



# МЕТОДИ ТА СИСТЕМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

|   |  |
|---|--|
| Рівень вищої освіти                               | Перший (бакалаврський)   |
| 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                           | 3 курс, 6 семестр  |
| Обсяг дисципліни                                  | 4 кредити ЕКТС / 120 годин: лекції- 36 год., лабораторні роботи – 18 год., самостійна робота – 66 год.   |
| Семестровий контроль/<br>контрольні заходи        | м.к.р., екзамен  |
| Розклад занять                                    | <a href="http://rozklad.kpi.ua">http://rozklad.kpi.ua</a>  |
| Мова викладання                                   | Українська   |
| Інформація про<br>керівника курсу /<br>викладачів | Лектор: доцент, к.т.н., доцент Шаповалова Світлана Ігорівна,<br><i>email: lanashape@gmail.com</i><br>Лабораторні роботи: доцент, к.т.н., доцент Шаповалова Світлана Ігорівна,<br><i>email: lanashape@gmail.com</i> |
| Розміщення курсу                                  | <a href="https://campus.kpi.ua">https://campus.kpi.ua</a>  |

### 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 зі штучного інтелекту. Дисципліна є вступом до галузі штучного інтелекту з розробки програмних систем, здатних до міркувань.

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

|       |   |
|-------|---|
| ЗК 1  | Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу  |
| ЗК 2  | Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях   |
| ЗК 3  | Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності  |
| ЗК 6  | Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями  |
| ЗК 8  | Здатність генерувати нові ідеї (креативність)   |
| ЗК 13 | Здатність діяти на основі етичних міркувань   |
| ФК 2  | Здатність до виявлення статистичних закономірностей недетермінованих явищ, застосування методів обчислювального інтелекту, зокрема статистичної, нейромережевої та нечіткої обробки даних, методів машинного навчання та генетичного програмування тощо |
| ФК 11 | Здатність до інтелектуального аналізу даних на основі методів обчислювального інтелекту включно з великими та погано структурованими даними, їхньої оперативної обробки та візуалізації результатів аналізу в процесі розв'язування прикладних задач    |

**Предметом вивчення дисципліни** є моделі, методи, інструментальні засоби реалізації виведення логічних висновків.

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

|       |  |
|-------|--|
| ПР 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.   |
| ПР 4  | Використовувати методи обчислювального інтелекту, машинного навчання, нейромережевої та нечіткої обробки даних, генетичного та еволюційного програмування для розв'язання задач розпізнавання, прогнозування, класифікації, ідентифікації об'єктів керування тощо.   |
| ПР 12 | Застосовувати методи та алгоритми обчислювального інтелекту та інтелектуального аналізу даних в задачах класифікації, прогнозування, кластерного аналізу, пошуку асоціативних правил з використанням програмних інструментів підтримки багатовимірного аналізу даних на основі технологій DataMining, TextMining, WebMining. |

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

– **Знання:**

- основних парадигм подання знань;
- основних підходів, обчислювальних формалізмів і методів штучного інтелекту;
- методів і стратегій вирішення інтелектуальних задач у термінах простору станів;
- стратегій логічного виведення;
- основних конструкцій і обчислювальних моделей логічного програмування та мови Prolog;

- загальних підходів до проектування компонентів системи, що базується на правилах;

– **вміння:**

- створювати прототипні системи логічного виведення, використовуючи спеціалізований програмний інструментарій;
- обирати ефективну стратегію розв'язання конфліктів для поточної задачі логічного виведення;
- реалізовувати евристики для оптимізації виведення заключень.

– **досвід:**

- розробки автономних та вбудованих в програмні комплекси систем логічного виведення;
- застосування програмного інструментального засобу створення систем штучного інтелекту Prolog, а саме:

- представлення та обробки структур даних, властивих мові Prolog;
- використання механізму пошуку з поверненням та засобів впливу на хід виконання Prolog-програми;
- вирішення задач за допомогою недетермінованого програмування;
- розробки Prolog - систем, які містять бази даних.
- розробки програм вирішення задач пошуку на графах;
  - застосування моделей представлення знань, стратегій логічного виведення, а саме:
- обґрунтування вибору стратегії і програмній реалізації вирішення задачі пошуку;
- обґрунтування вибору стратегії і програмній реалізації визначення наступного ходу в грі;
- обґрунтування вибору стратегії розв'язання конфлікту в продукційній системі;
  - застосування програмного інструментального засобу створення продукційних систем CLIPS, а саме:

CLIPS, а саме:

- представлення задачі пошуку на вбудованій мові;
- налаштування середовища для завдання прямого/зворотнього ланцюжка виведення заключення і для реалізації обраної стратегії розв'язання конфлікту.

## **2. Пререквізити та постреквізити дисципліни**

У структурно-логічній схемі навчання зазначена дисципліна розміщена на 3 курсі підготовки бакалаврів. 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 освітньою програмою бакалавра в галузі 12 Інформаційні технології.

Студенти повинні мати знання з дисципліни “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 спеціалізований програмний інструментарій.

Матеріал даної дисципліни може бути інструментальною основою для розробки програмного забезпечення та проведення обчислювальних експериментів при підготовці дипломної роботи бакалавра.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

### **Лекційні заняття**

#### **Розділ 1. Логічне виведення**

Тема 1.1. Основні поняття, проблеми та напрями штучного інтелекту

Тема 1.2. Основні конструкції та синтаксис мови Prolog

Тема 1.3. Механізм виведення Prolog

Тема 1.4. Обробка та перетворення списків

Тема 1.5. Керування виконанням Prolog-програми

#### **Розділ 2. Пошук**

Тема 2.1. Недетерміноване програмування

Тема 2.2. Підходи до пошуку рішень в одному просторі

Тема 2.3. Стратегії пошуку

#### **Розділ 3. Представлення знань**

Тема 3.1. Базові моделі подання знань

Тема 3.2. Обгортки продукційних систем

Тема 3.3. Ненадійні міркування

## **4. Навчальні матеріали та ресурси**

### **Базова література**

1. Russell S., Norvig P. Artificial Intelligence: A Modern Approach, 4th US ed. Pearson, 2020. 1136 p. ISBN 978-013461099.
2. Riley G. Adventures in Rule-Based Programming: A CLIPS Tutorial. Kindle Edition, 2022. 200 p. ISBN-13: 979-8985783919
3. Giarratano J., Riley G. Expert Systems: Principles and Programming, 4th ed. Course Technology, 2004. 288 p. ISBN-10:0534384471
4. Luger G. Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem Solving, 6th ed. Addison-Wesley, 2008. ISBN-10: 0-321-54589-3

5. Bratko I. Prolog Programming for Artificial Intelligence, 4th ed. Addison-Wesley, 2011. ISBN-10: 0321417461

#### Додаткова література

6. 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.
7. Аушева Н.М., Шаповалова С.І., Мажара О.О. Математичне забезпечення програмного інструментарію розробки систем екологічного моніторингу: монографія. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2017. 140 с.
8. Merritt D. Expert Systems in Prolog. Independently published, 2017. ISBN 10: 1723821861
9. 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>
10. CLIPS: A Tool for Building Expert Systems / Download, Online Documentation, Support Information. URL: <http://clipsrules.sourceforge.net/>

### Навчальний контент

#### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

##### Лекційні заняття

| № з/п   | Назва теми лекції та перелік основних питань   | Кільк. ауд.год. |
|---|--|-----------------|
| <b>Розділ 1. Логічне виведення</b>                                |  |                 |
| Тема 1.1. Основні поняття, проблеми та напрями штучного інтелекту |  |                 |
| 1   | <i>Лекція 1</i> <i>Тема: Основні поняття, проблеми та напрями штучного інтелекту</i><br>Історія штучного інтелекту. Напрями досліджень зі штучного інтелекту. Стрімкий розвиток нейронних мереж.   | 2               |
| Тема 1.2. Основні конструкції та синтаксис мови Prolog            |  |                 |
| 2   | <i>Лекція 2. Основні конструкції та синтаксис мови Prolog</i><br>Концепція Prolog. Основні конструкції логічного програмування (терми, твердження), визначення основних термінів (предиката, атома, терма, константи, змінної). Факти. Питання. Правила. Створення та запуск Prolog-програми.                                      | 2               |
| Тема 1.3. Механізм виведення Prolog                               |  |                 |
| 3   | <i>Лекція 3.</i><br><i>Тема1: Логічне виведення на Prolog</i><br>Уніфікація. Механізм виведення Prolog. Дерева виведення (доказу). Заперечення і припущення щодо замкненості світу.<br><i>Тема2: Рекурсивні та ітераційні процедури</i><br>Склад рекурсивної процедури. Системні арифметичні оператори. Заміна рекурсії ітерацією. | 2               |
| Тема 1.4. Обробка та перетворення списків                         |  |                 |
| 4   | <i>Лекція 4. Базові операції зі списками</i><br>Визначення та подання списків. Побудова списків на основі конструкції cons. Операції зі списками. Конкатенація двох списків. Перетворення частин списку.   | 2               |
| 5   | <i>Лекція 5. Обробка списку списків</i>  | 2               |

|  |  |   |
|--|--|---|
|  | Базові операції зі списками списків. Перетворення матриць.   |   |
| Тема 1.5. Керування виконанням Prolog-програми       |  |   |
| 6  | <i>Лекція 6. Обмеження перебору</i><br>Визначення та дія відсічення. Небезпека використання та обмеження дії відсічення. Конструкції мови Prolog, які використовують відсічення.   | 2 |
| 7  | <i>Лекція 7. Ведення БД на Prolog</i><br>Механізми ведення БД. Предикати збирання. Методи обробки даних. Металогічні предикати.  | 2 |
| <b>Розділ 2. Пошук</b>                               |  |   |
| Тема 2.1. Недетерміноване програмування              |  |   |
| 8  | <i>Лекція 8. Недетерміноване програмування</i><br>Недетерміноване обчислення. Метод “генерація-перевірка”. Ефективність Prolog-програм.  | 2 |
| Тема 2.2. Підходи до пошуку рішень в одному просторі |  |   |
| 9  | <i>Лекція 9. Штучний інтелект як подання та пошук</i><br>Підходи до пошуку. Пошук у просторі станів. Граф простору станів. Проблемні ситуації та дозволені дії. Приклад реалізації пошуку в просторі станів. Пошук методом редукції. Розбиття задач на підзадачі - AND/OR графи. Приклади AND/OR подання   | 2 |
| Тема 2.3. Стратегії пошуку                           |  |   |
| 10   | <i>Лекція 10. Стратегії пошуку</i><br>Функції, що спрямовують пошук (evaluate and cost functions). Характеристики оцінювальної функції: інформованість, припустимість, монотонність. Приклад визначення евристичної функції пошуку в просторі станів. 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). Спеціальні випадки пошуку в просторі станів. Вибір ходу в грі. Мінімаксний принцип. Альфа-бета відсічення. | 2 |
| <b>Розділ 3. Представлення знань</b>                 |  |   |
| Тема 3.1. Базові моделі подання знань                |  |   |
| 11   | <i>Лекція 11. Системи, які базуються на знаннях</i><br>Дані і знання. Компоненти KBS. Базова структура “хрестоматійної” експертної системи. Базові моделі подання знань. Основні поняття, терміни і концепція семантичних мереж. Класифікація відношень семантичної мережі. Механізм наслідування властивостей семантичної мережі. Основні поняття, терміни і визначення фреймової моделі. Структура фрейма. Способи отримання слотом значення. Логічна модель і Prolog, як обчислювальний формалізм. Фрази Хорна.   | 2 |
| 12   | <i>Лекція 12. Продукційна модель подання знань</i><br>Структура та 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 |

| Тема 3.2 Обгортки продукційних систем |  |   |
|---------------------------------------|--|---|
| 13                                    | <i>Лекція 13. Тема: Обгортки продукційних систем</i><br>Визначення обгортки продукційних систем, сучасні обгортки продукційних систем та їх основні характеристики. Синтаксис команд та конструкцій обгортки CLIPS. Лексеми. Поля та їх типи. Факти і правила. Конструкції, які їх визначають та команди обробки, відстеження, загрузки, збереження. Змінні. Приклади розв'язання задач: 1) представлення машини станів, 2) пошук в просторі станів. | 2 |
| 14                                    | <i>Лекція 14. Тема: Стратегії пошуку в продукційній системі</i><br>Способи призначення пріоритетності правил CLIPS (saliense, фокус модулю). Принципи розв'язання конфліктів. Стратегії розв'язання конфліктів в CLIPS (depth, breadth, simplicity, complexity, LEX, MEA, random strategies).  | 2 |
| Тема 3.4 Ненадійні міркування         |  |   |
| 15                                    | <i>Лекція 15. Тема: виведення за умов невизначеності</i><br>Властивості представлення, що впливають на підхід логічного виведення. Достовірні та ненадійні знання. Неповнота знань і немонотонна логіка. Проблеми виведення за умов невизначеності. Точне ймовірнісне виведення. Підходи до наближеного Точне ймовірнісне виведення.   | 2 |
| 16                                    | <i>Лекція 16. Тема: Нечітке логічне виведення</i><br>Теорія нечітких множин та її застосування для нечіткого логічного виведення. Система нечіткого виведення (fuzzy inference system).  | 2 |
| 17                                    | <i>Лекція 17. Тема: Невизначені міркування</i><br>Формалізм процесів прийняття рішення Маркова. Байєсівські мережі для моделювання невизначеності.   | 2 |
| 18                                    | <i>Лекція 18. Тема: Вдосконалення механізмів логічного виведення</i><br>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. Відповідні програмні засоби реалізації.  | 2 |

### Лабораторні роботи

| № за-<br>няття | № завд. | Завдання комп'ютерного практикуму                                      | Програмний<br>засіб | Кільк.<br>год. |
|----------------|---------|--|---------------------|----------------|
| 1              | 1       | Представлення фраз Пролог-програми                                     | SWI Prolog          | 1              |
|                | 2       | Представлення родинних відношень                                       |                     | 1              |
| 2              | 3       | Арифметичні операції. Організація циклу                                | SWI Prolog          | 1              |
|                | 4       | Розрахунок значень арифметичних функцій у заданому інтервалі значень X |                     | 1              |
| 3              | 5       | Обробка списків  | SWI Prolog          | 1              |
|                | 6       | Перестановка частин списків  |                     | 1              |
| 4              | 7       | Обробка матриці  | SWI Prolog          | 1              |
| 5              | 8       | Використання предикатів збору  | SWI Prolog          | 1              |
|                |         | Контрольна робота  |                     | 1              |
| 6              | 9       | Розв'язання комбінаторної головоломки                                  | SWI Prolog          | 2              |
| 7              | 10      | Неінформований пошук в просторі станів                                 | За вибором          | 2              |

|   |    |   |                     |   |
|---|----|---|---------------------|---|
|   |    |   | студента            |   |
| 8 | 11 | Евристичний пошук в просторі станів                                 | За вибором студента | 2 |
| 9 | 12 | Розв'язання задачі пошуку в просторі станів за продукційною моделлю | CLIPS               | 2 |

## 6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента (66 годин) передбачає підготовку до аудиторних занять та контрольних заходів.

Розподіл годин СРС: підготовка до екзамену – 30 годин; підготовка до лабораторних робіт: 1 - 6 – 2 години на кожну, 7 - 8 – 6 годин на кожну, 9 – 7 годин; підготовка до МКР – 5 годин.

## 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 12 лабораторних робіт;
- виконання 1 модульної контрольної роботи;
- відповідь на екзамені.

2. Критерії нарахування балів:

2.1. Кожна з лабораторних робіт № 1 - 7 оцінюється із 3 балів. Бали нараховуються таким чином:

- 1) оптимальність алгоритму виведення (1,5 балів);
- 2) оптимальність використаних структур подання інформації (1,5 балів).

Кожна з лабораторних робіт № 9, 10 оцінюється із 6 балів. Бали нараховуються таким чином:

- 1) оптимальність алгоритму виведення (3,5 балів);
- 2) оптимальність використаних структур подання інформації (2,5 балів).

Кожна з лабораторних робіт № 11, 12 оцінюється із 7 балів.

Бали лабораторної роботи № 11 нараховуються таким чином:

- 3) оптимальність алгоритму виведення (3,5 балів);
- 4) оптимальність використаних структур подання інформації (2,5 балів);

5) доведення допустимості оцінювальної функції (1 бал).

Бали лабораторної роботи № 12 нараховуються таким чином:

6) оптимальність алгоритму виведення (3,5 балів);

7) оптимальність використаних структур подання інформації (2,5 балів);

8) порівняльний аналіз виведення за різними стратегіями розв'язання конфлікту (1 бал).

Штрафні бали призначаються за:

1) неоптимальний алгоритм або неоптимальні структури подання інформації – 1 бал;

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

3) ненадану або невірну відповідь на запитання – 1 бал.

2.2 Модульна контрольна робота оцінюється із 5 балів таким чином:

1) коректність отримання рішення за заданою стратегією (3 бали);

2) чітке обґрунтування вибору на кожному кроці (2 бали).

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 55. Мінімальна кількість набраних балів – 33 (60%).

2.3. Відповідь на екзамені оцінюється із 45 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 25 балів. Бали нараховуються таким чином:

3) оптимальність алгоритму виведення (15 балів);

4) оптимальність використаних структур подання інформації (10 балів).

3. Студент, який у семестрі отримав не менш ніж 33 бали, не отримує допуск на екзамен.

4. Сума стартових балів, отриманих студентом протягом семестру, і балів, отриманих на екзамені, визначає оцінку згідно з таблицею:

| <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)

Теми розділу 1 можуть бути зараховані за наявності сертифікату з оволодіння мови логічного програмування Prolog, наприклад, сертифікат курсу "Prolog Online Training", представленого Besant Technologies.

Теми розділів 2-3 відповідають курсу CS 182 "Artificial Intelligence", який викладається в Harvard University.

### Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

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

Ухвалено кафедрою ЦТЕ (протокол № 20 від 10.05.23)

Погоджено НН ІАТЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 9 від 26.05.23)

