



МЕТОДИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОГО ІНТЕЛЕКТУ

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	Обов'язкова
Форма навчання	очна
Рік підготовки, семестр	2 курс, 3 семестр
Обсяг дисципліни	4 кредити ЕКТС / 120 годин: лекції- 36 год., лабораторні роботи – 18 год., самостійна робота – 66 год.
Семестровий контроль/ контрольні заходи	м.к.р., екзамен
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: доцент, к.т.н., доцент Шаповалова Світлана Ігорівна, <i>email: lanashape@gmail.com</i> Лабораторні роботи: доцент, к.т.н., доцент Шаповалова Світлана Ігорівна, <i>email: lanashape@gmail.com</i>
Розміщення курсу	https://campus.kpi.ua

Програма навчальної дисципліни

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

Необхідність вивчення дисципліни визначається стрімкою інтелектуалізацією програмних систем в сучасному світі, що визначає зростання попиту на спеціалістів в галузі штучного інтелекту.

Метою дисципліни є формування у студентів **компетентностей** у відповідності до ОНП:

ЗК 1	Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу
ЗК 2	Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях
ЗК 5	Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями
ЗК 7	Здатність генерувати нові ідеї (креативність)
ФК 1	Усвідомлення теоретичних засад комп'ютерних наук.
ФК 6	Здатність збирати і аналізувати дані (включно з великими), для забезпечення якості прийняття рішень.
ФК 7	Здатність розробляти, описувати, аналізувати та оптимізувати архітектурні рішення інформаційних та комп'ютерних систем різного призначення.
ФК 10	Здатність розробляти і реалізовувати проекти 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 проектом.
ФК 19	Здатність аналізувати сучасні світові тенденції розвитку комп'ютерних наук та перспективи розвитку інформаційних технологій.
ФК 22	Здатність вибирати адекватні методи і технології обчислювального інтелекту та машинного навчання, включаючи методи глибокого навчання, та використовувати їх для вирішення задач прогнозування, керування, прийняття рішень, класифікації та інтелектуального аналізу даних в умовах невизначеності та неповної інформації.

Предметом вивчення дисципліни є моделі, методи, інструментальні засоби реалізації та аналізу ефективності виведення логічних висновків.

В результаті засвоєння кредитного модуля студенти мають продемонструвати такі **програмні результати навчання:**

ПРН 1	Застосовувати знання основних форм і законів абстрактно-логічного мислення, основ методології наукового пізнання, форм і методів вилучення, аналізу, обробки та синтезу інформації в предметній області комп'ютерних наук.
ПРН 2	Обирати належні засоби для розробки або дослідження (середовище розробки, мова програмування, програмне забезпечення та програмні пакети тощо), що дозволяють знайти правильне і ефективне рішення.
ПРН 5	Моделювати об'єкт розробки або дослідження з точки зору функціональних компонентів (підсистем) таким чином, щоб полегшити та оптимізувати роботу над проектом; використовувати наявні технології та методи динамічного і статичного аналізу програм для забезпечення якості результату.
ПРН 6	Аналізувати, оцінювати та порівнювати різні технології (методи, мови, алгоритми, графіки робіт) з метою встановлення пріоритетів у відповідності з різними критеріями продуктивності та якості, що визначені завданням.
ПРН 7	Створювати прототипи програмного забезпечення, щоб переконатися, що воно відповідає вимогам до розробки; виконувати його тестування і статичний аналіз, щоб переконатися у відповідності завданню розробки або дослідження.
ПРН 8	Розробляти, реалізовувати та забезпечувати заходи з моніторингу, оптимізації, технічного обслуговування, виявлення відмов тощо.
ПРН 9	Управляти складними робочими процесами з урахуванням поставлених економічних, правових та етичних аспектів, оцінювати результати діяльності команди.
ПРН 12	Забезпечувати відстеження стану розробки, відображення його у технічній документації з використанням засобів управління версіями документів.
ПРН 13	Мати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки у сфері інформаційних технологій і є основою для оригінального мислення та проведення досліджень.
ПРН 16	Застосовувати прикладне програмне забезпечення комп'ютерного моделювання та обробки даних в хмарному середовищі, методи розподіленого моделювання складних об'єктів і систем, інтелектуальні обчислення для оброблення великих даних, налаштовувати системи хмарних обчислень, розробляти програми в системі хмарних обчислень, проектувати та програмно реалізовувати методи комп'ютерної обробки великих за обсягом даних.
ПРН 19	Планувати і виконувати наукові дослідження з проблем комп'ютерних наук та інформаційних технологій, формулювати і перевіряти гіпотези, обирати методики та інструменти, аналізувати результати, обґрунтовувати висновки.
ПРН 20	Знати стандарти і вимоги до розробки і виконання наукових досліджень і проектів у сфері комп'ютерних наук, оформлення науково-технічних текстів у галузі комп'ютерних наук, розуміти вимоги академічної доброчесності.
ПРН 22	Застосовувати технології обчислювального інтелекту в розподілених обчисленнях, зокрема, методи машинного навчання для налагодження проектних процедур.

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни студенти після засвоєння кредитного модуля мають продемонструвати такі результати навчання:

– **знання** обчислювальних методів, які використовуються при реалізації логічного виведення; стратегій логічного виведення.

– **вміння:**

– реалізовувати, навчати та випробовувати нейромережеві моделі;

– створювати прототипні системи, які базуються на правилах, використовуючи програмний інструментарій CLIPS;

– обирати ефективну стратегію розв'язання конфліктів для поточної задачі логічного виведення;

– реалізовувати евристики для оптимізації виведення заключень;

– реалізовувати нечітке виведення, використовуючи програмний інструментарій FuzzyCLIPS

– **досвід** використання одержаних знань та умінь для:

– розв'язання задач класифікації, кластерізації та семантичної сегментації на нейромережевих моделях;

– розробки автономних та вбудованих в програмні комплекси систем логічного виведення.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни

У структурно-логічній схемі навчання зазначена дисципліна розміщена на 2 курсі підготовки магістрів. Структура викладання побудована таким чином, щоб вивчення дисципліни мало теоретичне, наукове та практичне спрямування.

Вивчення дисципліни спирається на знання, отримані студентами в попередні роки навчання за освітніми програмами бакалавра та магістра в галузі 12 Інформаційні технології.

Студенти повинні мати знання з дисциплін “Дискретна математика”, зокрема, з теорії графів та логіки предикатів.

Після вивчення дисципліни студенти зможуть використати набуті знання та вміння при проектуванні, моделюванні та налагодженні інтелектуальних програмних систем, використовуючи для цього сучасний програмний інструментарій розробки.

Матеріал даної дисципліни може бути інструментальною основою для розробки програмного забезпечення та проведення обчислювальних експериментів при підготовці магістерської дисертації.

3. Зміст навчальної дисципліни

Лекційні заняття

Розділ 1. Моделі нейронних мереж

Тема 1.1. Штучний та обчислювальний інтелект

Тема 1.2. Нейромережеві моделі спеціального призначення

Розділ 2. Системи, які базуються на правилах

Тема 2.1. Базові механізми системи, яка базується на правилах

Тема 2.2. Стратегії пошуку цілі

Розділ 3. Програмний інструментарій розробки систем логічного виведення

Тема 3.1. Засоби розробки систем, які базуються на правилах

Тема 3.2. Програмні реалізації логічного виведення

Розділ 4. Логічне виведення за нечіткими, неповними та ненадійними даними та правилами

Тема 4.1. Розширення парадигм логічного виведення в програмному інструментарії

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Шаповалова С.І., Мажара О.О. Програмний інструментарій розробки експертних систем: комп'ютерний практикум: навч. посіб. для здобувачів ступеня доктора філософії зі спеціальності 122 Комп'ютерні науки. Київ. КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 56 с.
2. Russell S., Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach, 4th US ed. Pearson, 2020. 1136 p. ISBN 978-0134610993.
3. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. MIT Press. 2016. 800 p. ISBN : 0262035618
4. Chollet F. Deep Learning with Python, 1st Edition. Manning. 2017. 384 p. ISBN : 9781617294433
5. Aggarwal C. C. Neural Networks and Deep Learning: A Textbook, 1st ed. Springer. 2018. 520 p. ISBN : 978-3-319-94462-3

Додаткова література

6. Warwick K. Artificial Intelligence: The Basics. Routledge, 2013. 192 p. ISBN 9780415564830.
7. Аушева Н.М., Шаповалова С.І., Мажара О.О. Математичне забезпечення програмного інструментарію розробки систем екологічного моніторингу: монографія. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського. Політехніка, 2017. 140 с.
8. Giarratano J., Riley G. Expert Systems: Principles and Programming, 4th ed. Course Technology, 2004. 288 p. ISBN-10:0534384471
9. Luger G. Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem Solving, 6th ed. Addison-Wesley, 2008. ISBN-10: 0-321-54589-3
10. Jack L. Watkin The CLIPS Programming Language for Building Expert Systems, 2017, URL: <https://www.youtube.com/watch?v=XX8Fxze6Np8>
11. Jack L. Watkin An Introduction to the CLIPS Programming Language / Department of Electrical and Computer Engineering University of Dayton, Ohio 45469-0232 USA, 2017, URL: <http://perugini.cps.udayton.edu/teaching/courses/Spring2017/cps499/Languages/papers/CLIPS.pdf>
12. Bobek, S., Misiak, P. Framework for Benchmarking Rule-Based Inference Engines: monograph, *Artificial Intelligence and Soft Computing*, ICAISC 2017, Lecture Notes in Computer Science, 2017, vol. 10246, Springer, Cham. P. 399-410. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-59060-8_36
13. Wright I. Marshall J. The execution kernel of RC++: RETE*, a faster RETE with TREAT as a special case. *Int. J. Intell. Games & Simulation* 2 (1). 2003. P.36-48

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань	Кільк. ауд.год.
Розділ 1. Моделі нейронних мереж		
Тема 1.1. Штучний та обчислювальний інтелект		
1	<i>ЛЕКЦІЯ 1 Тема: Штучний та обчислювальний інтелект</i> Визначення обчислювального інтелекту. Основні поняття, проблеми та напрями штучного та обчислювального інтелекту.	2
2	<i>ЛЕКЦІЯ 2 Тема: Розвиток нейронних мереж глибокого навчання</i> Нейробіологічні основи. Еволюція нейронних мереж глибокого навчання	2
Тема 1.2. Нейромережеві моделі спеціального призначення		
		2

3	<i>ЛЕКЦІЯ 3 Тема: Кластеризація та класифікація на нейронних мережах Кохонена</i> Задача кластеризації. Концепція нейронних мереж Кохонена - карт самоорганізації (Self-organizing map – SOM). Архітектура нейромережевого комплексу для розв'язання задачі класифікації: SOM+MLP. Оптимізовані реалізації SOM: NeuroPH, Encog, SOINN, ESOINN, GSOM	2
4	<i>ЛЕКЦІЯ 4 Тема: Аналіз зображень на моделях нейронних мереж</i> Базові задачі аналізу зображень: classification, object detection, semantic segmentation, instant segmentation. Компоненти та базові архітектури нейронних мереж глибокого навчання для аналізу зображень.	2
5	<i>ЛЕКЦІЯ 5 Тема: Засоби реалізації моделей нейронних мереж</i> Основні: Python; Keras: компоненти для створення, навчання та тестування моделі нейронної мережі; Sklearn: функції обробки dataset; NumPy: засоби роботи з багатовимірними масивами; Pandas: засоби роботи з .csv файлами, які використовуються при представленні dataset. Додаткові: Matplotlib, Seaborn: засоби візуалізації різного типу графічної інформації	2
Розділ 2. Системи, які базуються на правилах		
Тема 2.1. Базові механізми системи, яка базується на правилах		
6	<i>ЛЕКЦІЯ 6 Тема: Механізм логічного виведення за продукційною моделлю</i> Компоненти продукційної системи. Механізм і цикл логічного виведення: activation, conflict set resolution, firing. Прямий та зворотній ланцюжки виведення: forward chaining (data-driven search), backward chaining (goal-directed strategy). Монотонне та немонотонне виведення. Приклади продукційних систем.	2
7	<i>ЛЕКЦІЯ 7 Тема: Механізм співставлення зі зразком</i> Задача доведення істинності антецедента. Підходи до співставлення: Eager evaluation, Lazy evaluation, Binding space. Еволюція способів співставлення зі зразком.	2
8	<i>ЛЕКЦІЯ 8 Тема: Базові алгоритми співставлення зі зразком</i> Rete та Treat алгоритми. Мережі потоків даних.	2
9	<i>ЛЕКЦІЯ 9 Тема: Ненадійні міркування в продукційних системах</i> Неточне виведення на основі фактора впевненості (Стендфордська теорія). Теорія доведення Демпстера-Шафера	2
Тема 2.2. Стратегії пошуку цілі		
10	<i>ЛЕКЦІЯ 10 Тема: Стратегії пошуку в продукційній системі</i> Способи призначення пріоритетності правил CLIPS (saliency, фокус модулю). Принципи розв'язання конфліктів. Стратегії розв'язання конфліктів в CLIPS (depth, breadth, simplicity, complexity, LEX, MEA, random strategies).	2
11	<i>ЛЕКЦІЯ 11 Тема: Стратегії штучного інтелекту</i> Стратегії пошуку в одному просторі стану. Підходи до реалізації евристик. Функції, що спрямовують пошук (evaluate and cost functions). Характеристики оцінювальної функції: інформованість, припустимість, монотонність. Класифікація стратегій пошуку в просторі станів: за вибором переходу (depth, breadth, hill-climbing, best-first, branch-and-bound, A* search); за напрямом пошуку (data-driven search, backward chaining); за можливістю використання паралельних процесів пошуку (undirectional, bidirectional, binary decomposed search).	2

12	<i>ЛЕКЦІЯ 12 Тема: Вибір ходу в грі</i> Мінімаксний принцип. Альфа-бета відсічення. Евристики визначення пріоритету ходу	2
Розділ 3. Програмний інструментарій розробки систем логічного виведення		
Тема 3.1. Засоби розробки систем, які базуються на правилах		
13	<i>ЛЕКЦІЯ 13 Тема: Програмні засоби розробки систем, які базуються на правилах</i> Найзатребуваніші мови програмування для штучного інтелекту поточного року. Базові моделі програмного інструментарію логічного виведення. Визначення обгортки продукційних систем, сучасні засоби розробки систем, які базуються на правилах та їх основні характеристики.	2
Тема 3.2. Програмні реалізації логічного виведення		
14	<i>ЛЕКЦІЯ 14 Тема: Фундаментальні конструкції CLIPS</i> Синтаксис команд та конструкцій. Лексеми. Поля та їх типи. Факти і правила. Змінні. Конструкції, які їх визначають та команди обробки, відстеження, загрузки, збереження.	2
15	<i>ЛЕКЦІЯ 15 Тема: Реалізація задач в CLIPS, FuzzyCLIPS</i> Представлення машини станів (CLIPS). Приклади представлень для нечіткого виведення в FuzzyCLIPS.	2
Розділ 4. Логічне виведення за нечіткими, неповними та ненадійними даними та правилами		
Тема 4.1. Розширення парадигм логічного виведення в програмному інструментарії		
16	<i>ЛЕКЦІЯ 16 Тема: Розширення парадигм логічного виведення в програмному інструментарії</i> Підходи до вдосконалення механізмів логічного виведення. Ймовірнісне логічне програмування (probabilistic logic programming). Коіндуктивне логічне програмування (coinductive logic programming). Нездатне логічне виведення (defeasible reasoning) на основі правил, які можуть бути нездійсненними. Інтеграція парадигм логічного виведення в програмному інструментарії. Системи логічного виведення з реалізацією відповідного функціоналу.	2
Тема 4.2. Логічне виведення за умов невизначеності		
17	<i>ЛЕКЦІЯ 17 Тема: Логічне виведення за умов невизначеності</i> Властивості, що впливають на підхід логічного виведення. Неповнота знань і немонотонна логіка. Недетермінованість виведень. Виведення в умовах невизначеності. Ненадійні знання. Точне ймовірнісне виведення. Наближене виведення.	2
18	<i>ЛЕКЦІЯ 18 Тема: Нечітке виведення</i> Теорія нечітких множин та її застосування для нечіткого виведення. Система нечіткого виведення. Етапи нечіткого виведення. Алгоритми нечіткого виведення: Mamdani, Tsukamoto, Sugeno & Takagi, Larsen.	2

Лабораторні роботи

N	Назва	Кільк. ауд.год
1	Реалізація, навчання та випробовування нейромережевої моделі	10

2	Логічне виведення в системі, яка базується на правилах: представлення машини станів в CLIPS	4
3	Нечітке логічне виведення в системі, яка базується на правилах: нечітке представлення машини станів в FuzzyCLIPS	4

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента (66 годин) передбачає підготовку до аудиторних занять та контрольних заходів, проведення досліджень та підготовку вхідних даних до лабораторних робіт.

Розподіл годин самостійної роботи: підготовка до екзамену – 30 годин; опанування програмного інструментарію і програмна реалізація поставлених задач – 32 години; підготовка до модульної контрольної роботи – 4 години.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

- Відвідування лекцій, а також відсутність на них, не оцінюється. Відвідування лабораторних занять є обов'язковою складовою вивчення матеріалу;
- При захисті робіт комп'ютерного практикуму студент має продемонструвати розроблений програмний код та результати його виконання на тестах, як заздалегідь підготованих, так і запропонованих викладачем. У випадку дистанційної форми навчання захист відбувається на відповідній конференції шляхом демонстрації екрана.
- Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.
- Норми етичної поведінки Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

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

1. Рейтинг студента з кредитного модуля складається з балів, що він отримує за:

- виконання та захисту 3 лабораторних робіт;
- виконання 1 модульної контрольної роботи;
- відповідь на екзамені.

2. Критерії нарахування балів:

2.1. Лабораторна робота 1 оцінюється із 10 балів і зараховується за наявності досягнення заданого значення відповідної метрики точності в inference-режимі нейронної мережі. Бали нараховуються таким чином:

- 1) обґрунтування вибору архітектури нейронної мережі для поточної задачі (8 балів);
- 2) обґрунтування методів модифікації базової архітектури нейронної мережі (1 бал)
- 3) обґрунтування методики навчання / перетворення датасету (1 бал).

2.2. Кожна з лабораторних робіт 2,3 оцінюється із 10 балів і зараховується за наявності тільки коректних рішень. Бали нараховуються таким чином:

- 4) оптимальність алгоритму виведення (8 балів);
- 5) оптимальність використаних структур подання інформації (2 бали).

Штрафні бали призначаються за:

- 1) несвоєчасне (пізніше ніж на тиждень) виконання завдання комп'ютерного практикуму – 1 бали;

- 2) неоптимальний вибір архітектури нейронної мережі для поточної задачі / неоптимальний алгоритм виведення - 2 бали;
- 3) ненадану або невірну відповідь на запитання – 2 бали.

2.2 Модульна контрольна робота оцінюється із 20 балів таким чином:

- 1) коректність отриманих рішень за всіма заданими стратегіями (15 балів);
- 2) оптимальне подання структур даних (5 балів).

Наявність позитивних оцінок захисту всіх лабораторних робіт, а також відповідей модульної контрольної роботи, є умовою допуску до екзамену. Максимальна кількість балів, отриманих в семестрі, дорівнює 50. Мінімальна кількість набраних балів – 30 (60%).

2.3. Відповідь на екзамені оцінюється із 50 балів. Екзаменаційний білет складається з двох запитань, а також практичного завдання.

Кожна відповідь на запитання оцінюється з 10 балів за такими критеріями::

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 10-9 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 8-7 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 6 балів;
- «незадовільно», відповідь не відповідає умовам на «задовільно» – 0 балів.

Нарахування балів за виконання практичного завдання оцінюється із 30 балів. Бали нараховуються таким чином:

- 6) оптимальність алгоритму виведення (15 балів);
- 7) оптимальність використаних структур подання інформації (15 балів).

3. Сума рейтингових балів, отриманих студентом протягом семестру переводиться до підсумкової оцінки згідно з таблицею. Якщо сума балів менш ніж 57, студент виконує залікову контрольну роботу. У цьому разі сума балів за захист лабораторних робіт, поточні та залікову контрольні роботи переводиться до підсумкової оцінки згідно з таблицею.

4. Студент, який у семестрі отримав не менш ніж 57 балів, може прийняти участь у заліковій контрольній роботі. У цьому разі, бали отримані ним на контрольній роботі є остаточними.

5. Сума стартових балів і балів, отриманих на екзамені визначає оцінку згідно з таблицею.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
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)

Тема 2.1 містить фундаментальні теоретичні основи реалізації продукційної моделі представлення знань, які не викладаються на курсах розробників програмного забезпечення. Всі інші теми можуть бути зараховані за наявності сертифікатів відповідних курсів з реалізації нейронних мереж або курсів з використання засобів логічного виведення на основі продукцій в сучасних програмних застосунках, наприклад, курс “Production Machine Learning Systems”, представлений coursera.org.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом, к.т.н., доц. Шаповаловою Світланою Ігорівною

Ухвалено кафедрою ЦТЕ (протокол № 1 від 01.07.22)

Погоджено Методичною комісією НН ІАТЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 10 від 4.07.22)

