

ЗАТВЕРДЖУЮ



Декан факультету інформаційних технологій

Тетяна ГОВОРУЩЕНКО
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

2025 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Моделювання та інтелектуальна обробка інформації

Назва дисципліни

Галузь знань – F Інформаційні технології

Спеціальність – F3 Комп'ютерні науки

Рівень вищої освіти – Третій (доктор філософії)

Освітньо-професійна програма – Комп'ютерні науки

Обсяг дисципліни – 6 кредитів ЄКТС, Шифр дисципліни – ОФП.03

Мова навчання – українська

Статус дисципліни: обов'язкова (фахової підготовки)

Факультет – Інформаційних технологій

Кафедра – Комп'ютерних наук

Форма здобуття освіти	Курс	Семестр	Загальний обсяг		Кількість годин						Курсовий проект	Курсова робота	Форма семестрового контролю	
					Аудиторні заняття					Самостійна робота, у т.ч. ІРС			Залік	Іспит
			Кредити ЄКТС	Години	Разом	Лекції	Лабораторні роботи	Практичні заняття	Семінарські заняття					
Д	1	2	6	180	50	16	34			130				+

Робоча програма складена на основі освітньо-наукової програми «Комп'ютерні науки» за спеціальністю F3 «Комп'ютерні науки»

Робоча програма складена

Підпис автора(ів)

канд. техн.наук, доцент Руслан БАГРІЙ
Науковий ступінь, вчене звання, Ім'я, ПРІЗВИЩЕ автора(ів)

Схвалена на засіданні кафедри

Комп'ютерних наук

Протокол від 29.08.2025 № 1

Зав. кафедри

Підпис

Олександр БАРМАК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Робоча програма розглянута та схвалена вченою радою факультету інформаційних технологій

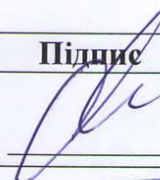
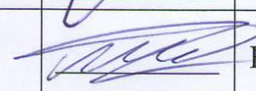
Голова вченої ради факультету

Підпис

Тетяна ГОВОРУЩЕНКО
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Хмельницький 2025

2 ЛИСТ ПОГОДЖЕННЯ

Посада	Назва кафедри	Підпис	Ініціали, прізвище
Завідувач кафедри, д-р. техн. наук, проф.	Комп'ютерні науки		Олександр БАРМАК
Гарант освітньо-професійної програми, д-р. техн. н., проф.	Комп'ютерні науки		Едуард МАНЗЮК

3. Пояснювальна записка

Дисципліна «Моделювання та інтелектуальна обробка інформації» є обов'язковою дисципліною фахової підготовки і займає провідне місце у підготовці здобувачів третього (доктор філософії) рівня вищої освіти, очної (денної) (далі – денної) форми здобуття вищої освіти, які навчаються за освітньо-науковою програмою «Комп'ютерні науки» в межах спеціальності F3 «Комп'ютерні науки».

Пререквізити – «ОЗП.03 Управління проєктами в дослідженні та розробці», «ОФП.01 Людиноцентризований штучний інтелект», «ОФП.02 Методи вирішення слабоформалізованих задач», «ОФП.04 Сучасні методології, методи та інструменти експериментальних і теоретичних досліджень у сфері комп'ютерних наук».

Постреквізити – «ОФП.05 Педагогічна (викладацька) практика».

Відповідно до освітньої програми дисципліна сприяє забезпеченню:

компетентностей: здатність продукувати нові ідеї, розв'язувати комплексні проблеми у сфері комп'ютерних наук, застосовувати методологію наукової та педагогічної діяльності, а також проводити власне наукове дослідження, результати якого мають наукову новизну, теоретичне та практичне значення (ІК); здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК01); здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел (ЗК02); здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у комп'ютерних науках та дотичних до них міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з комп'ютерних наук та суміжних галузей (ФК01); здатність застосовувати сучасні методології, методи та інструменти експериментальних і теоретичних досліджень у сфері комп'ютерних наук, сучасні цифрові технології, бази даних та інші електронні ресурси у науковій та освітній діяльності (ФК02); здатність виявляти, ставити та вирішувати дослідницькі науково-прикладні задачі та/або проблеми в сфері комп'ютерних наук, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень (ФК03); здатність ініціювати, розробляти і реалізовувати комплексні інноваційні проєкти у галузі комп'ютерних наук та дотичні до неї міждисциплінарних проєктах, демонструвати лідерство під час їх реалізації (ФК04); здатність аналізувати та оцінювати сучасний стан тенденції розвитку комп'ютерних наук та інформаційних технологій (ФК06).

програмних результатів навчання: формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані (ПРН03); розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних продуктів у комп'ютерних науках та дотичних міждисциплінарних напрямках (ПРН04); застосовувати сучасні інструменти і технології пошуку, оброблення та аналізу інформації, зокрема, статистичні методи аналізу даних великого обсягу та/або складної структури, спеціалізовані бази даних та інформаційні системи (ПРН06); визначати актуальні наукові та практичні проблеми у сфері комп'ютерних наук, глибоко розуміти загальні принципи та методи комп'ютерних наук, а також методологію наукових досліджень, застосувати їх у власних дослідженнях у сфері комп'ютерних наук та у викладацькій практиці (ПРН08).

Мета дисципліни. Формування у здобувачів поглиблених концептуальних та методологічних знань у сфері інтелектуальної обробки інформації та моделювання, а також розвиток дослідницьких навичок, достатніх для проведення оригінальних наукових досліджень, розробки, валідації та інтерпретації складних комп'ютерних моделей для отримання нових знань у комп'ютерних науках.

Предмет дисципліни. Методологія повного циклу наукового дослідження в галузі машинного навчання: від постановки задачі, передобробки даних та інженерії ознак до побудови, налаштування та оцінки класичних, ансамблевих і нейромережових моделей, а також технології управління життєвим циклом моделей (MLOps) для забезпечення відтворюваності та якості наукових експериментів.

Завдання дисципліни. Засвоєння фундаментальних принципів науки про дані; набуття навичок розвідувального аналізу та інженерії ознак; формування вмінь розробляти, програмно реалізовувати та налаштовувати моделі машинного навчання; розвиток навичок критичної оцінки

їх якості та інтерпретації результатів; опанування MLOps-інструментів для управління відтворюваністю наукових експериментів.

Результати навчання. Після вивчення дисципліни здобувач повинен: мати ґрунтовні концептуальні та методологічні знання з моделювання та інтелектуальної обробки інформації, що відповідають сучасному стану досліджень у галузі; вміти формулювати і перевіряти дослідницькі гіпотези; застосовувати розвідувальний аналіз та статистичні методи для обґрунтування висновків; розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі, включно з ансамблями та нейронними мережами, ефективно використовуючи їх для отримання нових знань; застосовувати сучасні інструменти і технології для всього циклу роботи з даними: від передобробки та інженерії ознак до налаштування гіперпараметрів та валідації моделей; критично оцінювати адекватність і надійність моделей, інтерпретувати їх результати та забезпечувати відтворюваність експериментів за допомогою MLOps-платформ; визначати актуальні наукові проблеми у сфері моделювання, глибоко розуміти методологію наукових досліджень та застосовувати її у власній дослідницькій та викладацькій практиці.

4. Структура залікових кредитів дисципліни

Назва розділу (теми)	Кількість годин, відведених на:		
	лекції	лабораторні заняття	СРС
Тема 1. Основи інтелектуальної обробки даних	6	12	30
Тема 2. Побудова та валідація прогностичних моделей	6	12	50
Тема 3. Сучасні архітектури глибокого навчання та дослідницька практика	4	10	50
Разом:	16	34	130

5. Програма навчальної дисципліни

5.1 Зміст лекційного курсу

Номер лекції	Перелік тем лекцій, їх анотації	Кількість годин
	<i>Тема 1. Основи інтелектуальної обробки даних</i>	6
1	Основи інтелектуальної обробки інформації та постановка задач Ключові поняття Data Science, AI, ML, IDA. Типи задач (класифікація, регресія). Формалізація дослідницьких задач, вибір цільової ознаки та метрик. Узагальнений алгоритм машинного навчання. Літ.: [1-4]	2
2	Передобробка даних та розвідувальний аналіз (EDA) Методи очищення даних (пропуски, викиди). Стандартизація та нормалізація. Робота з різнотипними даними. Техніки EDA для формулювання гіпотез та виявлення закономірностей у даних. Літ.: [5-7]	2
3	Інженерія ознак та інтерпретабельність моделей Синтез та генерація нових ознак. Методи автоматизованого відбору ознак (фільтраційні, обгорткові). Аналіз важливості та інтерпретація впливу ознак на модель за допомогою SHAP та LIME. Літ.: [8-10]	2
	<i>Тема 2. Побудова та валідація прогностичних моделей</i>	6
4	Класичні моделі машинного навчання Теоретичні основи та практична реалізація лінійних та логістичних регресій, методу опорних векторів (SVM), методу k-найближчих сусідів (k-NN) та дерев рішень. Розгляд їх переваг, недоліків та областей застосування у наукових дослідженнях. Літ.: [11-13]	2
5	Ансамблеві методи та регуляризація моделей Створення ансамблів: беггінг (Random Forest), бустинг (GBM, XGBoost), стекінг. Методи регуляризації (L1, L2, Dropout) для уникнення перенавчання. Літ.: [14-16]	2
6	Налаштування та оцінка ефективності моделей Оптимізація гіперпараметрів (Grid Search, Random Search, Bayesian Optimization). Стратегії крос-валідації. Метрики оцінки для класифікації (F1, ROC-AUC) та регресії. Літ.: [17-20]	2
	<i>Тема 3. Сучасні архітектури глибокого навчання та дослідницька практика</i>	4

7	Застосування глибокого навчання для аналізу неструктурованих даних Огляд та принципи сучасних архітектур (CNN, RNN). Аналіз зображень за допомогою CNN та трансферного навчання. Аналіз послідовностей з використанням RNN (LSTM/GRU). Практичні аспекти навчання: оптимізатори, швидкість навчання, методи боротьби з перенавчанням (Dropout, рання зупинка). Літ.: [21-25]	2
8	Платформи для керування життєвим циклом моделей Концепція MLOps у наукових дослідженнях. Життєвий цикл ML-моделі. Практичне застосування W&B та MLflow для трекінгу експериментів та версіонування артефактів. Літ.: [26-29]	2
Разом:		16

5.2 Зміст лабораторних занять

№ п/п	Тема лабораторного заняття	Кількість годин
	<i>Тема 1. Основи інтелектуальної обробки даних</i>	12
1	Комплексний розвідувальний аналіз даних (EDA) для формулювання дослідницьких гіпотез Літ.: [5, 6]	4
2	Інженерія ознак та інтерпретація моделей за допомогою методів SHAP та LIME Літ.: [8-10]	8
	<i>Тема 2. Побудова та валідація прогностичних моделей</i>	12
3	Порівняльний аналіз класичних моделей машинного навчання для задач класифікації та регресії Літ.: [11, 13]	4
4	Побудова та оптимізація ансамблевих моделей з використанням просунутих технік валідації. Літ.: [14-16, 18]	8
	<i>Тема 3. Сучасні архітектури глибокого навчання та дослідницька практика</i>	10
5	Побудова та валідація згорткової нейронної мережі (CNN) для класифікації зображень з використанням трансферного навчання. Літ.: [21, 24, 25]	4
6	Етапи розробки моделі машинного навчання за допомогою сервісу W&B. Літ.: [26-28]	6
Разом:		34

5.3 Зміст самостійної (у т.ч. індивідуальної) роботи здобувача вищої освіти

Самостійна робота студентів усіх форм здобуття освіти полягає у систематичному опрацюванні програмного матеріалу з відповідних джерел інформації, підготовці до виконання і захисту лабораторних робіт та індивідуальних завдань. Крім цього, до послуг студентів сторінка навчальної дисципліни у Модульному середовищі для навчання, де розміщені Робоча програма дисципліни та необхідні документи з її навчально-методичного забезпечення.

Номер тижня	Вид самостійної роботи	Кількість годин
1-2	Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до виконання лабораторної роботи №1.	10
3-6	Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до захисту лабораторної роботи №1 та виконання лабораторної роботи №2.	20

Номер тижня	Вид самостійної роботи	Кількість годин
7-8	Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до захисту лабораторної роботи №2 та виконання лабораторної роботи №3. Початок виконання індивідуального завдання.	20
9-12	Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до захисту лабораторної роботи №3 та виконання лабораторної роботи №4. Продовження роботи над індивідуальним завданням.	30
13-14	Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до захисту лабораторної роботи №4 та виконання лабораторної роботи №5. Продовження роботи над індивідуальним завданням.	20
15-16	Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до захисту лабораторної роботи №5 та виконання лабораторної роботи №6. Завершення виконання індивідуального завдання.	20
17	Опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до захисту лабораторних робіт. Оформлення звіту з самостійної роботи. Презентація результатів виконання індивідуального завдання.	10
	Разом:	130

На самостійне опрацювання студентів виносяться визначені у методичних рекомендаціях до лабораторних занять та самостійної роботи індивідуальні домашні завдання (ІДЗ) з відповідних тем. Керівництво самостійною роботою та контроль за виконанням індивідуального завдання здійснюється викладачем згідно з розкладом консультацій у позаурочний час.

Вимоги до виконання індивідуального домашнього завдання викладені в Модульному середовищі для навчання на сторінці навчальної дисципліни.

6. Технології та методи навчання

Процес навчання з дисципліни ґрунтується на використанні традиційних та сучасних технологій та методів навчання, зокрема: лекції (з використанням мультимедійних презентацій, методів візуалізації, пояснення, проблемного й інтерактивного навчання, методів стимулювання і мотивації, інформаційно-комунікаційних технологій, інтенсифікації та індивідуалізації навчання); лабораторні заняття (з використанням методів комп'ютерного моделювання, методів проєктної діяльності, аналізу проблемних ситуацій, пояснення, дискусії); самостійна робота (робота над засвоєнням теоретичного матеріалу, виконання індивідуальних завдань, підготовка до виконання та захисту лабораторних робіт, опрацювання навчально-методичних матеріалів, розміщених у модульному середовищі навчання), з використанням інформаційно-комп'ютерних технологій та технологій дистанційного навчання.

7. Методи контролю

Поточний контроль здійснюється під час аудиторних лабораторних занять, а також у дні проведення контрольних заходів, встановлених робочою програмою і графіком освітнього процесу, в т.ч. з використанням Модульного середовища для навчання. При цьому використовуються такі методи поточного контролю:

- усне опитування перед допуском до лабораторного заняття;
- оцінювання результатів захисту лабораторних робіт;
- презентація і захист індивідуальних завдань.

При виведенні підсумкової семестрової оцінки враховуються результати як поточного контролю, так і підсумкового контролю, який проводиться з усього матеріалу дисципліни за білетами, попередньо розробленими і затвердженими на засіданні кафедри. Здобувач вищої освіти, який набрав з будь-якого виду навчальної роботи, суму балів нижчу за 60 відсотків від максимального балу, **не допускається** до семестрового контролю, поки не виконає обсяг роботи, передбачений Робочою програмою. Здобувач вищої освіти, який набрав позитивний середньозважений бал (60 відсотків і більше від максимального балу) з усіх видів поточного контролю і не склав іспит, вважається таким, який **має** академічну заборгованість. Ліквідація

академічної заборгованості із семестрового контролю здійснюється у період екзаменаційної сесії або за графіком, встановленим деканатом відповідно до «Положення про контроль і оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти у ХНУ».

8. Політика дисципліни

Політика навчальної дисципліни загалом визначається системою вимог до здобувача вищої освіти, що передбачені чинними положеннями Університету про організацію і навчально-методичне забезпечення освітнього процесу. Зокрема, проходження інструктажу з техніки безпеки; відвідування занять з дисципліни є обов'язковим. За об'єктивних причин (підтверджених документально) теоретичне навчання за погодженням із лектором може відбуватись в он-лайн режимі. Успішне опанування дисципліни і формування фахових компетентностей і програмних результатів навчання передбачає необхідність підготовки до лабораторного заняття (вивчення теоретичного матеріалу з теми роботи, підготовку до усного опитування для допуску до заняття (наведені у Методичних рекомендаціях до лабораторних занять)), активно працювати на занятті, якісно підготувати звіт, захистити результати виконаної роботи, брати участь у дискусіях щодо прийнятих рішень при виконанні здобувачами лабораторних робіт тощо.

Здобувачі вищої освіти мають дотримуватися встановлених термінів виконання всіх видів навчальної роботи відповідно до робочої програми навчальної дисципліни. Термін захисту лабораторної роботи вважається своєчасним, якщо студент захистив її на наступному після виконання роботи занятті. Пропущене лабораторне заняття студент зобов'язаний відпрацювати у встановлений викладачем термін, але не пізніше, ніж за два тижні до кінця теоретичних занять у семестрі.

Засвоєння студентом теоретичного матеріалу з дисципліни перевіряється в процесі поточного контролю під час лабораторних занять. Виконання індивідуального завдання завершується його презентацією у терміни, встановлені графіком самостійної роботи.

Здобувач вищої освіти, виконуючи індивідуальну роботу з дисципліни, має дотримуватися політики доброчесності (заборонені списування, плагіат (в т.ч. із використанням мобільних девайсів)). У разі виявлення порушення політики академічної доброчесності в будь-яких видах навчальної роботи здобувач вищої освіти отримує незадовільну оцінку і має повторно виконати завдання з відповідної теми (виду роботи), що передбачені робочою програмою. Будь-які форми порушення академічної доброчесності **не допускаються**.

У межах вивчення навчальної дисципліни здобувачам вищої освіти передбачено визнання і зарахування результатів навчання, набутих шляхом неформальної освіти, що розміщені на доступних платформах, які сприяють формування компетентностей і поглибленню результатів навчання, визначених робочою програмою дисципліни, або забезпечують вивчення відповідної теми та/або виду робіт з програми навчальної дисципліни (детальніше у Положенні про порядок визнання та зарахування результатів навчання здобувачів вищої освіти у ХНУ).

Сертифікат про завершення онлайн-курсу "Інженерія ознак для машинного навчання" <https://app.datacamp.com/learn/courses/feature-engineering-with-pyspark> може бути зарахований як результат виконання лабораторної роботи №2.

Сертифікат про завершення онлайн-курсу "Машинне навчання з використанням PySpark" <https://app.datacamp.com/learn/courses/machine-learning-with-pyspark> може бути зарахований як результат виконання лабораторної роботи №3 та №4

Сертифікат про завершення онлайн-курсу " Система керування життєвим циклом машинного навчання MLflow" <https://app.datacamp.com/learn/courses/introduction-to-mlflow> може бути зарахований як результат виконання лабораторної роботи №6

9. Оцінювання результатів навчання студентів у семестрі

Оцінювання академічних досягнень здобувача вищої освіти здійснюється відповідно до «Положення про контроль і оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти у ХНУ». При поточному оцінюванні виконаної здобувачем роботи з кожної структурної одиниці і отриманих ним результатів викладач виставляє йому певну кількість балів із встановлених Робочою програмою для цього виду роботи. При цьому кожна структурна одиниця навчальної роботи може бути зарахована, якщо здобувач набрав не менше 60 відсотків (мінімальний рівень для позитивної оцінки) від максимально можливої суми балів, призначеної структурній одиниці.

При оцінюванні результатів навчання здобувачів вищої освіти з будь-якого виду навчальної

роботи (структурної одиниці) рекомендується використовувати наведені нижче узагальнені критерії:

Таблиця – Критерії оцінювання навчальних досягнень здобувача вищої освіти

Оцінка та рівень досягнення здобувачем запланованих ПРН та сформованих компетентностей	Узагальнений зміст критерія оцінювання
Відмінно (високий)	Здобувач вищої освіти глибоко і у повному обсязі опанував зміст навчального матеріалу, легко в ньому орієнтується і вміло використовує понятійний апарат; уміє пов'язувати теорію з практикою, вирішувати практичні завдання, впевнено висловлювати і обґрунтовувати свої судження. Відмінна оцінка передбачає логічний виклад відповіді мовою викладання (в усній або у письмовій формі), демонструє якісне оформлення роботи і володіння спеціальними приладами та інструментами, прикладними програмами. Здобувач не вагається при видозміні запитання, вміє робити детальні та узагальнюючі висновки, демонструє практичні навички з вирішення фахових завдань. При відповіді допустив дві–три несуттєві <i>похибки</i> .
Добре (середній)	Здобувач вищої освіти виявив повне засвоєння навчального матеріалу, володіє понятійним апаратом, орієнтується у вивченому матеріалі; свідомо використовує теоретичні знання для вирішення практичних задач; виклад відповіді грамотний, але у змісті і формі відповіді можуть мати місце окремі неточності, нечіткі формулювання правил, закономірностей тощо. Відповідь здобувача вищої освіти будується на основі самостійного мислення. Здобувач вищої освіти у відповіді допустив дві–три <i>несуттєві помилки</i> .
Задовільно (достатній)	Здобувач вищої освіти виявив знання основного програмного матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання та практичної діяльності за професією, справляється з виконанням практичних завдань, передбачених програмою. Як правило, відповідь здобувача вищої освіти будується на рівні репродуктивного мислення, здобувач вищої освіти має слабкі знання структури навчальної дисципліни, допускає неточності і <i>суттєві помилки</i> у відповіді, вагається при відповіді на видозмінене запитання. Разом з тим, набув навичок, необхідних для виконання нескладних практичних завдань, які відповідають мінімальним критеріям оцінювання і володіє знаннями, що дозволяють йому під керівництвом викладача усунути неточності у відповіді.
Незадовільно (недостатній)	Здобувач вищої освіти виявив розрізнені, безсистемні знання, не вміє виділяти головне і другорядне, допускається помилок у визначенні понять, перекручує їх зміст, хаотично і невпевнено викладає матеріал, не може використовувати знання при вирішенні практичних завдань. Як правило, оцінка «незадовільно» виставляється здобувачеві вищої освіти, який не може продовжити навчання без додаткової роботи з вивчення навчальної дисципліни.

Структурування дисципліни за видами навчальної роботи і оцінювання результатів навчання студентів денної форми здобуття освіти у семестрі

Аудиторна робота						Самостійна робота	Семестровий контроль	Разом
Лабораторні роботи №:						ІДЗ	Іспит	Сума балів
1	2	3	4	5	6	1		

Кількість балів за вид навчальної роботи (мінімум-максимум)							
3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	18-30	24-40
18-30						18-30	24-40
							60-100*

Примітки: *За набрану з будь-якого виду навчальної роботи з дисципліни кількість балів, нижче встановленого мінімуму, здобувач отримує незадовільну оцінку і має її перездати у встановлений викладачем (деканом) термін. Інституційна оцінка встановлюється відповідно до таблиці «Співвідношення інституційної шкали оцінювання і шкали оцінювання ЄКТС».

Оцінювання результатів захисту лабораторної роботи

Виконана й оформлена відповідно до встановлених методичними рекомендаціями вимог лабораторна робота комплексно оцінюється викладачем при її захисті з урахуванням таких критеріїв: самостійність та правильність виконання; знання теоретичного матеріалу; здатність аргументувати прийняті рішення; повнота та якість отриманих результатів; дотримання вимог до оформлення та структурування роботи; уміння виправляти виявлені помилки у ході захисту.

Результат виконання і захисту здобувачем вищої освіти кожної лабораторної роботи оцінюється відповідно до таблиці "**Критеріїв оцінювання навчальних досягнень здобувача вищої освіти**" (мінімальний позитивний бал – 3 бали, максимальний – 5 балів).

У випадку виявлення здобувачем рівня знань, нижчого ніж 60 відсотків від максимального балу, встановленого Робочою програмою для кожної структурної одиниці, лабораторна робота йому **не зараховується** і для її захисту він має детальніше опрацювати матеріал з теми роботи, методику її виконання, виправити грубі помилки та повторно вийти на її захист у призначений для цього викладачем час.

Оцінювання результатів виконання індивідуального домашнього завдання

Виконане та оформлене відповідно до вимог, визначених Методичними рекомендаціями, індивідуальне домашнє завдання (ІДЗ) комплексно оцінюється викладачем з урахуванням таких критеріїв: самостійність виконання; правильність розв'язання поставлених задач; обґрунтованість вибору методів розв'язання; повнота пояснень та аргументованість відповідей; якість оформлення та дотримання вимог до структури і змісту роботи.

Результат виконання здобувачем вищої освіти кожного ІДЗ оцінюється відповідно до таблиці **Критеріїв оцінювання навчальних досягнень здобувача вищої освіти** з урахуванням рівня досягнення запланованих програмних результатів навчання та сформованих компетентностей. За підсумками захисту присвоюється відповідна сума балів (мінімальний позитивний бал – 15 балів, максимальний – 30 балів).

У разі, якщо здобувач вищої освіти виявив рівень знань і виконання ІДЗ, що нижчий ніж 60 відсотків від максимальної кількості балів, встановленої Робочою програмою для цієї структурної одиниці, завдання не зараховується. У такому випадку студент має повторно опрацювати зміст завдання, усунути помилки та здати на перевірку доопрацьоване ІДЗ у терміни, погоджені з викладачем.

Оцінювання результатів підсумкового семестрового контролю (іспит)

Освітня програма передбачає підсумковий семестровий контроль з дисципліни у формі іспиту, завданням якого є системне й об'єктивне оцінювання як теоретичної, так і практичної підготовки здобувача з навчальної дисципліни. Складання іспиту відбувається за попередньо розробленими і затвердженими на засіданні кафедри білетами. Відповідно до цього в екзаменаційному білеті пропонується поєднання питань як теоретичного (в т.ч. у тестовій формі), так і практичного характеру.

Таблиця – Оцінювання результатів підсумкового семестрового контролю здобувачів денної форми навчання (40 балів для підсумкового контролю)

Види завдань	Для кожного окремого виду завдань		
	Мінімальний (достатній) бал (задовільно)	Потенційні позитивні бали* (середній бал) (добре)	Максимальний (високий) бал (відмінно)
Теоретичне питання № 1	6	8	10
Теоретичне питання № 2	6	8	10

Практичне завдання	12	16	20
Разом:	24		40

Примітка. * Позитивний бал за іспит, відмінний від мінімального (24 бали) та максимального (40 балів), знаходиться в межах 25-39 балів та розраховується як сума балів за усі структурні елементи (завдання) іспиту.

Для кожного окремого виду завдань підсумкового семестрового контролю застосовуються критерії оцінювання навчальних досягнень здобувача вищої освіти, наведені вище (**Таблиця – Критерії оцінювання навчальних досягнень здобувача вищої освіти**).

Підсумкова семестрова оцінка за інституційною шкалою і шкалою ЄКТС визначається в автоматизованому режимі після внесення викладачем результатів оцінювання у балах з усіх видів навчальної роботи до електронного журналу. Співвідношення інституційної шкали оцінювання і шкали оцінювання ЄКТС наведені нижче у таблиці «Співвідношення».

Семестровий іспит виставляється, якщо загальна сума балів, яку набрав студент з дисципліни за результатами поточного контролю, знаходиться у межах від 60 до 100 балів. При цьому за інституційною шкалою ставиться оцінка «відмінно/добре/задовільно», а за шкалою ЄКТС – буквене позначення оцінки, що відповідає набраній студентом сумі балів відповідно до таблиці Співвідношення.

Таблиця – Співвідношення інституційної шкали оцінювання і шкали оцінювання ЄКТС

Оцінка ЄКТС	Рейтингова шкала балів	Інституційна оцінка (рівень досягнення здобувачем вищої освіти запланованих результатів навчання з навчальної дисципліни)	
		Залік	Іспит/диференційований залік
A	90-100	Зараховано	Відмінно/Excellent – високий рівень досягнення запланованих результатів навчання з навчальної дисципліни, що свідчить про безумовну готовність здобувача до подальшого навчання та/або професійної діяльності за фахом
B	83-89		Добре/Good – середній (максимально достатній) рівень досягнення запланованих результатів навчання з навчальної дисципліни та готовності до подальшого навчання та/або професійної діяльності за фахом
C	73-82		Задовільно/Satisfactory – Наявні мінімально достатні для подальшого навчання та/або професійної діяльності за фахом результати навчання з навчальної дисципліни
D	66-72		
E	60-65		
FX	40-59	Незараховано	Незадовільно/Fail – Низка запланованих результатів навчання з навчальної дисципліни відсутня. Рівень набутих результатів навчання є недостатнім для подальшого навчання та/або професійної діяльності за фахом
F	0-39		Незадовільно/Fail – Результати навчання відсутні

10. Питання для самоконтролю результатів навчання

1. У чому полягає ключова відмінність між машинним навчанням (ML) та інтелектуальним аналізом даних (IDA) з погляду на постановку та вирішення задач?
2. Наведіть приклад слабоструктурованої задачі та поясніть, чому саме методи ML є найбільш доцільними для її вирішення.
3. Які ризики виникають при неправильному виборі метрики оцінки для задачі класифікації з незбалансованими класами?
4. Поясніть, чому поділ даних на навчальну, валідаційну та тестову вибірки є фундаментальним принципом машинного навчання.
5. Сформулюйте дослідницьку задачу з вашої наукової сфери, визначивши для неї цільову ознаку, тип задачі (класифікація/регресія) та релевантну метрику якості.
6. Опишіть узагальнений алгоритм машинного навчання. Який етап, на вашу думку, є найбільш критичним для успіху дослідження?

7. Порівняйте стандартизацію та нормалізацію. Для яких алгоритмів кожен із цих підходів є більш доцільним і чому?
8. Які основні методи обробки пропущених значень ви знаєте? Опишіть переваги та недоліки методу імпутації за допомогою k-найближчих сусідів (KNNImputer).
9. У чому полягає головна мета розвідувального аналізу даних (EDA) в контексті наукового дослідження?
10. Наведіть приклад, коли викиди (outliers) в даних не слід видаляти, а варто досліджувати як окреме явище.
11. Поясніть принцип роботи методу головних компонент (PCA). У яких випадках його застосування є виправданим?
12. Які графіки є найбільш інформативними для візуалізації розподілу однієї числової ознаки та взаємозв'язку між двома числовими ознаками?
13. Наведіть приклад синтезу нової ознаки з існуючих, яка може суттєво покращити якість моделі.
14. Поясніть різницю між фільтраційними методами та методами-обгортками (wrapper methods) для відбору ознак.
15. У чому полягає ключова ідея методу SHAP (SHapley Additive exPlanations) для інтерпретації моделей?
16. Які переваги та недоліки методу LIME (Local Interpretable Model-agnostic Explanations) порівняно з SHAP?
17. Що таке "витік даних" (data leakage) і як його можна уникнути на етапі інженерії ознак?
18. Поясніть математичну різницю між лінійною та логістичною регресією. Чому логістична регресія використовується для задач класифікації?
19. У чому полягає ідея "ядерного трюку" (kernel trick) в методі опорних векторів (SVM)?
20. Опишіть алгоритм роботи методу k-найближчих сусідів (k-NN). Який ключовий гіперпараметр цього методу і як він впливає на зміщення та дисперсію моделі?
21. Назвіть основні критерії розбиття (splitting criteria) для дерев рішень (наприклад, індекс Джині, ентропія) та поясніть їх суть.
22. Чому дерева рішень схильні до перенавчання і які методи використовуються для боротьби з цим?
23. Порівняйте філософію беггінгу (bagging) та бустингу (boosting). Який із цих підходів спрямований на зменшення дисперсії, а який — на зменшення зміщення?
24. Поясніть, чому в алгоритмі Random Forest крім бутстрепа використовується випадковий підвбір ознак.
25. У чому полягає принципова відмінність градієнтного бустингу (GBM) від AdaBoost?
26. Поясніть механізм дії L1 (Lasso) та L2 (Ridge) регуляризації. Яка з них сприяє відбору ознак і чому?
27. Що таке Elastic Net регуляризація і в яких випадках її використання є доцільним?
28. Опишіть архітектуру стекінгу (stacking). Яка роль мета-моделі?
29. Порівняйте методи Grid Search та Random Search для оптимізації гіперпараметрів. Який з них є більш ефективним у просторах високої розмірності?
30. У чому полягає принцип роботи баєсівської оптимізації гіперпараметрів?
31. Поясніть, що таке ROC-крива та метрика AUC-ROC. Що означає значення AUC-ROC = 0.5?
32. Коли доцільно використовувати метрику F1-score замість точності (accuracy)?
33. Для чого використовується вкладена крос-валідація (Nested Cross-Validation)?
34. Як аналіз кривих навчання (learning curves) допомагає діагностувати проблеми перенавчання або недонавчання моделі?
35. Поясніть, у яких випадках для вирішення задачі доцільніше використовувати згорткову нейронну мережу (CNN), а в яких — рекурентну (RNN). Наведіть приклади.
36. У чому полягає концепція трансферного навчання (transfer learning) і чому вона є критично важливою для наукових досліджень з обмеженою кількістю даних?
37. Опишіть функціональне призначення згорткових (convolutional) та пулінгових (pooling) шарів у архітектурі CNN на концептуальному рівні.
38. Яку ключову проблему вирішують архітектури LSTM та GRU порівняно з простими рекурентними мережами при аналізі послідовностей?

39. Назвіть та опишіть три практичні методи боротьби з перенавчанням у глибоких нейронних мережах.

40. Поясніть роль оптимізатора (напр., Adam) та швидкості навчання (learning rate) у процесі тренування нейронної мережі.

41. Що таке MLOps і чому ця концепція є важливою для відтворюваності наукових досліджень?

42. Опишіть ключові компоненти життєвого циклу ML-моделі.

43. Для чого потрібен трекінг експериментів? Яку інформацію зазвичай логують?

44. Поясніть концепцію "артефакту" в системах W&B або MLflow.

45. У чому полягає різниця між версіонуванням коду (за допомогою Git) та версіонуванням даних/моделей?

46. Що таке реєстр моделей (Model Registry) і яка його роль у процесі розробки?

47. Наведіть приклад, коли використання MLOps-платформи може кардинально змінити хід дослідження.

48. Які переваги надає автоматизація пошуку гіперпараметрів (наприклад, W&B Sweeps) порівняно з ручним перебором?

49. Як MLOps допомагає в командній роботі над науковим проєктом?

50. Які потенційні виклики можуть виникнути при впровадженні MLOps у дослідницьку практику?

11. Навчально-методичне забезпечення

Освітній процес з дисципліни «Моделювання та інтелектуальна обробка інформації» забезпечений необхідними навчально-методичними матеріалами, що розміщені в Модульному середовищі для навчання MOODLE:

1. Курс «Моделювання та інтелектуальна обробка інформації».

<https://msn.khmnua.edu.ua/course/view.php?id=9982>

12. Матеріально-технічне та програмне забезпечення дисципліни

Для проведення лекційних та лабораторних занять використовуються персональні комп'ютери, проектор та доступ до мережі Інтернет.

Вивчення дисципліни базується на екосистемі Python, що включає інтерактивні середовища розробки Jupyter Notebook та Google Colaboratory. Основу для роботи з даними та моделювання складають бібліотеки scikit-learn, pandas та NumPy. Для реалізації моделей глибокого навчання використовуються фреймворки TensorFlow/Keras та PyTorch. Відтворюваність наукових експериментів забезпечується інструментами MLOps Weights & Biases та MLflow. Усе зазначене програмне забезпечення має відкритий код або надається за безкоштовними академічними ліцензіями, що забезпечує повну доступність для здобувачів.

13. Рекомендована література:

Основна

1. Bennett M. et al. Similarities and Differences between Machine Learning and Traditional Advanced Statistical Modeling in Healthcare Analytics. *arXiv preprint arXiv:2201.02469*. 2022. DOI: 10.48550/arXiv.2201.02469.

2. Min J. et al. Applied Statistics in the Era of Artificial Intelligence: A Review and Vision. *arXiv preprint arXiv:2412.10331*. 2024. DOI: 10.48550/arXiv.2412.10331.

3. Jakubik J. et al. Data-Centric Artificial Intelligence. *arXiv preprint arXiv:2212.11854*. 2022. DOI: 10.48550/arXiv.2212.11854.

4. Sun K., Wang R. Differential contributions of machine learning and statistical analysis to language and cognitive sciences. *arXiv preprint arXiv:2404.14052*. 2024. DOI: 10.48550/arXiv.2404.14052.

5. Zhou Y. et al. A Survey on Data Quality Dimensions and Tools for Machine Learning. *arXiv preprint arXiv:2406.19614*. 2024. DOI: 10.48550/arXiv.2406.19614.

6. Côté P.-O. et al. Data Cleaning and Machine Learning: A Systematic Literature Review. *arXiv preprint arXiv:2310.01765*. 2023. DOI: 10.48550/arXiv.2310.01765.

7. Zhou Y., Aryal S., Bouadjenek M. R. A Comprehensive Review of Handling Missing Data: Exploring Special Missing Mechanisms. *arXiv preprint arXiv:2404.04905*. 2024. DOI: 10.48550/arXiv.2404.04905.
8. Cheng X. A Comprehensive Study of Feature Selection Techniques in Machine Learning Models. *Insights in Computer, Signals and Systems*. 2024. Vol. 1. P. 65–78. DOI: 10.70088/xpf2b276.
9. Molnar C., Bischl B., Casalicchio G. Interpretable Machine Learning: A Guide for Making Black Box Models Explainable. 2nd ed. 2022. URL: <https://christophm.github.io/interpretable-ml-book/>.
10. Verma S., et al. Counterfactual Explanations for Machine Learning: A Review. *arXiv preprint arXiv:2010.10596*. 2021. URL: <https://arxiv.org/abs/2010.10596>.
11. Ezugwu A. E. et al. Classical Machine Learning: Seventy Years of Algorithmic Learning Evolution. *arXiv preprint arXiv:2408.01747*. 2024. DOI: 10.48550/arXiv.2408.01747.
12. Shmuel A., Glickman O., Lazebnik T. A Comprehensive Benchmark of Machine and Deep Learning Across Diverse Tabular Datasets. *arXiv preprint arXiv:2408.14817*. 2024. DOI: 10.48550/arXiv.2408.14817.
13. Jiménez-Macías A. et al. Evaluation of traditional machine learning algorithms for featuring educational exercises. *Applied Intelligence*. 2025. Vol. 55. P. 501–525. DOI: 10.1007/s10489-025-06386-5.
14. de Mathelin A., Deheeger F., Mougeot M., Vayatis N. Deep Anti-Regularized Ensembles Provide Reliable Out-of-Distribution Uncertainty Quantification. *arXiv preprint arXiv:2304.04042*. 2023.
15. Delaunoy A., Louppe G. SAE: Sequential Anchored Ensembles. *arXiv preprint arXiv:2201.00649*. 2022.
16. Pomponi J., Scardapane S., Uncini A. Structured Ensembles: an Approach to Reduce the Memory Footprint of Ensemble Methods. *arXiv preprint arXiv:2105.02551*. 2021.
17. Franceschi L. et al. Hyperparameter Optimization in Machine Learning. *arXiv preprint arXiv:2410.22854*. 2024.
18. Ilemobayo A. I. et al. Hyperparameter Tuning in Machine Learning: A Comprehensive Review. *Journal of Engineering Research and Reports*. 2024. Vol. 26, no. 6. P. 388–395.
19. Morales-Hernández A., Van Nieuwenhuysen I., Gonzalez S. R. A survey on multi-objective hyperparameter optimization algorithms for machine learning. *Artificial Intelligence Review*. 2022. Vol. 56. P. 8043–8093.
20. Bischl B. et al. Hyperparameter Optimization: Foundations, Algorithms, Best Practices and Open Challenges. *arXiv preprint arXiv:2107.05847*. 2021.
21. Alzubaidi L. et al. Review of deep learning: concepts, CNN architectures, challenges, applications, future directions. *Journal of Big Data*. 2021. Vol. 8, Art. 53. DOI: 10.1186/s40537-021-00444-8.
22. Noor M. H. M., Ige A. O. A Survey on State-of-the-art Deep Learning Applications and Challenges. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. 2025. Vol. 159. Art. 111225. DOI: 10.1016/j.engappai.2025.111225.
23. Mienye I. D., Swart T. G., Obaido G. Recurrent Neural Networks: A Comprehensive Review of Architectures, Variants, and Applications. *Information*. 2024. Vol. 15, no. 9. Art. 517. DOI: 10.3390/info15090517.
24. Zhao Z. et al. A comparison review of transfer learning and self-supervised learning: Definitions, applications, advantages and limitations. *Expert Systems with Applications*. 2024. Vol. 242. Art. 122807. DOI: 10.1016/j.eswa.2023.122807.
25. Davila A., Colan J., Hasegawa Y. Comparison of fine-tuning strategies for transfer learning in medical image classification. *Image and Vision Computing*. 2024. Vol. 146. Art. 105012. DOI: 10.1016/j.imavis.2024.105012.
26. Berberi L. et al. Machine learning operations landscape: platforms and tools. *Artificial Intelligence Review*. 2025. Vol. 58. Art. 167. DOI: 10.1007/s10462-025-11164-3.
27. Stone J. et al. Navigating MLOps: Insights into Maturity, Lifecycle, Tools, and Careers. *arXiv preprint arXiv:2503.15577*. 2025. DOI: 10.48550/arXiv.2503.15577.
28. Idowu S. et al. Machine learning experiment management tools: a mixed-methods empirical study. *Empirical Software Engineering*. 2024. Vol. 29, Art. 74. DOI: 10.1007/s10664-024-10444-w.
29. Eken B. et al. A Multivocal Review of MLOps Practices, Challenges and Open Issues. *ACM Computing Surveys*. 2025. Vol. 58, no. 2. Art. 39. P. 1–35. DOI: 10.1145/3747346.

Додаткова

1. Мокін В. Б., Дратований М. В. *Наука про дані: машинне навчання та інтелектуальний аналіз даних* : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2024. 263 с.
2. Agarwal N. B., Yadav D. K. A Comprehensive Analysis of Classical Machine Learning and Modern Deep Learning Methodologies. *International Journal of Engineering Research and Technology*. 2024. Vol. 13, no. 5. DOI: 10.17577/IJERTV13IS050275.
3. Mohammadi Foumani N. et al. Deep Learning for Time Series Classification and Extrinsic Regression: A Current Survey. *ACM Computing Surveys*. 2024. Vol. 56, no. 9. Art. 217. P. 1–45. DOI: 10.1145/3649448.
4. Kraljevski I. et al. How to Do Machine Learning with Small Data? - A Review from an Industrial Perspective. *arXiv preprint arXiv:2311.07126*. 2023. DOI: 10.48550/arXiv.2311.07126 Kimball R., Ross M. *The Data Warehouse Toolkit: The Definitive Guide to Dimensional Modeling*. 3rd ed. Wiley, 2013. 608 p.
5. Kohli M., Chhabra I. A comprehensive survey on techniques, challenges, evaluation metrics and applications of deep learning models for anomaly detection. *Discover Applied Sciences*. 2025. Vol. 7, Art. 784. DOI: 10.1007/s42452-025-07312-7.
6. Медведчук В., Багрій Р., Скрипник Т., Мазурець О., Монастирська Д. Метод генерації відповідей з доповнюючим інформаційним пошуком для допоміжної комунікації. *Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки*. 2024. № 6(2) (345). С. 42–49. DOI: 10.31891/2307-5732-2024-345-6-5.
7. Krak I., Zalutska O., Molchanova M., Mazurets O., Bahrii R., Sobko O., Barmak O. Abusive Speech Detection Method for Ukrainian Language Used Recurrent Neural Network. *CEUR Workshop Proceedings*. 2024. Vol. 3688. P. 16–28.
8. Муляр Е., Багрій Р., Пасічник О., Манзюк Е. Метод виявлення зовнішніх проявів насильства у відеопотоці нейромережевими засобами. *Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки*. 2023. № 6 (329). С. 247–252. DOI: 10.31891/2307-5732-2023-329-6-247-252.
9. Стебелецький М., Манзюк Е., Скрипник Т., Багрій Р. Метод побудови ансамблів моделей для класифікації даних на основі кореляційних зв'язків рішень. *Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки*. 2022. № 6 (315). С. 224–233.
10. Mazurets O., Barmak O., Bahrii R., Krak I., Manziuk E. Method for Adaptive Semantic Testing of Educational Materials Level of Knowledge. *Lecture Notes in Computational Intelligence and Decision Making*. 2022. P. 491–506.

14. Інформаційні ресурси

1. Модульне середовище для навчання. URL : <https://msn.khmnu.edu.ua/course/view.php?id=9982>
2. Електронна бібліотека ХНУ. URL: <http://library.khmnu.edu.ua/>
3. Інституційний репозитарій ХНУ. URL : <https://elar.khmnu.edu.ua/home>

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ОБРОБКА ІНФОРМАЦІЇ

Тип дисципліни
Рівень вищої освіти
Мова викладання
Семестр
Кількість призначених кредитів ЄКТС
Форми здобуття освіти, для яких викладається дисципліна

Обов'язкова
Третій (доктор філософії)
Українська
Другий
6,0
Очна (денна)

Результати навчання. Після вивчення дисципліни здобувач повинен: мати ґрунтовні концептуальні та методологічні знання з моделювання та інтелектуальної обробки інформації, що відповідають сучасному стану досліджень у галузі; вміти формулювати і перевіряти дослідницькі гіпотези; застосовувати розвідувальний аналіз та статистичні методи для обґрунтування висновків; розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі, включно з ансамблями та нейронними мережами, ефективно використовуючи їх для отримання нових знань; застосовувати сучасні інструменти і технології для всього циклу роботи з даними: від передобробки та інженерії ознак до налаштування гіперпараметрів та валідації моделей; критично оцінювати адекватність і надійність моделей, інтерпретувати їх результати та забезпечувати відтворюваність експериментів за допомогою MLOps-платформ; визначати актуальні наукові проблеми у сфері моделювання, глибоко розуміти методологію наукових досліджень та застосовувати її у власній дослідницькій та викладацькій практиці.

Зміст навчальної дисципліни. Основи інтелектуальної обробки та постановка задач; передобробка даних та розвідувальний аналіз (EDA); інженерія ознак та інтерпретабельність моделей; класичні та ансамблеві методи машинного навчання; налаштування та оцінка ефективності моделей; теоретичні основи глибокого навчання (CNN, RNN); платформи для управління життєвим циклом моделей (MLOps).

Пререквізити – управління проєктами в дослідженні та розробці, людиноцентрований штучний інтелект, методи вирішення слабоформалізованих задач, сучасні методології, методи та інструменти експериментальних і теоретичних досліджень у сфері комп'ютерних наук.

Постреквізити – педагогічна (викладацька) практика.

Запланована навчальна діяльність: Мінімальний обсяг навчальних занять в одному кредиті ЄКТС навчальної дисципліни для третього (доктор філософії) рівня вищої освіти за денною формою здобуття освіти становить 8 годин на 1 кредит ЄКТС.

Форми (методи) навчання: лекції (з використанням мультимедійних презентацій, методів візуалізації, пояснення, проблемного й інтерактивного навчання, методів стимулювання і мотивації, інформаційно-комунікаційних технологій, інтенсифікації та індивідуалізації навчання); лабораторні заняття (з використанням методів комп'ютерного моделювання, методів проєктної діяльності, аналізу проблемних ситуацій, пояснення, дискусії); самостійна робота (робота над засвоєнням теоретичного матеріалу, виконання індивідуальних завдань, підготовка до виконання та захисту лабораторних робіт, опрацювання навчально-методичних матеріалів, розміщених у модульному середовищі навчання).

Форми оцінювання результатів навчання: оцінювання лабораторних робіт; виконання та захист індивідуального завдання.

Вид семестрового контролю: іспит – 2 семестр.

Навчальні ресурси:

1. Jakubik J. et al. Data-Centric Artificial Intelligence. *arXiv preprint arXiv:2212.11854*. 2022. DOI: 10.48550/arXiv.2212.11854.
2. Ezugwu A. E. et al. Classical Machine Learning: Seventy Years of Algorithmic Learning Evolution. *arXiv preprint arXiv:2408.01747*. 2024. DOI: 10.48550/arXiv.2408.01747.
3. de Mathelin A. et al. Deep Anti-Regularized Ensembles Provide Reliable Out-of-Distribution Uncertainty Quantification. *arXiv preprint arXiv:2304.04042*. 2023.
4. Bischl B. et al. Hyperparameter Optimization: Foundations, Algorithms, Best Practices and Open Challenges. *arXiv preprint arXiv:2107.05847*. 2021.
5. Alzubaidi L. et al. Review of deep learning: concepts, CNN architectures, challenges, applications, future directions. *Journal of Big Data*. 2021. Vol. 8, Art. 53. DOI: 10.1186/s40537-021-00444-8.
6. Berberi L. et al. Machine learning operations landscape: platforms and tools. *Artificial Intelligence Review*. 2025. Vol. 58. Art. 167. DOI: 10.1007/s10462-025-11164-3.
7. Модульне середовище для навчання. Доступ до ресурсу: <https://msn.khmn.edu.ua/course/view.php?id=9982>
8. Електронна бібліотека ХНУ. Доступ до ресурсу: <http://library.khmn.edu.ua/>

Викладачі: канд. техн.наук, доцент Руслан БАГРІЙ