



# Теорія та методи машинного навчання

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

|   |  |
|---|--|
| Рівень вищої освіти                         | <i>Другий (магістрський)</i>   |
| Галузь знань                                | <i>12 Інформаційні технології</i>  |
| Спеціальність                               | <i>121 Інженерія програмного забезпечення</i>  |
| Освітня програма                            | <i>Інженерія програмного забезпечення інформаційних систем</i>   |
| Статус дисципліни                           | <i>Нормативна</i>  |
| Форма навчання                              | <i>очна(денна)</i>   |
| Рік підготовки, семестр                     | <i>V курс, осінній семестр</i>   |
| Обсяг дисципліни                            | <i>4 кредити (120 годин, з них 36 годин лекцій, 18 годин комп'ютерних практикумів, 66 годин СРС)</i>   |
| Семестровий контроль/ контрольні заходи     | <i>залік/модульна контрольна робота</i>  |
| Розклад занять                              |  |
| Мова викладання                             | <i>Українська</i>  |
| Інформація про керівника курсу / викладачів | Лектор: <i>ас. каф. Сарнацький Владислав Віталійович, <a href="mailto:vladysarn@protonmail.com">vladysarn@protonmail.com</a></i><br>Лабораторні роботи: <i>ас. каф. Сарнацький Владислав Віталійович, <a href="mailto:vladysarn@protonmail.com">vladysarn@protonmail.com</a></i> |
| Розміщення курсу                            | <i><a href="https://drive.google.com/">https://drive.google.com/</a></i>   |

### Програма навчальної дисципліни

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

**Метою** навчальної дисципліни є отримання студентами знань з теоретичних та практичних методів машинного навчання; навичок вирішення задач регресії, класифікації, кластеризації, пониження розмірності.

**Предмет** навчальної дисципліни – теоретичні та практичні методи машинного навчання.

В результаті освоєння дисципліни повинні бути сформовані такі **компетентності**:

- ФК 13 Здатність до використання методів машинного навчання при розробці програмного забезпечення інформаційних систем.

Після засвоєння дисципліни студенти мають продемонструвати такі **результати навчання**:

**Програмні результати навчання:**

- ПРН 19 Знання методів машинного навчання.

**Досвід** з аналізу поставлених задач, вибору алгоритмів машинного навчання для їх вирішення, проєктування та побудови програмних компонентів з використанням технологій машинного навчання, оцінка якості роботи систем машинного навчання.

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

При вивченні цієї дисципліни використовуються знання студентів з дисциплін:

- ЗО 1 Математичний аналіз;
- ЗО 2 Лінійна алгебра та аналітична геометрія;
- ЗО 5 Теорія ймовірності та математична статистика;
- ПО 2 Теорія алгоритмів;
- ПО 5 Сучасні методології і технології розроблення програмного забезпечення.

**3. Зміст навчальної дисципліни**

**ВСТУП**

Вступ до дисципліни

**Розділ 1 Алгоритми машинного навчання з вчителем**

Тема 1.1 Лінійна та поліноміальна регресія

Тема 1.2 Логістична регресія

Тема 1.3 Метод опорних векторів

Тема 1.4 Методи на основі дерев прийняття рішень

Тема 1.5 Ансамбльові методи

**Розділ 2 Алгоритми машинного навчання без вчителя**

Тема 2.1 Кластеризація

Тема 2.2 Пониження розмірності

Тема 2.3 Пошук аномалій

**Розділ 3 Штучні нейронні мережі**

Тема 3.1 Просунуті методи математичної оптимізації

Тема 3.2 Штучні нейронні мережі

Тема 3.3 Оптимізація гіперпараметрів

**Розділ 4 Проєктування систем машинного навчання**

Тема 4.1 Життєвий цикл систем машинного навчання

Тема 4.2 Хмарні технології у машинному навчанні

## 4. Навчальні матеріали та ресурси

### Базова література

1. Vemuri V. K. The Hundred-Page Machine Learning Book: by Andriy Burkov //Quebec City, Canada. – 2019. – Т. 160.
2. Géron A. Hands-on machine learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow: Concepts, tools, and techniques to build intelligent systems. – " O'Reilly Media, Inc.", 2019.
3. Kelleher J. D., Mac Namee B., D'arcy A. Fundamentals of machine learning for predictive data analytics: algorithms, worked examples, and case studies. – MIT press, 2020.

### Додаткова література

1. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep learning. – MIT press, 2016.

### Для викладання навчальної дисципліни необхідні наступні ресурси:

- у лекційній аудиторії має бути комп'ютер з доступом до мережі Інтернет та проектор;
- в аудиторії, де проводяться лабораторні роботи (комп'ютерні практикуми), мають бути робочі станції з доступом до мережі Інтернет;
- на робочих станціях студентів лабораторних робіт (комп'ютерних практикумів), мають бути встановлені: Python3 з бібліотеками NumPy, matplotlib.

## Навчальний контент

## 5. Методика опанування навчальної дисципліни

### 5.1 Тематика лекцій

Теми лекцій та перелік основних питань наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

|   |  |
|---|--|
| 1 | <b>Вступ до дисципліни.</b><br>Знайомство з основними розділами дисципліни та видами робіт, що передбачено під час вивчення дисципліни. Введення базових понять. |
| 2 | <b>Лінійна регресія</b><br>Задача регресії. Лінійна регресія. Метод градієнтного спуску.   |
| 3 | <b>Поліноміальна регресія</b><br>Поліноміальна регресія. Моделювання нелінійних даних.   |
| 4 | <b>Логістична регресія</b><br>Задача класифікації. Логістична регресія.  |
| 5 | <b>Метод опорних векторів</b>  |

|    |   |
|----|---|
| 1  | <b>Вступ до дисципліни.</b><br>Знайомство з основними розділами дисципліни та видами робіт, що передбачено під час вивчення дисципліни. Введення базових понять.<br>Метод опорних векторів. Метод ядра. |
| 6  | <b>Дерево прийняття рішень</b><br>Вирішення задачі класифікації методом дерева прийняття рішень.  |
| 7  | <b>Ансамблі-1</b><br>Ансамблювання методів. Ліс прийняття рішень.   |
| 8  | <b>Ансамблі-2</b><br>Метод Adaboost   |
| 9  | <b>Задача кластеризації</b><br>Метод к-середніх. Ієрархічна кластеризація. DBSCAN.  |
| 10 | <b>Задача пониження розмірності</b><br>Аналіз головних компонент. Алгоритми TSNE, UMAP.   |
| 11 | <b>Задача пошуку аномалій</b><br>Ймовірнісні методи. Ізолюючий ліс.   |
| 12 | <b>Методи математичної оптимізації</b><br>Алгоритми SGD, RmsProp, Adam, BFGS  |
| 13 | <b>Штучні нейронні мережі-1</b><br>Означення. Алгоритм прямого розповсюдження.  |
| 14 | <b>Штучні нейронні мережі-2</b><br>Алгоритм зворотнього розповсюдження.   |
| 15 | <b>Штучні нейронні мережі-3</b><br>Програмування нейронних мереж. Фрейворки TensorFlow, PyTorch.  |
| 16 | <b>Мета-оптимізація. Пошук гіперпараметрів</b><br>Методи оптимізації гіперпараметрів.   |
| 17 | <b>Життєвий цикл систем машинного навчання</b><br>Особливості проектування, розробки, розгортання та підтримування  |
| 18 | <b>Хмарні технології у машинному навчанні</b><br>AWS, Azure, Google Cloud   |

## 5.2 Тематика комп'ютерних практикумів/лабораторних робіт

- a) Знайомство з бібліотекою NumPy;
- b) Лінійна та поліноміальна регресія;
- c) Логістична регресія;
- d) Навчання без вчителя;
- e) Програмування штучних нейронних мереж.

## 6. Самостійна робота студента

У рамках самостійної роботи, студенти опрацьовують матеріал щодо деталей реалізацій методів машинного навчання, найкращих практик щодо організації коду підготовки даних, організації коду роботи алгоритмів.

## Задіяні методи і засоби навчання

Задіяні різні **методи навчання**, а саме за характером логіки пізнання, проблемно-орієнтований, на основі цілісного підходу до процесу навчання (лекційний матеріал та завдання до лабораторних робіт тісно пов'язані між собою), самостійна навчально-пізнавальна діяльність, в процесі яких проявляється та оцінюється індивідуальна діяльність студентів (комп'ютерні практикуми передбачають виконання поза межами відведених занять за розкладом, а на занятті вони лише захищають роботу), міждисциплінарний підхід до навчання (при вивченні дисципліни активно використовуються знання, які студенти здобули на таких дисциплінах як Програмування та інші. Перевага віддається саме продуктивним методам, які спрямовані на активізацію і стимулювання навчально-пізнавальної діяльності студента.

Основним **засобами навчання** є:

- Інформаційні засоби (конспекти лекцій, презентації до лекцій, теоретичні відомості до виконання лабораторних робіт, відомості до виконання самостійної роботи студента, додаткова література до вивчення навчальної дисципліни);
- Дидактичні засоби (таблиці, презентації, демонстраційні приклади реалізації практичних завдань, програмні засоби навчального призначення у вигляді інструментарію для виконання лабораторних робіт);
- Технічні засоби:
  - o Мультимедійні системи (мультимедійний проектор або дошка);
  - o Апаратне та програмне забезпечення:
    - З програмного забезпечення використовуються:
      - Прикладне програмне забезпечення Python, інтерактивне середовище програмування Jupyter Notebooks;
    - o Засоби комунікації зі студентами:
      - розміщення теоретичних матеріалів, завдань до лабораторних робіт, самостійної роботи студентів, питань до заліку та інше (Система «Електронний Кампус»);
      - обмін повідомленнями (Телеграм-чат).

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Як викладач, так і студент зобов'язані дотримуватись [Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»](#).

Основні положення політики:

- відвідування лекційних та лабораторних робіт є обов'язковою складовою вивчення матеріалу;
- впродовж занять студенти можуть задавати питання стосовно матеріалу, що викладається; студенти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури проведення та оцінювання контрольних заходів;

- студенти мають право оскаржити результати контрольних заходів, аргументовано пояснивши з яким критерієм не погоджуються відповідно до оціночного листа та/або зауважень;
- у випадку виявлення факту академічної недоброчесності робота не зараховується;
- заохочувальні бали виставляються за: активну участь на лекціях, кількість заохочуваних балів на більше 10;
- невчасне виконання лабораторних робіт тягне за собою зниження отриманих балів: кожен тиждень -10% від максимальної кількості балів.

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

### 8.1 Поточний контроль

Поточний контроль успішності засвоєння знань виконується шляхом виконання ними: лабораторних робіт, МКР, завдань, що видані для самостійної проробки. Таким чином, семестровий рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує за:

- лабораторні роботи;
- одну модульну контрольну роботу;
- самостійну роботу;
- відповідь на заліку.

### 8.2 Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

#### Лабораторні роботи

Вагові бали кожної практичної роботи наведені у таблиці 1. Сумарний ваговий бал за даний контрольний захід складає **60 балів**.

Критерії оцінювання практичних робіт включають якість її виконання, захисту та оформлення звіту (таблиця 3).

- f) Знайомство з бібліотекою NumPy;
- g) Лінійна та поліноміальна регресія;
- h) Логістична регресія;
- i) Навчання без вчителя;
- j) Програмування штучних нейронних мереж.

Таблиця 3 – Вагові бали та критерії оцінювання комп'ютерних практикумів

| Назва роботи                          | Бали      |        |      |      |
|---------------------------------------|-----------|--------|------|------|
|                                       | Виконання | Захист | Звіт | Сума |
| Знайомство з бібліотекою NumPy        | 6         | 6      |      | 12   |
| Лінійна та поліноміальна регресія     | 6         | 6      |      | 12   |
| Логістична регресія                   | 6         | 6      |      | 12   |
| Навчання без вчителя                  | 6         | 6      |      | 12   |
| Програмування штучних нейронних мереж | 6         | 6      |      | 12   |

|                                    |           |           |  |           |
|------------------------------------|-----------|-----------|--|-----------|
| <b>Разом за лабораторні роботи</b> | <b>30</b> | <b>30</b> |  | <b>60</b> |
|------------------------------------|-----------|-----------|--|-----------|

*Критерії оцінювання лабораторних робіт 1-5:*

*"відмінно"* – робота виконана та захищена без зауважень, максимальний балів;

*"добре"* – достатньо повне виконання роботи з деякими похибками, 75% від максимальної кількості балів;

*"задовільно"* – неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації), 50% від максимальної кількості балів;

*"незадовільно"* – при виконанні або під час захисту роботи були виявлені помилки, -0 балів.

### **Модульна контрольна робота**

Модульна контрольна робота складається з 2-х частин: перелік тестових питань та завдання на розробку системи машинного навчання.

Ваговий бал кожної частини МКР – 20 балів. Ваговий бал за даний контрольний захід для однієї МКР – 20×2 бали = 40 балів.

*Критерії оцінювання кожної частини МКР:*

– *"відмінно"*, повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) –20 балів;

– *"добре"*, достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними помилками – 15-19,5 балів;

– *"задовільно"*, неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 10-15 балів;

– *"незадовільно"*, незадовільна відповідь (неправильний розв'язок) –0 балів.

### **Штрафні та заохочувальні бали за:**

- виконання додаткових завдань – 10 балів.

### **Умови позитивної проміжної атестації**

За результатами навчальної роботи за перші 7 тижнів «ідеальний студент» має набрати 25-балів. На першій атестації (8-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 13 балів.

За результатами 13 тижнів навчання «ідеальний студент» має набрати 71-бал. На другій атестації (14-й тиждень) студент отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 35 балів.

### **Розрахунок шкали рейтингу R:**

Максимальна сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R_c = 60+40=100 \text{ балів.}$$

Необхідною умовою отримання заліку є:

- виконання 5 лабораторних робіт на оцінку не нижче ніж “задовільно”;
- виконання МКР не нижче ніж на оцінку “задовільно” (тобто не менше 20 балів);
- стартовий рейтинг ( $r_c$ ) не менше 60% від  $R$ , тобто 60 балів.

Студенти, які наприкінці семестру мають рейтинг менше 60 балів, а також ті, хто хоче підвищити оцінку в системі ECTS, виконують залікову контрольну роботу. При цьому до існуючих балів додаються бали за контрольну роботу і ця рейтингова оцінка є остаточною. Завдання залікової контрольної роботи складаються з одного практичного завдання з різних розділів дисципліни.

Критерії оцінювання залікової контрольної роботи наведені в таблиці 5. Критерії застосовуються, якщо програмне забезпечення компілюється та запускається. Інакше -0

Таблиця 5. Критерії оцінювання залікової контрольної роботи

| <b>Вирішення задачі класифікації з використанням методів машинного навчання</b> |   |
|---|---|
| Організовані дані для навчання  | 3 |
| Виконана оптимізація гіперпараметрів  | 3 |
| Самостійно реалізована модель   | 3 |
| Застосований метод ансамблювання  | 3 |
| Досягнена точність >80%   | 3 |

Для отримання студентом відповідних оцінок (ECTS та традиційних) його рейтингова оцінка  $R_D$  переводиться згідно з таблицею 6.

Таблиця 6

| <b>Бали</b>               | <b>Оцінка</b> |
|---------------------------|---------------|
| 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)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль розміщений в системі «Електронний кампус» та оприлюднюються в телеграм-каналі по дисципліні.

### Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено ас. Каф. Сарнацький Владислав Віталійович

Ухвалено кафедрою АСОІУ (протокол № 13 від 27.06.2022р. )



**Погоджено** Методичною комісією факультету<sup>1</sup> (протокол № 11 від 07.07.2022р.)