



МУЛЬТИАГЕНТНІ СИСТЕМИ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Галузь знань	12 Інформаційні технології
Спеціальність	122 Комп'ютерні науки
Освітня програма	Комп'ютерні науки
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	Дистанційна/очна
Рік підготовки, семестр	1 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	4 кредити ECTS (120 годин): лекції - 36 годин, лабораторні роботи - 18 годин, самостійна робота - 66 годин
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік/модульна контрольна робота
Розклад занять	За планом занять: одна лекція на тиждень і одна лабораторна робота на два тижні
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.т.н., проф. , Рогоза Валерій Станіславович, rosvetnik@gamil.com , Лабораторні: асистент Яременко Вадим Сергійович, yaremenko.v.s@gmail.com
Розміщення курсу	<i>Лекції:</i> конспекти лекцій в системі <i>PowerPoint</i> розміщені на Google-диску (адреси вказані в списку лекційних тем в розд.3) та в системі Moodle платформи дистанційного навчання Сікорський. <i>Методичні матеріали до лабораторних робіт</i> : записані в <i>Google classroom</i> , адреси яких повідомляються студентам на першому лабораторному занятті.

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Організація обчислювальних процесів та розподіл завдань між агентами в багатоагентних системах здійснюється або на підставі розподілення загальної задачі на частини і здійснення управління взаємодією агентів з єдиного центру (керуючого агента), або на підставі спонтанної децентралізації обчислювальних процесів, яка передбачає незалежність знаходження розв'язань глобальної задачі кожним окремим агентом системи. Вибір першої або другої моделі обчислень залежить від змісту та складності задачі, що підлягає розв'язанню.

В останні роки спостерігається підвищення ментальної (інтелектуальної) складової в розвитку мультиагентних систем. Це спонукає дослідників шукати математичні способи формального опису довколишнього світу та виразні мовні засоби їх представлення в комп'ютерному середовищі. Наприклад, перспективним напрямком досліджень є розвиток моделей агентів з використанням

методів та мов, які застосовуються в семантичних ВЕБ-мережах, та здатних до збирання даних в певних галузях і виявлення з цих даних нових знань, а також методів машинного навчання.

Важливою математичною та програмною складовою мультиагентних систем є створення методів, алгоритмів та механізмів, які розвивають здатність агентів до колективної поведінки і колективного використання знань багатьох агентів (на відміну від цього, ця задача не є типовою в проблематиці штучного інтелекту).

Розвиток галузі мультиагентних систем, в особливості розробки програмних застосунків, вимагає залучення знань та технологій з різних напрямків інформаційних технологій, які звичайно є поза увагою фахівців з штучного інтелекту. Передусім це стосується паралельних обчислень, технологій відкритих розподілених систем, забезпечення безпеки, відносної автономності та мобільності агентів.

Таким чином, інтеграція дій агентів як складників мультиагентних систем привносить низку принципово нових властивостей цих систем, піднімає на більш високий рівень технології комп'ютерних обчислень та моделювання складних об'єктів та процесів. Це дає підставу до прогнозування розвитку цього напрямку як одного з ведучих на найближче десятиріччя і є обґрунтуванням доцільності та актуальності вивчення даного предмету на рівні магістерської підготовки зі спеціальності «122 Комп'ютерні науки».

Метою викладання даної дисципліни є оволодіння студентами аналітичних методів розв'язання інженерних, економічних, соціальних та наукових задач, які вимагають колективного розв'язання в багатьох вузлах системи, наділених елементами штучного інтелекту та відносною автономністю. Для створення побудови та успішного використання таких систем дослідники мають оволодіти знаннями та навичками:

- до аналізу характеристик задач, які планується вирішувати з використанням мультиагентної системи, усвідомлення стратегій вирішення згаданих задач, вибору оптимальних методів розв'язання задач в рамках мультиагентної системи, та побудови архітектури мультиагентної системи з врахуванням специфіки задачі, що вирішуються;
- до побудови програмного забезпечення, вдосконалення та використання готового програмного забезпечення, програмних модулів та бібліотек;
- правильної оцінки обмежень застосованих методів та алгоритмів;
- інтерпретації отриманих системою результатів обчислень.

Рівень компетентності студентів визначається тим, наскільки ефективно вони здатні використовувати набуті теоретичні знання та вміння до розв'язання описаних вище задач в своїй практичній діяльності.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Навчальна дисципліна відноситься до циклу вибіркового освітніх компонентів .

Пререквізити дисципліни. Вивчення дисципліни потребує наявності у студентів знань із загальнотеоретичних та загально-інженерних дисциплін, а також дисциплін спеціалізації, зокрема: 1. Алгоритми та структури даних, 2. Алгоритмізація програмування, 3. Об'єктно-орієнтоване програмування, 4. Системи баз даних, 5. Вступ до інтелектуального аналізу даних, 6. Методи та системи штучного інтелекту, 7. Обробка надвеликих масивів даних,

Постреквізити дисципліни. Знання, отримані при вивченні дисципліни «Мультиагентні системи» можуть бути корисними при засвоєнні наступних дисциплін: 1. Методи та технології обчислювального інтелекту, 2. Ризик-орієнтована інформаційна безпека розподілених комп'ютерних систем, а також при виконанні наукової роботи за темою магістерської дисертації.

Вивчення дисципліни вносить суттєвий вклад в оволодіння наступними загальними та фаховими компетенціями:

- Здатність вчитися й оволодівати сучасними знаннями (ЗК 5).
- Здатність збирати і аналізувати дані (включно з великими), для забезпечення якості прийняття проєктних рішень (ФК 4).
- Здатність розробляти і реалізовувати проєкти зі створення програмного забезпечення, у тому числі в непередбачуваних умовах, за нечітких вимог та необхідності застосовувати нові стратегічні підходи, використовувати програмні інструменти для організації командної роботи над проєктом (ФК 8).
- Здатність вибирати адекватні методи і технології обчислювального інтелекту та машинного навчання, включаючи методи глибокого навчання, еволюційного моделювання, генетичні алгоритми, та використовувати їх для вирішення задач прогнозування, керування, прийняття рішень, класифікації та інтелектуального аналізу даних в умовах невизначеності та неповної інформації (ФК 17).

Після засвоєння кредитного модуля студенти мають продемонструвати такі результати навчання:

знання :

- * архітектур мультиагентних систем;
- * методів, алгоритмів та програм, які використовуються в мультиагентних системах різного призначення;
- * суміжних дисциплін, які потрібні для ефективної побудови та використання мультиагентних систем, передусім такі, як об'єктно-орієнтовані мови програмування, методи та мови машинного навчання, методи штучного інтелекту, теорія баз даних та баз знань;

уміння:

- * працювати в середовищі розподілених мультиагентних систем, працювати як мінімум на одній платформі для створення мультиагентної системи (напр., на платформі JADE);
- * аналізувати особливості та характеристики класів задач, які підлягають розв'язанню засобами мультиагентної системи;
- * будувати алгоритми до розв'язання задач засобами мультиагентних систем, втілювати нові математичні методи в створювані мультиагентні системи;

досвід:

- * побудови та використання алгоритмів та їх програмної реалізації, призначених до розв'язання задач в мультиагентному середовищі;
- * правильної класифікації задач, які підлягають вирішенню;
- * правильної інтерпретації отриманих мультиагентною системою даних обчислень.

Згідно з освітньою програмою, програмними результатами навчання (ПРН) є:

- Мати спеціалізовані уміння/навички розв'язання проблем комп'ютерних наук, необхідні для проведення досліджень та/або провадження інноваційної діяльності з метою розвитку нових знань та процедур (ПРН 2).
- Управляти робочими процесами у сфері інформаційних технологій, які є складними, непередбачуваними та потребують нових стратегічних підходів (ПРН 4).
- Розробляти алгоритмічне та програмне забезпечення для аналізу даних (включно з великими) (ПРН 9).
- Збирати, формалізувати, систематизувати і аналізувати потреби та вимоги до інформаційної або комп'ютерної системи, що розробляється, експлуатується чи супроводжується (ПРН 18).
- Працювати в розподілених інтелектуальних обчислювальних середовищах, використовуючи сервіс-орієнтовані обчислення і архітектури, адаптувати обчислювальні задачі під умови сервіс-орієнтованого підходу для їх ефективного виконання в розподілених середовищах, здійснювати пошук сервісів в репозитаріях, їх оркестрування, хореографію і композицію, формулювати вимоги до роботи хмарної системи та її інтеграції в інформаційні системи (ПРН 24).

3. Зміст навчальної дисципліни

Структура кредитного модуля

Всього		Розподіл навчального часу за видами занять*				Семестровий контроль
кредитів ECTS	годин	Лекції за НП	практичні/ семінарські заняття	лабораторні роботи	CPC	
4.0	120	36	-	18	66	Залік

Назви розділів і тем	Кількість годин				
	Всього	у тому числі			
		Лекції	Практичні (семінарські)	Лабораторні	CPC

1	2	3	4	5	6
Розділ 1. Принципи побудови мультиагентних систем					
Тема 1. Парадигма мультиагентних систем https://drive.google.com/drive/folders/1B-15p1uoCgTGjFNKLVn6fLHJlp0T-LjB?usp=share_link https://drive.google.com/drive/folders/1HAXk7hkyjZbzLCIHDWg_cxOwyXLkTgPX?usp=share_link	9	2		3	4
Разом за розділом 1	9	2		3	4
Розділ 2. Взаємодія агентів в мультиагентних середовищах					
Тема 2. Агентна платформа JADE https://drive.google.com/drive/folders/122-2kxo5V-ciYYTNnntMgDm6HhHBDi3?usp=share_link	12	2		4	6
Тема 3. Теорія фреймів https://docs.google.com/presentation/d/1UF1yOTW-tdUrnnoFhhV32UUZOcbkQOEz/edit?usp=share_link&ouid=111376673486030597944&rtpof=true&sd=true	5	2			3
Тема 4. Онтології та мови онтологій	5	2			3

1	2	3	4	5	6
https://docs.google.com/presentation/d/1Jr5R-Er-v4StEJNzT8Z1plzHcFFJ8vMO/edit?usp=share_link&oid=111376673486030597944&rtpof=true&sd=true					
Тема 5. Теорія актів мови та мови обміну знаннями між агентами https://docs.google.com/presentation/d/1ssvh0u4oVMtvq1DYxqVV-LjNetnP78NW/edit?usp=share_link&oid=111376673486030597944&rtpof=true&sd=true	5	2			3
Тема 6. Середовища агентів https://docs.google.com/presentation/d/1rJ41p4PEz6IU7sr7fAFArmESIm59MkW/edit?usp=share_link&oid=111376673486030597944&rtpof=true&sd=true	5	2			3
Тема 7. Парадигма мультиагентного проектування і особливості її реалізації в системах розподілених та багатопоточних обчислень https://docs.google.com/presentation/d/14-IX2itJo_uDqw3uhgGwnQxVEdGklxd3/edit?usp=share_link&oid=111376673486030597944&rtpof=true&sd=true	5	2			3
Разом за розділом 2	37	12		4	21
Розділ 3. Моделі та технології формування поведінки агентів на підставі індивідуальних та колективних рішень					
Тема 8. Стратегії взаємодії агентів в мультиагентному середовищі для досягнення взаємнокорисних результатів https://docs.google.com/presentation/d/1YsIDP3Rmt3Me7Mm-vMg8Jg0zoYRCpubr/edit?usp=share_link&oid=111376673486030597944&rtpof=true&sd=true	8	2		3	3

1	2	3	4	5	6
Тема 9. Методики колективного прийняття рішень в мультиагентних системах	5	2			3
Тема 10. Моделі колективних дій агентів в мультиагентному середовищі, побудовані на підставі колективних рішень https://docs.google.com/presentation/d/1o2l4Gqkni3YZCpMqUP27NoDYGpv09VMs/edit?usp=share_link&oid=111376673486030597944&rtpof=true&sd=true	5	2			3
Тема 11. Створення коаліцій агентів https://docs.google.com/presentation/d/1BkkpsAgkHTxalw-vKZss25yK3FVTaTZ/edit?usp=share_link&oid=111376673486030597944&rtpof=true&sd=true	5	2			3
Разом за розділом 3	23	8		3	12
Розділ 4. Математичні методи та алгоритми самоорганізованого навчання мультиагентних систем					
Тема 12. Редукція даних методом головних компонентів (частина перша)	6	2			4
Тема 13. Редукція даних методом головних компонентів (частина друга)	7	2			5
Тема 14. Навчання мультиагентних системи на принципах карт самоорганізації	7	2			5
Тема 15. Моделі самоорганізації мультиагентних моделей, побудовані на основі теорії інформації (частина перша)	10	2		4	4
Тема 16. Моделі самоорганізації мультиагентних моделей, побудовані на основі теорії інформації (частина друга)	7	2			5
Разом за розділом 4	37	10		4	23

1	2	3	4	5	6
Розділ 5. Шляхи розвитку теорії мультиагентних систем та її зв'язок з іншими сучасними інформаційними технологіями					
Тема 17. Розвиток парадигми мультиагентних систем в рамках технологій ВЕБ-мереж https://docs.google.com/presentation/d/16j6E5pTttPBAXD4jfwyIJSI-4vWCX5EB/edit?usp=share_link&ouid=111376673486030597944&rtpof=true&sd=true	9	2		4	3
Тема 18. Застосування методів інженерії знань в побудові інтелектуальних мультиагентних систем https://docs.google.com/presentation/d/1DckacsEueZxaM_i8vR3-jnQHgk39Jnh6/edit?usp=share_link&ouid=111376673486030597944&rtpof=true&sd=true	5	2			3
Разом за розділом 5	14	4		4	6
<i>Залік</i>					
Всього годин	120	36		18	66

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. В.С. Рогоза, *Конспект лекцій з дисципліни «Мультиагентні системи»*. – Google classroom, КПІ, Київ, 2022-23.
2. В.С. Рогоза, Г.В. Іщенко. *Інтелектуальні платформи розподілених інформаційних середовищ*. – Київ: НТУУ «КПІ», 2009. - 358 с.
3. І.О. Письменний, В.С. Рогоза, В.С. Яременко. *Мультиагентні системи: платформи JADE та Anylogic. Лабораторний практикум*. – Навчальний посібник, Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського як навчальний посібник для здобувачів ступеня магістра за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки, Електронне мережеве навчання, 2023, 62 стор.

Допоміжна:

4. Michael Wooldridge. *An Introduction to MultiAgent Systems*. –WILEY, 2009. - 424 p.
5. Рассел С., Норвіг П. *Искусственный интеллект. Современный подход*. – М.,С-П, К.: «Вильямс», 2006. – 1408 с.

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекції та лабораторні заняття провадяться за днями і годинами відповідно до встановленого розкладу занять. Нижче наводиться деталізований план лекцій, а також та цілі та теми циклу лабораторних занять.

Деталізований план лекцій

Тема 1. Парадигма мультиагентних систем

Зміст теми 1

- Термінологія
- Особливості інтелектуальних багатоагентних систем
- Подібності та відмінності між мультиагентними системами та іншими типами інтелектуальних інформаційних систем
- Приклади інтелектуальних спеціалізованих багатоагентних систем
- Класифікація мов спілкування між агентами
- Процедурні мови (Java, AgentTcl и TeleScript)
- Декларативні мови KQML та FIPA ACL
- Інформаційні мови (XML, RDF)
- Приклади багатоагентних платформ:
 - платформі JADE
 - платформа NetLogo
 - платформа з окремими модулями до створення мультиагентних систем

Тема 2. Агентна платформа JADE

Зміст теми 2

- Загальний опис платформи JADE
- Архітектура та функціональні компоненти платформи JADE
- Структури компонент-поєднувач
- Модульні структури
- Структури поведінки

Тема 3. Теорія фреймів

Зміст теми 3

- Дані як базові «цеглини» інформаційних систем, інформація як узагальнення даних, і фрейми як узагальнення знань
- Принципи, покладені в основу фреймів
- Використання фреймів для створення баз знань
- Фрейми: прототипні та індивідуальні
- Принципи опису реального світу за допомогою онтологій, які спираються на фреймах
- Порівняння підходів до моделювання світу в термінах парадигми фреймів (*frame-based approach, FBA*) та об'єктного проектування (*object-oriented approach, OOA*)

Тема 4. Онтології та мови онтологій

Зміст теми 4

- Основи онтологій, компоненти онтологій
- Принципи створення бази знань на основі онтологій
- Класифікація онтологій Lassi'а і McGuinness'а
- Мови онтологій: XML і OWL
- Методики логічного висновку при використанні мови OWL
- Призначення та принципи побудови мови обміну знаннями KIF (Knowledge Interchange Format)
- Стандарт гнучкої інфраструктури управління метаданими RDF (Resource Description Framework)
- Основні етапи створення онтологій згідно з технологією Noy'а і McGuinness'а

Тема 5. Теорія актів мови та мови обміну знаннями між агентами

Зміст теми 5

- Акти тови
- Теорія актів мови Austin'а
- Теорія актів мови Searle'а
- Теорія актів мови, яка побудована на планах
- Акти мови як раціональні акції
- Мови комунікації агентів
- Мови KQML і KIF
- Мова комунікації агентів FIPA ACL

Тема 6. Середовища агентів

Зміст теми 6

- Типи середовищ, в яких функціонують мультиагентні системи: *спостережувані та частково спостережувані, детерміністичні та недетерміністичні (стохастичні), епізодичні та неепізодичні, статичні та динамічні, дискретні та безперервні*
- Абстрактна архітектура агентів
- Опис станів та перетворювань в структурі мультиагентної системи
- Реактивні агенти, перцепційні системи, узагальнююча структурна модель агента, який має стани
- Завдання для агентів, функції застосованості, які визначають стани агентів, та функції застосованості, які оцінюють перетворення, очікувана застосованість і оптимальні агенти.
- Середовища, які реалізують завдання: визначення, способи перетворення завдань, функція імовірності успішного виконання завдання, формальний опис задачі синтезу агентів.

Тема 7. Парадигма мультиагентного проектування і особливості її реалізації в системах розподілених та багатопоточних обчислень

Зміст теми 7

- Перетворення початкового коду в середовищі Visual Studio.NET: Багатозадачність (*Multitasking*) та багатопоточність (ang., *Multithreading*) в середовищі .NET
- Моделі багатозадачності та багато поточності
- Критичні операції та синхронізація процесів та потоків
- Проблеми подолання: взаємної блокади потоків (клінч) (deadlock), замикання на себе (livelock) та голод (starvation)
- Підтримка багатозадачності та багатопотоковості в ОС UNIX: інструкція `int fork()`
- Програмні засоби організації багатопотокових обчислень в середовищі мови C#

Тема 8. Стратегії взаємодії агентів в мультиагентному середовищі для досягнення взаємнокорисних результатів

Зміст теми 8

- Походження проблеми колективних взаємодій агентів в різних галузях діяльності суспільства
- Функція винагород та преференції
- Раціональні агенти, раціональні дії агентів
- Стратегії оптимальних рішень
 - Домінантна стратегія
 - Стратегія рівноваги Неша,
 - Стратегія оптимальна по Парето,
 - Стратегії, які максималізують соціальний добробут
- Приклади різних стратегій

Тема 9. Методики колективного прийняття рішень в мультиагентних системах

Зміст теми 9

- Функції соціального добробуту та функції соціального вибору
- Процедури голосування, парадокс тактичного голосування, парадокс Кондорсе
- Послідовні мажоритарні вибори
- Процедури голосування, правило Борда, правило Слейтера
- Оцінка ефективності голосування на підставі врахуванням оцінки по Парето
- Теорема Ерроу і теорема Гіббарда – Сатттервейта та їх використання під час вибору оптимальної стратегії соціального вибору

Тема 10. Моделі колективних дій агентів в мультиагентному середовищі, побудовані на підставі колективних рішень

Зміст теми 10

- Кооперативні (коаліційні) ігри
- Вирішення оптимізаційної задачі в коаліції
- Принципи розподілу нагород, ядро коаліційної гри
- Неприйнятні результати дій в коаліції
- Вектор Шеплі та його використання в оцінці оптимальності колективних дій
- Принцип оптимальності розподілу виграшу між гравцями, який спирається на оцінці величини Шеплі та індексу Бензхафа
- Приклади ігор

Тема 11. Створення коаліцій агентів

Зміст теми 11

- Колективні рішення
- Типи загальних моделей
- Беггінг
- Бустінг
- Альтернативні моделі для створення комплексних моделей
 - Адитивна регресія
 - Логістична адитивна регресія
 - Дерева вибору
 - Стекінг та мета-навчання

Тема 12. Редукція даних методом головних компонентів (частина перша)

Зміст теми 12

- Аналіз ознак даних на основі самоорганізації
- Представлення даних в структурі головних компонентів
- Скорочення розмірності масивів даних
- Фільтр Хебба виділення максимальних власних значень
- Властивості фільтра Хебба

Тема 13. Редукція даних методом головних компонентів (частина друга)

Зміст теми 13

- Аналіз головних компонентів даних на основі фільтра Хебба
- Адаптивний аналіз головних компонентів з використанням латерального гальмування
- Два класи алгоритмів аналізу головних компонентів
- Аналіз головних компонентів на основі ядра

Тема 14. Навчання мультиагентних системи на принципах карт самоорганізації

Зміст теми 14

- Карти самоорганізації
- Алгоритм SOM
- Властивості карти ознак
- Комп'ютерне моделювання: адаптивна класифікація
- Ієрархічна квантизація векторів
- Контексті карти

Тема 15. Моделі самоорганізації мультиагентних моделей, побудовані на основі теорії інформації (частина перша)

Зміст теми 15

- Ентропія та принцип максимуму ентропії
- Взаємна інформація
- Дивергенція Кулбека-Лейблера
- Принцип Infomax та зменшення надмірності

Тема 16. Моделі самоорганізації мультиагентних моделей, побудовані на основі теорії інформації (частина друга)

Зміст теми 16

- Ознаки, які пов'язані просторово
- Аналіз незалежних компонентів
- Комп'ютерне моделювання
- Критерій статистичної незалежності
- Оцінка максимальної правдоподібності
- Метод максимальної ентропії

Тема 17. Розвиток парадигми мультиагентних систем в рамках технологій ВЕБ-мереж

Зміст теми 17

- Моделювання на рівні знань в мультиагентних технологіях
- Управління знаннями (Knowledge Management, KM)
- Набуття знань (Knowledge Acquisition)
- Представлення знань і логічні висновки (Knowledge Representation and Reasoning)
- Пошук знань (Knowledge Retrieval)
- Маркування (тегування) знань (Knowledge Tagging)
- Інженерія інтелектуальних методів аналізу та перетворення знань (Intelligent Methods Engineering)
- Системи на основі знань та експертні системи
- Ідеї Ньюелла, внесок Clancey і онтології Т.Р. Грубера
- Завдання та методи вирішення проблем
 - Приклади методів вирішення проблем
 - Поняття «ролі знань»
 - Мови специфікації знань

Тема 18. Застосування методів інженерії знань в побудові інтелектуальних мультиагентних систем

Зміст теми 18

- Історія народження інженерії знань
- Наука про дані: сфера інженерії програмного забезпечення та особливо інженерії знань
- Використання звичайного апаратного та програмного забезпечення
- Проблемно-інваріантне програмне забезпечення
- Проблеми глибокого машинного навчання
- Проблеми прогнозування часових рядів
- Проблемно-орієнтоване програмне забезпечення
- Декомпозиція і редукція математичних моделей складних об'єктів
- Місце мультиагентних систем в інженерії знань

Цілі та теми циклу лабораторних занять

Основними цілями виконання лабораторних робіт, які реалізовані в завданнях циклу лабораторних занять з даного предмету, є:

- набуття студентами навичок практичної роботи з сучасними програмно-апаратними платформами мультиагентних систем,

- набуття досвіду використання теоретичних знань з питань, які вивчаються в даному предметі, для розв'язання практичних завдань в мультиагентному середовищі,
- вміння правильної оцінки отриманих результатів досліджень.

	Назва лабораторної роботи	Цілі роботи
1	Базові навички роботи з фреймворком JADE	<ul style="list-style-type: none"> ● Ознайомитися з основними компонентами мультиагентної моделі побудованої на базі фреймворку JADE. ● Отримати досвід їх застосування
2	Побудова та застосування простої агентної моделі ринку (JADE)	<ul style="list-style-type: none"> ● Отримати розуміння цінності використання мультиагентного моделювання для вирішення бізнес-задач ● Навчитися будувати спрощені моделі ринкових ситуацій
3	Побудова простої агентної моделі ринку (Anylogic)	<ul style="list-style-type: none"> ● Опанувати навички роботи з середовищем агентного моделювання AnyLogic
4	Проведення оптимізаційного експерименту для пошуку оптимальних поведінкових стратегій	<ul style="list-style-type: none"> ● Дослідити можливість пошуку оптимальних стратегій поведінки за допомогою MAC ● Навчитися проводити оптимізаційні експерименти в середовищі Anylogic та будувати деталізовані звіти за їх результатами.
5	Проведення комплексного імітаційного моделювання та аналіз його результатів	<ul style="list-style-type: none"> ● Застосування навичок отриманих під час вивчення курсу для скорочення кількості управлінських помилок шляхом побудови складних імітаційних моделей та їх подальшої оптимізації.

Зауваження. Кожна тема може мати різні варіанти досліджень, які індивідуально підбираються викладачем.

6. Самостійна робота студента (СРС), домашня модульна контрольна робота (МКР)

Для виконання студентами самостійної роботи заплановано 66 годин. Заплановані наступні види СРС:

- 1) вивчення студентами матеріалів лекцій, дослідження відповідної базової та додаткової літератури (по 0.5години на вивчення лекційного матеріалу та по 1.5 години на літературу до кожної теми лекції, разом 36 годин),
- 2) підготовка студентів до виконання лабораторних занять та оформлення результатів виконаних лабораторних досліджень (по 2 годині на кожну лабораторну роботу, разом 10 годин),
- 3) індивідуальні дослідження з тем МКР, запропонованих викладачем, які закінчуються письмовим звітом в формі наукового реферату (5 годин на дослідження та 5 годин на оформлення реферату- разом 10 годин);
- 4) підготовка до складання теоретичного заліку з дисципліни по завершенню учбового семестру (10 годин).

Основними методами навчання є такі, в яких передбачені стратегії активного навчання, а саме:

1) дослідницького методу (студенти виконують дослідження з запропонованих індивідуальних тем);

2) методу проблемного навчання (деякі лекції або їх частини мають переважно проблемний характер, в яких звертається увага на альтернативні варіанти розв'язання конкретних задач та ще не вирішені задачі;

3) особистісно-орієнтований методу, який спирається на виборі студентом конкретної теми для дослідницької роботи, формулюванні проблем та аналізу пропозицій зі сторони студентів про можливі підходи до розв'язання поставленої в темі МКР задачі за допомогою існуючих програмних та апаратних засобів та аналізу ситуацій, в яких ці засоби дають максимальний ефект.

Нижче наведені теми домашньої модульної контрольної роботи (МКР), яка виконується як самостійні наукові дослідження за темою, запропованою викладачем та обраною студентом.

Студент має вибрати та узгодити з викладачем одну з запропонованих тем МКР для досліджень, виконати інформаційний пошук по цій темі, провести аналіз особливостей розв'язання задач по цій темі, та вибрати або модифікувати конкретний алгоритм та/або метод, та/або програмну реалізацію вибраного алгоритму та зробити аргументовані висновки щодо особливостей використання проаналізованих методів та алгоритмів, і підготувати звіт на 10 – 15 сторінок в форматі WORD, в якому представити результати виконаних досліджень. Звіт має бути отриманий викладачем в заплановані терміни для перевірки. Викладач виставляє оцінку за виконану МКР по 40-бальній шкалі і повідомляє студенту про цю оцінку напередодні призначеної дати диференційного заліку за дисципліну.

Теми домашньої модульної контрольної роботи (МКР)

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання та пропонована література до її вивчення	Обсяг часу на дослідження по запропонованій темі складає 10 годин
1	Тема 1. Адаптивні та гібридні інтелектуальні системи: загальні властивості інтелектуальних систем, моделі інтелектуальних об'єктів та систем	10
2	Тема 2. Гібридні інтелектуальні системи: визначення, особливості алгоритмічної та структурної організації, класифікація	10
3	Тема 3. Приклади моделей систем розподіленого штучного інтелекту	10
4	Тема 4. Комбіновані мультиагентні платформи: модель програмних агентів обчислювальної мережі Грід (АОГ) на підставі платформи CORBA	10
5	Тема 5. Модель інтелектуальної комбінованої платформи агентів Грід з використанням онтологій	10
6	Тема 6. Модель нечіткої лінгвістичної мультиагентної системи, побудованої з використанням Web-мережі та профілів користувачів	10
7	Тема 7. Зв'язок та відмінності концепцій штучного інтелекту та мультиагентних систем	10
8	Тема 8. Типи агентів і мультиагентних систем, та області їх застосування	10
9	Тема 9. Стратегії інформаційного пошуку та дослідження простору станів	10
10	Тема 10. Алгоритми локального пошуку та задачі оптимізації	10

11	Тема 11. Пошук в умовах протидії, гри агентів в умовах взаємодії та протидії	10
12	Тема 12. Агенти, які спираються на знання, логічні висновки на підставі пропозиційної логіки, агенти, які працюють на підставі пропозиційної логіки	10
13	Тема 13. Логіка першого порядку та її використання в інженерії знань	10
14	Тема 14. Порівняння методів логічного висновку в пропозиційній логіці та логіці першого порядку	10
15	Тема 15. Зворотний логічний висновок та резолюція	10
16	Тема 16. Використання онтологій в мультиагентних системах	10
17	Тема 17. Побудова та використання реактивних агентів в мультиагентних системах	10
18	Тема 18. Побудова та використання гібридних агентів в мультиагентних системах	10
19	Тема 19. Агенти для управління документообігом і бізнес-процесами	10
20	Тема 20. Агенти для управління роботами	10
21	Тема 21. Агенти для електронної комерції	10
22	Тема 22. Агенти для організації зв'язку (інтерфейсу) між комп'ютером та людиною	10
23	Тема 23. Агенти для віртуальних середовищ	10
24	Тема 24. Агенти для моделювання соціальних процесів	10
25	Тема 25. Формальна логіка, яка використовується для інтерпретації знань та переконань в мультиагентних системах	10
26	Тема 26. Формальна логіка, яка використовується для кооперації дій агентів в мультиагентних системах	10
27	Тема 27. Приклади задач, для розв'язання яких доцільно застосовувати метод головних компонентів	10
28	Тема 28. Адаптивна класифікація множин даних з використанням карт самоорганізації	10
29	Тема 29. Дослідження принципу максимуму взаємної інформації (Infomax) з точки зору придатності для створення самоорганізуючих моделей і карт ознак, приклади задачі, в яких застосування цього принципу є ефективним	10
30	Тема 30. Принципи та приклади агентного моделювання	10
31	Тема 31. Програмні агенти, мови створення агентів	10
32	Тема 32. Властивості мультиагентних систем як складних систем	10
33	Тема 33. Застосування мультиагентних систем в комп'ютерних іграх	10
34	Тема 34. Прийняття багатокритеріальних рішень управління об'єктами в мультиагентних системах	10
35	Тема 35. Методи машинного навчання, які використовуються в технологіях інтелектуальних мультиагентних систем	10
36	Тема 36. Методи інформаційного пошуку, яка використовуються в пошукових мультиагентних системах	10
37	Тема 37. Принципи організації взаємодії агентів в мультиагентних системах в умовах невизначених знань та логічні висновки в умовах невизначеності	10

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

- Кожен студент має виконувати лабораторні заняття та захищати їх на часі, а також на часі проводити самостійні наукові дослідження з теми СРС та звітувати про їх виконання у письмовій формі (звіт виконання досліджень з СРС зараховується як домашня модульна контрольна робота МКР).
- Студенти мають проявляти активність на заняттях, відповідаючи на запитання викладачів по темах даної дисципліни, а також використовувати джерела Інтернету для пошуку додаткових відомостей за темами самостійної роботи та лабораторного практикуму.
- Якщо студент на часі захищає лабораторні роботи та на часі представляє звіт з домашньої модульної контрольної роботи (МКР), проявляючи глибокі знання та креативність, то отримує заохочувальні бали (максимально до +10 балів).
- Якщо захист лабораторних робіт та підготовка реферату з МКР здійснюються із запізненнями та/або виконані неякісно, то до студента можуть бути застосовані штрафні санкції (знімається максимально до 10 балів).
- Якщо здача лабораторних робіт та реферату з МКР виконуються із запізненнями з поважних причин, то допускається індивідуальне призначення дедлайну (кінцевого строку захисту лабораторних робіт та представлення реферату з СРС) в дні та години, які узгоджені з викладачами, але не пізніше ніж за тиждень до кінцевої дати здачі заліку з даної дисципліни.
- Студент допускається до здачі заліку з дисципліни після того, як захистить всі лабораторні роботи та отримає позитивну оцінку з реферату з МКР.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Семестровий поточний контроль виконується для наступних форм навчання з даної дисципліни:

1. Виконання та захист лабораторних робіт.
2. Виконання наукових досліджень з тематики семестрового індивідуального завдання, яка запропонована викладачами для кожного студента як форма виконання домашньої модульної контрольної роботи (МКР).

Під час виставлення оцінок за вказані вище форми навчання приймаються до уваги наступні критерії:

- * своєчасність та якість захистів лабораторних робіт;
- * повнота розкриття теми та креативність, проявлені під час виконання МКР, та якість письмового реферату.

Поточні індивідуальні рейтинги періодично оновлюються на протязі семестру, розміщуються в електронному кампусі НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського» в формі атестації студентів і є доступними для студентів. Умовою позитивної атестації є значення поточного рейтингу студента не менше, ніж 60% від максимально можливого на час атестації.

Остаточна рейтингова оцінка студента складається з балів, отриманих студентом за результатами заходів поточного контролю, заохочувальних та штрафних балів, і ця оцінка доводиться до студентів на передостанньому занятті з даної дисципліни.

Для оцінювання поточних результатів навчання застосовується 100-бальна рейтингова система і університетська шкала оцінювання:

- виконання та захист запланованого циклу лабораторних робіт (ЛР) – діапазон позитивних оцінок – від 36 до 60 балів;

- виконання домашньої модульної контрольної роботи (МКР) – діапазон позитивних оцінок від 24 до 40 балів.

Кінцева диференційна оцінка по дисципліні складається з сумарної оцінки поточних результатів навчання (оцінка за виконання циклу лабораторних робіт + оцінка за виконання МКР) з ваговим коефіцієнтом 0,6 та оцінки за усний залік по дисципліні з ваговим коефіцієнтом 0,4.

Умовою допуску до заліку з дисципліни є сумарна мінімально позитивна оцінка поточних результатів навчання, яка складається з оцінки за МКР (мінімальна позитивна оцінка 24 бали, максимальна оцінка 40 балів) та виконання запланованого обсягу лабораторних робіт (мінімальна позитивна оцінка 36 балів, максимальна оцінка 60 балів), яка має бути не меншою ніж 60 балів. Сумарна поточна оцінка доводиться до кожного студента на передостанньому занятті з дисципліни семестрі.

Студенту, який отримав наприкінці семестру позитивну поточну рейтингову оцінку з виконання лабораторних робіт та МКР, ця оцінка може бути запропонована як рейтингова оцінка з даної дисципліни. Якщо студент бажає підвищити цю оцінку, то має скласти залік з дисципліни. Залік може відбуватися або у формі усної бесіди ведучого викладача з даної дисципліни, або у формі залікової контрольної роботи (за вибором ведучого викладача). Якщо студент отримує оцінку за цей залік, яка відрізняється від кінцевої поточної оцінки, то він отримує більшу з цих двох оцінок.

Заборгованості за лабораторні роботи та МКР мають бути ліквідовані студентом не пізніше ніж за тиждень до призначеного за планом термін складання заліку з дисципліни.

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

1. Лабораторні роботи

Вагові бали лабораторних робіт:

Лаб. роб.	1	2	3	4	5
Максимальні бали	12	12	12	12	12

Заохочувальні бали виставляються викладачами за:

- дострокову здачу лабораторних робіт, які виконані та якісно описані в письмових звітах (сумарна кількість заохочувальних балів за всі виконані лабораторні роботи становить до 10 балів);
- участь у модернізації лабораторних робіт, удосконалення дидактичних матеріалів з дисципліни надається від +5 ... +10 заохочувальних балів;
- виконання глибоких наукових досліджень із теми, запропонованої викладачем в рамках МКР, результати яких посідають елементи наукової новизни і можуть бути рекомендовані до публікації в наукових журналах (до 10 балів).

Штрафні бали за:

- несвоєчасну здачу лабораторної роботи пізніше встановленого терміну: -1 бал за кожен тиждень пізніше встановленого терміну;
- несвоєчасне подання звіту з МКР (пізніше ніж за тиждень) або неякісний звіт: -2 бали.

Розрахунок шкали (RD) рейтингу:

Сума вагових балів контрольних заходів, отриманих протягом семестру $R_{КЗ}$, складається з кінцевої оцінки за виконання запланованого циклу лабораторних робіт $R_{ЛР}$ та оцінки за виконання модульної контрольної роботи $R_{МКР}$:

$$R_{КЗ} = R_{ЛР} + R_{МКР}$$

Кожна зі складових цієї суми формується з основних балів, а також заохочувальних та штрафних балів.

Кінцева рейтингова оцінка по дисципліні (RD) складається з сумарної оцінки контрольних заходів, отриманих студентом на протязі семестру $R_{КЗ}$ (з ваговим коефіцієнтом 0,6) та оцінки, отриманої студентом на заліку $R_{ЗАЛ}$ (з ваговим коефіцієнтом 0,4):

$$RD = 0,6 R_{КЗ} + 0,4 R_{ЗАЛ}$$

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Питання, які виносяться на залік з даної дисципліни, визначені вище в розділі «5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)» в підрозділі «Деталізований план лекцій».

10. Методичні рекомендації

Програму предмету можна поділити на п'ять логічно пов'язаних між собою частин, які визначені вище як розділи даної дисципліни, а саме::

Розділ 1. *Принципи побудови мультиагентних систем*

Розділ 2. *Взаємодія агентів в мультиагентних середовищах*

Розділ 3. *Моделі та технології формування поведінки агентів на підставі індивідуальних та колективних рішень*

Розділ 4. *Математичні методи та алгоритми самоорганізованого навчання мультиагентних систем*

Розділ 5. *Шляхи розвитку теорії мультиагентних систем та її зв'язок з іншими сучасними інформаційними технологіями*

По курсу лекцій та лабораторного практикуму підготовлені, відповідно, конспект лекцій та методичні матеріали, які представлені посиланнями на лекції, які знаходяться в Google classroom.

Загальна тематика даного предмету віддзеркалює нові досягнення в галузі інформаційних мультиагентних технологій обробки інформації та розв'язання комплексних задач, які ефективно можуть вирішуватися саме в мультимедійному середовищі.

Вибір тематики лекційних і лабораторних занять, а також самостійних досліджень студентів в рамках СРС, який зроблено під час створення даної робочої програми, в комплексі з іншими програмами предметів спеціалізації, спрямований на оволодіння студентами новітніх прикладних напрямків інформаційних технологій, таких, як розвиток розподілених систем оброблення великих обсягів даних, семантичних ВЕБ-мереж, мобільних інформаційних систем, систем штучного інтелекту, технологій глибокого навчання, розвиток інтелектуальних сервіс-орієнтованих комп'ютерних систем оброблення складної інформації в розподілених комп'ютерних середовищах, тощо). Тому, крім оволодіння студентами теоретичних лекційних матеріалів, суттєве значення для опанування цією дисципліною і правильного розуміння її місця в комп'ютерних науках має творчий підхід студентів під час виконання завдань з МКР та лабораторних робіт, проявлення креативності та зацікавленість студентів в самостійних дослідженнях.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професором кафедри *Системного проектування*, д.т.н. професором **Рогозою Валерієм Станіславовичем**

Ухвалено кафедрою системного проектування (протокол No 10 від 12 червня 2023 р.)

Погоджено методичною комісією ІПСА (протокол No 4 від 16 червня 2023 р.)

Погоджено науково-методичною комісією КПІ ім. Ігоря Сікорського зі спеціальності 122 (протокол No 6 від 27 червня 2023 р.)