; опанування вміння практичного застосування мультиагентних систем для розробки інтелектуальних комп'ютерних додатків.

Discipline aim. The purpose of the discipline is to study modern principles, methods and algorithms of building multi-agents systems, as systems for automation and intellectualization of business processes; mastering common agent modeling software; mastering the skills of practical application of multi-agent systems for the development of intelligent computer applications.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

Для успішного вивчення дисципліни «Мультиагентні системи» академічний рівень студента повинен відповідати наступним вимогам:

Знати: математичні моделі та методи дослідження операцій, базові моделі в еколого-економічних системах, основи розробки програмних комплексів на базі сучасних інформаційних технологій.

Знання теоретичних основ: чисельних методів для проведення обчислень, основних понять та методів математичного програмування, чисельних методів розв'язання задач оптимального керування, підходів розкладу задач на складові.

Preliminary demands to master or choice of the course discipline:

To successfully study the discipline "Multi-Agents Systems" the student must meet the following requirements:

Know: mathematical models and methods of operations research, basic models in ecological and economic systems, the basics of developing software complexes based on modern information technologies.

Knowledge of theoretical foundations: numerical methods for performing calculations, basic concepts and methods of mathematical programming, numerical methods of solving optimal control problems, approaches to the breakdown of tasks into components.

3. Анотація навчальної дисципліни: Навчальна дисципліна “ Мультиагентні системи” є складовою циклу професійної підготовки фахівців за *другим* (магістерським) рівнем вищої освіти у галузі знань 12 «Інформаційні технології» зі спеціальності 122 «Комп'ютерні науки», магістерської освітньо-професійної програми «*Математичні методи штучного інтелекту*».

Викладається у 2 семестрі 2 курсу в **обсязі – 90 год.**

(**3 кредитів ECTS**) зокрема: *лекції – 16 год., лабораторні – 12 год., консультації – 2 год., самостійна робота – 60 год.* У курсі передбачено 2 змістових частини. Завершується дисципліна – **заліком.**

Synopsis of the course: The discipline " Multi-Agents Systems" is part of the cycle of professional training for the second (master's) level of higher education in the field of knowledge 12 "Information Technology" in the specialty 122 "Computer Science", master's educational program "Mathematical Methods of Artificial Intelligence".

It is taught in the 2st semester of the 2nd year of master's degree in the amount of **90 hours**.

(**3 ECTS credits**) in particular: lectures - 16 hours, laboratory - 12 hours, consultations - 2 hours, independent work – 60 hours. The course provides 2 parts. The discipline ends with an **test**.

В результаті вивчення навчальної дисципліни студенти повинні:

знати поняття агента, основні властивості агентів, основні підходи, що використовуються при побудові агентів, розробці мультиагентних моделей та систем на базі сучасних інформаційних технологій, алгоритмів штучного інтелекту, теорії прийняття рішень, теорії ігор.

вміти вирішувати задачі, що вимагають побудови агентних моделей та використання методів штучного інтелекту, досліджувати математичні моделі та розробляти алгоритми, які реалізують мультиагентні процеси, обґрунтовувати власний погляд на задачу, зрозуміло подавати власні результати.

As a result of studying the discipline the student must:

know: the concept of an agent, the main properties of agents, the main approaches used in the construction of agents, in the development of multi-agent models and systems based on modern information technologies, artificial intelligence algorithms, decision-making theory, game theory.

be able to: solve tasks that require construction of agent models and use of artificial intelligence methods, research mathematical models and develop algorithms that implement multi-agents processes, justify one's own view on the task, clearly present one's own results.

4. Завдання (навчальні цілі):

набуття знань, умінь та навичок (компетенцій) на рівні сучасних досягнень прикладних системних досліджень соціально–економічних систем і процесів, відповідно до освітньої кваліфікації «Магістр з комп'ютерних наук». Зокрема, розвивати:

ЗК04. Здатність спілкуватися іноземною мовою.

ЗК05. Здатність вчитися й оволодівати сучасними знаннями.

ЗК07. Здатність генерувати нові ідеї (креативність)

СК02. Здатність формалізувати предметну область певного проекту у вигляді відповідної інформаційної моделі.

СК03. Здатність використовувати математичні методи для аналізу формалізованих моделей предметної області.

СК06. Здатність застосовувати існуючі і розробляти нові алгоритми розв'язування задач у галузі комп'ютерних наук.

СК15.2. Здатність використовувати інтелектуальні інформаційні технології машинного навчання.

СК16.2. Здатність до проектування та реалізації систем штучного інтелекту.

Objectives of study:

Acquisition of knowledge, abilities and skills (competencies) at the level of modern achievements of applied systematic research of socio-economic systems and processes, in accordance with the educational qualification "Master of Computer Science". In particular, to develop:

ЗК04. Ability to communicate in a foreign language.

ЗК05. Ability to learn and master modern knowledge.

ЗК07. Ability to generate new ideas (creativity)

СК02. The ability to formalize the subject area of a certain project in the form of an appropriate information model.

СК03. Ability to use mathematical methods to analyze formalized models of the subject area.

СК06. Ability to apply existing and develop new algorithms for solving problems in the field of computer science.

СК15.2. Ability to use intelligent information technologies of machine learning.

СК16.2. Ability to design and implement artificial intelligence systems.

5. Результати навчання за дисципліною:

Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)		Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
РН1.1	<i>Знати основні властивості агента, відмінність агентів від інших програмних парадигм та основні</i>	<i>Лекція, лабораторне заняття, самостійна робота / Lecture, Lab. Work, individual work</i>	<i>Поточне оцінювання, захист лабораторної роботи / Current assessment, defense of Lab. Work</i>	16%

	<p>характеристики агенто-орієнтованих програм</p> <p><i>Know the main properties of an agent, the difference between agents and other programming paradigms, and the main characteristics of agent-oriented programs</i></p>			
PH1.2	<p>Знати поширені технології агентного моделювання</p> <p><i>Know the common technologies of agent modeling</i></p>	<p>Лекція, лабораторне заняття, самостійна робота</p> <p><i>/ Lecture, Lab. Work, individual work</i></p>	<p>Поточне оцінювання, захист лабораторної роботи / Current assessment, defense of Lab. Work</p>	20%
PH1.3	<p>Знати основні підходи до організації комунікації між агентами в багатоагентних системах; моделі та алгоритми штучного інтелекту при обробці даних та формуванні результатів.</p> <p><i>Know the main approaches to organizing communication between agents in multi-agent systems; models and algorithms of artificial intelligence in processing data and forming results</i></p>	<p>Лекція, лабораторне заняття, самостійна робота</p> <p><i>/ Lecture, Lab. Work, individual work</i></p>	<p>Поточне оцінювання, захист лабораторної роботи / Current assessment, defense of Lab. Work</p>	15%
PH2.1	<p>Вміти застосовувати принципи, моделі та методи системного аналізу та штучного інтелекту при розробці та використанні мультиагентних систем.</p> <p><i>Be able to apply the principles, models and methods of systems analysis and artificial intelligence in the development and using of multi-agent systems.</i></p>	<p>Лекція, лабораторне заняття, самостійна робота</p> <p><i>/ Lecture, Lab. Work, individual work</i></p>	<p>Поточне оцінювання, захист лабораторної роботи / Current assessment, defense of Lab. Work</p>	23%
PH3.1	<p>Розробляти власні підходи при розробці мультиагентних систем, обґрунтовувати власний погляд на задачу, зрозуміло подавати власні</p>	<p>Лабораторне заняття, самостійна робота</p> <p><i>/ Lab. Work, individual work</i></p>	<p>Поточне оцінювання, захист лабораторної роботи / Current assessment, defense of Lab. Work</p>	10%

	результати, спілкуватися з колегами з питань агентного моделювання та використання технологій агентного моделювання <i>Develop your own approaches to the development of multi-agent systems, justify your own view of the task, clearly present your own results, communicate with colleagues on issues of agent modeling and the use of agent modeling technologies</i>			
PH4.1	Організовувати свою самостійну роботу для досягнення результату, бути наполегливим щодо поставлених завдань і взятих обов'язків <i>To organize one's individual work to achieve a result, to be persistent in terms of assigned tasks and responsibilities</i>	Лабораторне заняття, самостійна робота <i>/ Lab. Work, individual work</i>	Поточне оцінювання, захист лабораторної роботи <i>/ Current assessment, defense of Lab. Work</i>	8%
PH.4.2	Відповідально ставитися до виконуваних робіт, забезпечувати якість виконуваних робіт <i>Be responsible for the work performed, ensure the quality of the work performed</i>	Лабораторне заняття, самостійна робота <i>/ Lab. Work, individual work</i>	Поточне оцінювання, захист лабораторної роботи <i>/ Current assessment, defense of Lab. Work</i>	8%

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання (необов'язково для вибіркових дисциплін, які не входять до блоків спеціалізації)

Результати навчання дисципліни (код) Програмні результати навчання (з опису освітньої програми)	PH1.1	PH1.2	PH1.3	PH2.1	PH3.1	PH4.1	PH4.2
	ПРН1. Мати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки у сфері комп'ютерних наук і є основою для оригінального мислення та проведення досліджень, критичне осмислення проблем у сфері комп'ютерних наук та на межі галузей знань.	+	+		+	+	+

ПРН2. Мати спеціалізовані уміння/навички розв'язання проблем комп'ютерних наук, необхідні для проведення досліджень та провадження інноваційної діяльності з метою розвитку нових знань та процедур.	+	+		+	+	+	+
ПРН3. Зрозуміло і недвозначно доносити власні знання, висновки та аргументацію у сфері комп'ютерних наук до фахівців і нефахівців, зокрема до осіб, які навчаються			+	+	+	+	+
ПРН4. Управляти робочими процесами у сфері інформаційних технологій, які є складними, непередбачуваними та потребують нових стратегічних підходів			+	+	+	+	+
ПРН7. Розробляти та застосовувати математичні методи для аналізу інформаційних моделей.			+				
ПРН11. Створювати нові алгоритми розв'язування задач у сфері комп'ютерних наук, оцінювати їх ефективність та обмеження на їх застосування	+	+	+	+	+		+
ПРН16. Виконувати дослідження у сфері комп'ютерних наук	+	+	+		+		+
ПРН20. Створювати та досліджувати інформаційні та математичні моделі систем і процесів, що досліджуються, зокрема об'єктів автоматизації.	+	+	+		+		+
ПРН22.2. Володіти методами інтелектуального аналізу даних та штучного інтелекту, що включають методи комп'ютерного зору.	+	+	+		+		+
ПРН23.2. Володіти методами машинного навчання.	+	+	+		+		+

7. Схема формування оцінки / Evaluation scheme.

7.1. Форми оцінювання студентів / Forms of evaluation

Семестрове оцінювання / semester evaluation:

Максимальна кількість балів які можуть бути отримані студентом: **100 балів (points):**

1. Контрольна робота 1 / Control work 1: PH 1.3., PH 2.1 — **20 балів (points) /12 балів (points).**

2. Контрольна робота 2 / Control work 2: PH1.1, PH1.2, PH 2.1 — **20 балів (points) /12 балів (points).**

3. Лабораторна робота 1 / Laboratory Work 1: PH1.3, PH 2.1, PH3.1, PH4.1, PH4.2 – **30 балів (points) /18 балів (points).**

4. Лабораторна робота 2 / Laboratory Work 2: PH1.3, PH 2.1, PH3.1, PH4.1, PH4.2 – **30 балів (points) /18 балів (points).**

- підсумкове оцінювання (залік) / final evaluation (test):

Згідно пп. 4.6.1 та 7.1.5 «Положення про організацію освітнього процесу у Київському національному університеті імені Тараса Шевченка» залік виставляється на підставі поточного контролю (див. семестрове оцінювання) як сума оцінок/балів за всіма успішно оціненими результатами навчання; оцінки нижче від мінімального порогового рівня до підсумкової оцінки не додаються. До заліку допускаються всі студенти.

According to paragraphs 4.6.1 and 7.1.5 "Regulations on the organization of the educational process at the Taras Shevchenko National University of Kyiv" credit is given on the basis of current control (see semester evaluation) as the sum of grades/points for all successfully evaluated learning outcomes; scores below the minimum threshold are not added to the final score. All students are allowed to take the test.

Лабораторні роботи / Laboratory works

Лабораторна робота 1. Побудувати мультиагентну модель за варіантом в AnyLogic.

Laboratory work 1. Build a multi-agent model in AnyLogic.

Лабораторна робота 2. Побудувати мультиагентну модель за варіантом в Net Logo.

Laboratory work 2. Build a multi-agent model in Net Logo.

7.2. Організація оцінювання:

Терміни проведення форм оцінювання / Deadlines for evaluation forms:

1. Контрольна робота 1: після лекції № 5.
2. Контрольна робота 2: після лекції № 8.
3. Лабораторна робота 1: до 7 тижня семестру.
4. Лабораторна робота 2: до 14 тижня семестру.

Студент має право на одне перескладання кожної контрольної роботи із можливістю отримання максимально 80% початково визначених за цю контрольну роботу балів. Термін перескладання визначається викладачем.

Обов'язковим є виконання лабораторних робіт та завдань, винесених на самостійну роботу, контрольних робіт за графіком робочої програми. У разі неякісного виконання лабораторної роботи, викладач має право не зарахувати лабораторну роботу, або знизити за неї бали. Студент має право здавати лабораторні роботи після закінчення визначеного для них терміну, але з втратою 2 балів за кожен тиждень, який пройшов з моменту закінчення терміну її здачі.

The student has the right to one retake of each test with the possibility of obtaining a maximum of 80% of the points originally determined for this test. The deadline for rewriting is determined by the teacher.

It is mandatory to perform laboratory works and tasks set for independent work, control works according to the schedule of the work program. In case of low-quality performance of laboratory work, the teacher has the right not to credit the laboratory work, or to reduce the points for it. A student has the right to submit laboratory works after the deadline set for them, but with the loss of one 2 points for each week that has passed since the deadline for its submission.

7.3. Шкала відповідності оцінок /Rating correspondence scale

Зараховано / Passed	60-100
Не зараховано / Fail	0-59

8. Структура навчальної дисципліни.

Тематичний план лекцій і лабораторних занять

№ лекції	Назва лекції	Кількість годин		
		Лекції	Лабор. зан.	Самост. робота.
Частина 1. Агенти та агентні системи / Part 1. Agents and agent systems				
1.	Тема 1. Поняття агента. Програмний агент. Інтелектуальний агент. Інтерфейсний агент. Internet-агенти (статичні, мобільні). Intranet-агенти. Гетерогенні агенти. Атрибути та властивості агентів. Агентна платформа. Theme 1. The concept of an agent. Software agent. Intelligent agent. Interface agent. Internet agents (static, mobile). Intranet agents. Heterogeneous agents. Attributes and properties of agents. Agent platform.	2	2	6
2.	Тема 2. Мультиагентні системи, їх архітектура. Протоколи взаємодії між ПА. Theme 2. Multiagent systems, their architecture. Protocols of interaction between PAs.	2		8
3.	Тема 3. Інструменти для розробки мультиагентних систем. Theme 3. Tools to support agent modeling.	2	2	8
4.	Тема 4. Прийняття колективних рішень агентами в мультиагентних системах. Theme 4. Collective decision-making by agents in multi-agent systems.	2	2	8
	<i>Контрольна робота 1</i> <i>Tests 1</i>			
	Контроль за підсумками лабораторної роботи 1 Control over the results of laboratory work 1			
	Всього по частині 1 Total 1	8	6	30
Частина 2. Моделювання мультиагентних систем / Part 2. Modeling of multi-agent systems				
5.	Тема 5. Розподілена оптимізація в агентному моделюванні. Асинхронне динамічне програмування. Theme 5. Distributed optimization in agent modeling. Asynchronous dynamic programming.	2	2	8
6.	Тема 6. Навчання в реальному часі. Переговори, аукціони та оптимізація. Конкурентна рівновага, узагальнена форма. Theme 6. Learning in real time. Negotiations, auctions and optimization. Competitive equilibrium, generalized form.	2	2	8
7.	Тема 7. Задоволення розподілених обмежень. Евристичні пошукові алгоритми. Алгоритми скорочення домену. Theme 7. Distributed constraint satisfaction. Heuristic search algorithms. Domain reduction algorithms.	2		8
8.	Тема 8. Алгоритм асинхронного зворотного відстеження. Приклади. Theme 8. Algorithm of asynchronous backtracking. Examples.	2	2	6
	Контроль за підсумками лабораторної роботи 2.			

	<i>Контрольна робота 2</i> Control over the results of laboratory works 2 <i>Tests 1</i>			
	Всього по частині 2 Total 2	8	6	30
	Консультація / Consultation		2	
	ВСЬОГО / Total	16	12	60

Загальний обсяг / Total – **90 год.**, в тому числі:

Лекцій / Lectures – **16 год.**

Лабораторних / Laboratory – **12 год.**

Консультацій / Consultations – **2 год.**

Самостійна робота / Individual work – **60 год.**

9. Рекомендовані джерела / References:

Основні / Main:

1. Плєскач В.Л., Рогущина Ю.В. Агентні технології: Монографія. – К.: Київ. нац. торг.– екон. ун-т, 2005. – 344 с.
2. Yoav Shoham, Kevin Leyton-Brown. MULTIAGENT SYSTEMS. Algorithmic, Game-Theoretic and Logical Foundations. – Cambridge University Press, 2010. – 532 p.
3. Касілов О.В. Мультиагентні системи та технології в ігрових додатках: довідник модуля. – Х.: «Друкарня Мадрид», 2018. – 82 с.
4. Wilensky U. The NetLogo 6.4.0 User Manual. – Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling. – 2023, 407 с.

Додаткові / Additional:

5. Serman John D. Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world. – McGraw-Hill Higher Education. – 1008 p.
6. Методичні вказівки для студентів спеціальності 122 «Комп'ютерні науки». Методи конструювання об'єктів в комп'ютерних системах. Частина IV / укл. І. Ю. Адашевська. – Х.: НТУ «ХП», 2019. – 56 с.

10. Додаткові ресурси / Additional resources:

1. Плєскач В.Л., Затонацька Т.Г. Інформаційні системи і технології на підприємствах.- К., 2011. – 718 с. Ел. ресур. Режим доступу: https://pidru4niki.com/1055120847775/informatika/intelektualni_sistemi_analizu_zvitnosti_pi_dpriyemstvah_prikladi_vikoristannya.
2. Плєскач В.Л., Рогущина Ю.В. Агентні технології: Монографія. – К.: Київ. нац. торг.– екон. ун-т, 2005. – 344 с. Ел. ресур. Режим доступу: <https://core.ac.uk/download/pdf/38468943.pdf>.
3. Wilensky U. The NetLogo 6.4.0 User Manual. – 2023. Ел. ресур. Режим доступу: <https://ccl.northwestern.edu/netlogo/docs/>.