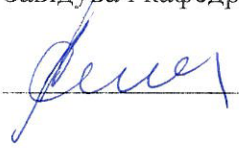
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Факультет прикладної математики та інформатики
Кафедра математичного моделювання соціально-економічних процесів

Оновлено та затверджено
на засіданні
кафедри математичного моделювання
соціально-економічних процесів
факультету прикладної математики та інформатики
Львівського національного університету імені Івана Франка
(протокол № 2 від 27.08.2025 р.)

Завідувач кафедри



Петро СЕНЬО

Силабус з навчальної дисципліни
"Машинне навчання",
що викладається в межах ОПП "Системний аналіз і управління. Інтелектуальний аналіз даних"
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти для здобувачів з спеціальності 124 – системний аналіз

Львів 2025 р.

Назва дисципліни	Машинне навчання
Адреса викладання дисципліни	Головний корпус ЛНУ ім. І. Франка м. Львів, вул. Університетська 1
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Факультет прикладної математики та інформатики Кафедра математичного моделювання соціально-економічних процесів
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	12 – інформаційні технології 124 – системний аналіз
Викладачі дисципліни	Костенко Світлана Борисівна, доцент кафедри математичного моделювання соціально-економічних процесів Добуляк Леся Петрівна, доцент кафедри математичного моделювання соціально-економічних процесів
Контактна інформація викладачів	Svitlana.kostenko@lnu.edu.ua; https://ami.lnu.edu.ua/employee/kostenko; lesia.dobuliak@lnu.edu.ua; https://ami.lnu.edu.ua/employee/dobuliak Головний корпус ЛНУ ім. І. Франка, каб. 361. м. Львів, вул. Університетська, 1
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	Консультації в день проведення лекцій/практичних занять (за попередньою домовленістю).
Сторінка курсу	https://ami.lnu.edu.ua/course/mashynne-navchannia-mmsep-2
Інформація про дисципліну	Дисципліна “Машинне навчання» є нормативною дисципліною з спеціальності 124 – Системний аналіз для освітньої програми “Системний аналіз і управління. Інтелектуальний аналіз даних”, яка викладається в 6-му семестрі в обсязі 3,5 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	Вивчення методів побудови математичних моделей, здатних навчатися на даних, здійснювати прогнозування та адаптуватися до нової інформації.
Мета та цілі дисципліни	Мета - підготовка професіоналів-аналітиків, які вміють застосовувати методи машинного навчання при вирішенні практичних задач обробки експериментальних або статистичних даних, необхідних для прийняття рішень. Ціль – вивчення теоретичного основних алгоритмів машинного навчання та їх реалізацію.
Література для вивчення дисципліни	1. Машинне навчання : навчальний посібник / за науковою редакцією д.т.н., проф., В. В. Пасічника ; Т. М. Басюк, В. В. Литвин, Л. М. Захарія, Н. Е. Кунанець. – 3-тє видання, стереотипне. – Львів : «Новий Світ-2000», 2026. – 330 с 2. Наука про дані: машинне навчання та інтелектуальний аналіз даних – Електронний навчальний посібник / В. Б. Мокін, М. В. Дратований – Вінниця : ВНТУ, 2024. – 263 с. 3. Шаховська Н., Камінський Р., Вовк О. Машинне навчання: навчальний посібник. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2018. 392 с. 4. Нікольський Ю. Пасічник В. Щербина Ю. Системи штучного інтелекту: навчальний посібник. Львів:Магнолія-2006, 2010. 276 с. 5. Довбиш А. С., Шелехов І. В. Основи теорії розпізнавання образів: Навчальний посібник. Суми, Сумський державний університет, 2015. 109 с

	6. Ситник В. Ф. Інтелектуальний аналіз даних (дейтамайнінг): Навч. Посібник/ В. Ф. Ситник, М.Т. Краснюк. – К: КНЕУ, 2007. – 376 с. 7. Ситник В. Ф. Системи підтримки прийняття рішень: Навч.посібник / В.Ф. Ситник - К.:КНЕУ, 2004. – 614 с. 8. Черняк О.І.. Інтелектуальний аналіз даних: Підручник / О.І. Черняк, П.В. Захарченко ; Київ. нац. ун-т ім. Т. Шевченка. – К. : Знання, 2014. – 599 с. 9. Цегелик, Г. (2011). Основи економетрії: текст лекцій. Львів: ЛНУ імені Івана Франка 10. Конспект лекцій з дисципліни «Самонавчання складних систем» для студентів спеціальності 8.04030301 «Системний аналіз і управління». Дніпропетровськ, 2011. 53 с 11. Копитко Б., Мильо О., Цаповська Ж. Вища математика. Елементи лінійної алгебри і аналітичної геометрії 12. Lauer F, Bloch G. Ho-Kashyap Classifier with Early Stopping for Regularization. Pattern Recognition Letters, Elsevier, 2006, 27 (9), pp.1037-1044. 13. Jannach B., Zanker M., Felfernig A., Friedrich G.: Recommender Systems: An Introduction – Cambridge University Press, 2011. 14. https://en.wikipedia.org/wiki/Naive_Bayes_spam_filtering 15. https://vue.gov.ua/Ентропія 16. https://habr.com/ru/post/171759/ 17. https://scikit-learn.org/stable/# 18. https://www.kaggle.com/ 19. Основи машинного навчання : навч. посіб. / В. О. Харченко. Суми : Сумський державний університет, 2023. 264 с.
Обсяг курсу	Загальний обсяг: 105 годин. Аудиторних занять: 64 год., з них 32 год. лекцій та 32 год. лабораторних робіт. Самостійної роботи: 41 год.
Очікувані результати навчання	Після завершення цього курсу студент буде: **знати:** - базові визначення, основні етапи аналізу і інтерпретації даних; - загальну методологію машинного навчання; - змістову і математичну постановки основних задач машинного навчання; - сутність і властивості основних алгоритмів машинного машинного та сфери їх практичного застосування; **вміти:** - обґрунтовувати вибір методів машинного навчання для розв'язку конкретних задач аналізу даних; - створювати і застосовувати типові математичні моделі для дослідження явищ і процесів за результатами спостережень при розв'язку задач: класифікації, регресії, кластеризації, пошуку асоціативних правил; - представляти результати аналізу в зручному для сприйняття вигляді, інтерпретувати їх відповідно до поставленою задачею. Курс забезпечує набуття таких компетентностей: - інтегральна компетентність (ІК) **ІК01**. Здатність розв'язувати складні задачі та практичні проблеми системного аналізу у професійній діяльності або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень із застосуванням теорії та методів системного аналізу, які характеризуються невизначеністю умов і вимог. - загальні компетентності (ЗК) **К01**. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу **К02**. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях **К07**. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел - спеціальні (фахові, предметні компетентності) (ПК)

	К17. Здатність використовувати системний аналіз як сучасну міждисциплінарну методологію, що базується на прикладних математичних методах та сучасних інформаційних технологіях і орієнтована на вирішення задач аналізу і синтезу технічних, економічних, соціальних, екологічних та інших складних систем. **К18**. Здатність формалізувати проблеми, описані природною мовою, у тому числі за допомогою математичних методів, застосовувати загальні підходи до математичного моделювання конкретних процесів. **К20**. Здатність визначати основні чинники, які впливають на розвиток фізичних, економічних, соціальних процесів, виокремлювати в них стохастичні та невизначені показники, формулювати їх у вигляді випадкових або нечітких величин, векторів, процесів та досліджувати залежності між ними. **К26**. Здатність розробляти експериментальні та спостережувальні дослідження і аналізувати дані, отримані в них. - програмних результатів навчання (ПРН) **ПР01**. Знати і вміти застосовувати на практиці диференціальне та інтегральне числення, ряди та інтеграл Фурьє, аналітичну геометрію, лінійну алгебру та векторний аналіз, функціональний аналіз та дискретну математику в обсязі, необхідному для вирішення типових завдань системного аналізу. **ПР02**. Вміти використовувати стандартні схеми для розв'язання комбінаторних та логічних задач, що сформульовані природною мовою, застосовувати класичні алгоритми для перевірки властивостей та класифікації об'єктів, множин, відношень, графів, груп, кілець, решіток, булевих функцій тощо. **ПР03**. Вміти визначати ймовірнісні розподіли стохастичних показників та факторів, що впливають на характеристики досліджуваних процесів, досліджувати властивості та знаходити характеристики багатовимірних випадкових векторів та використовувати їх для розв'язання прикладних задач, формалізувати стохастичні показники та фактори у вигляді випадкових величин, векторів, процесів. **ПР05**. Знати основні положення теорії метричних просторів, лебегівської теорії міри та інтеграла, теорії обмежених лінійних операторів в банахових та гільбертових просторах, застосовувати техніку і методи функціонального аналізу для розв'язання задач керування складними процесами в умовах невизначеності. **ПР07**. Знати основи теорії оптимізації, оптимального керування, теорії прийняття рішень,вміти застосовувати їх на практиці для розв'язування прикладних задач управління і проектування складних систем.
Ключові слова	Машинне навчання, навчання з вчителем, навчання без вчителя, класифікація, кластеризація, регресія, дерево рішення, ентропія, дендрограма, розділяюча поверхня.
Формат курсу	Очний Проведення лекцій, лабораторних занять, виконання індивідуальних завдань і консультацій.
Теми	Див. Схему курсу
Підсумковий контроль, форма	Екзамен (тест)
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з дисциплін - Теорія ймовірності; - Математична статистика; - Чисельні методи;

<table>
<tr><td></td><td>
- Програмування;
- Дискретна математика;
- Функціональний аналіз;
- Лінійна алгебр.
</td></tr>
<tr><td>Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу</td><td>Лекції з використання презентацій, лабораторні роботи.
Індивідуальні завдання</td></tr>
<tr><td>Необхідне обладнання</td><td>Комп’ютер із доступом до середовища дистанційного навчання MOODLE, програмним забезпеченням (на вибір студентів) для виконання обчислень індивідуальних завдання.</td></tr>
<tr><td>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</td><td>
Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою.
<table>
<tr><th colspan="2" rowspan="2">Оцінка за шкалою ECTS</th><th rowspan="2">Оцінка в балах</th><th colspan="3">Оцінка за національною шкалою</th></tr>
<tr><th colspan="2">Екзамен, диференційований залік</th><th>Залік</th></tr>
<tr><td>A</td><td>Відмінно</td><td>90-100</td><td>Відмінно</td><td>5</td><td rowspan="5">Зараховано</td></tr>
<tr><td>B</td><td>Дуже добре</td><td>81-89</td><td rowspan="2">Добре</td><td rowspan="2">4</td></tr>
<tr><td>C</td><td>Добре</td><td>71-80</td></tr>
<tr><td>D</td><td>Задовільно</td><td>61-70</td><td rowspan="2">Задовільно</td><td rowspan="2">3</td></tr>
<tr><td>E</td><td>Достатньо</td><td>51-60</td></tr>
<tr><td>F (FX)</td><td>Незадовільно</td><td>0-50</td><td>Незадовільно</td><td>2</td><td>не зараховано</td></tr>
</table>
Бали нараховуються за:
• виконання та захист індивідуальних завдань: 50% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 50;
• екзамен: 50% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 50.
Підсумкова максимальна кількість балів 100.
Впродовж семестру студенти мають виконати тринадцять індивідуальних завдань, розміщених на Moodle, де зазначена оцінка за кожну з них.

Критерії оцінювання індивідуальних завдань.
<table>
<tr><th>% балів</th><th>Критерії оцінювання</th></tr>
<tr><td>80-100 %</td><td>студент повністю виконав умови завдання та може інтерпретує отримані результати, відповів на всі запитання, щодо відповідного теоретичного матеріалу, а також етапів виконання завданням.</td></tr>
<tr><td>60-79 %</td><td>студент не повністю виконав умови завдання, проте підходи до реалізації є правильними, та/або не в повній мірі відповів на всі питання.</td></tr>
<tr><td>40-59 %</td><td>студент виконав завдання з помилками, але самостійно їх виправляє, якщо на них вкаже викладач, з неточностями проводить аналіз отриманих результатів та відповідає на запитання, пов'язані з тематикою завдання.</td></tr>
<tr><td>20-39 %</td><td>студент виконав завдання частково, завдання реалізовано з помилками, які самостійно не може виправити, переважно не відповідає на запитання</td></tr>
<tr><td>1-19 %</td><td>студент виконав завдання частково або з грубими помилками, які самостійно не може виправити, демонструє незнання матеріалу</td></tr>
<tr><td>0 балів</td><td>студент не виконав завдання.</td></tr>
</table>
Форма 2. Студент має доздати індивідуальні завдання, щоб досягнути необхідної підсумкової оцінки.
Форма К. Тест: 25 теоретичних тестових питань, 5 практичних задач з відкритою відповіддю по 10 балів.
</td></tr>
</table>

	Академічна доброчесність: Очікується, що роботи студентів будуть їх оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману. **Відвідання занять** є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції та практичні зайняття курсу. Студенти повинні інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися термінів визначених для виконання всіх видів письмових робіт та індивідуальних завдань, передбачених курсом. **Література.** Уся література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем виключно в освітніх цілях без права її передачі третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих. **Політика виставлення балів.** Враховуються бали набрані при поточному тестуванні, самостійній роботі та бали підсумкового тестування. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час практичного заняття; недопустимість пропусків та запізнень на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях не пов'язаних з навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін. Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.
Питання до заліку чи екзамену.	1. Поняття штучного інтелекту та машинного навчання. 2. Особливості алгоритмів машинного навчання. 3. Основні задачі машинного навчання. 4. Навчання з вчителем та без вчителя. 5. Постановка задачі класифікації. 6. Класифікація об'єктів шляхом побудови розділяючих поверхонь. 7. Логістична модель бінарної класифікації 8. Оцінка якості алгоритмів бінарної класифікації. 9. Метричні методи класифікації. 10. Обчислення відстані. Види метрик. 11. Розбиття простору на клітинки Воронного. 12. Статистичних методів для класифікації об'єктів. 13. Баєсівській підхід до класифікації об'єктів. 14. Особливості обробки природньої мови 15. Використання баєсівського підходу до розпізнавання спаму. 16. Логічні методи класифікації об'єктів 17. Застосування поняття ентропії в машинному навчанні. 18. Побудова дерев рішень 19. Алгоритм ID3 побудови дерев рішень. 20. Алгоритм CART побудови дерев рішень. 21. Особливості задачі регресії. 22. Постановка задачі кластеризації. 23. Агломеративні та дивізійні алгоритми. 24. Поняття дендрограми та методи побудови. 25. Застосування методу k-means для кластеризації об'єктів. 26. Поняття рекомендаційних систем. 27. Алгоритми item_to_item та user-based колаборативної фільтрації. 28. Особливості препідготовки даних машинного навчання.

Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

Схема курсу
«Машинне навчання»

	Назви змістовних модулів та тем	**Кількість годин**		
		Практичні заняттття (год)	**Практичні заняттття (год)**	**Практичні заняттття (год)**
1	Поняття машинного навчання, його місце і роль в системі наукових досліджень науки інформатиких. [1, 2, 3, 19]	2		
2	Основні задачі машинного навчання та їх практичне застосування. [1, 2, 3, 19]	2		
3	Алгоритми побудови рекомендаційних систем. Інд. завд. 1, 2. [13]		4	5
4	Постановка задачі класифікації та регресії. Інд. завд. 3. [1, 2, 3]	2	2	2,5
5	Задача бінарної класифікації. Побудова розділяючої поверхні. [1, 2, 3] Інд. завд. 4.	2	2	2,5
6	Застосування логістичної моделі бінарної класифікації. Оцінка якості. [1,2,3, 19] Інд. завд. 5.	2	2	2,5
7	Логічні методи класифікації. Побудова дерев рішень Інд. завд. 6-8. [1, 2, 3, 4, 15, 19]	6	6	7,5
8	Метричні методи класифікації Інд. завд. 9. [1, 2, 3, 5, 19]	2	2	2,5
9	Статистичні методи класифікації Інд. завд. 10. [1, 2, 3, 14, 19]	4	4	6
10	Постановка задачі кластеризації. Ієрархічні алгоритми кластеризації [1, 2, 3, 18] Інд. завд. 11.	2	2	2,5
11	Центроїдні підходи да кластеризації об'єктів Інд. завд. 12. [1, 2, 3, 5, 19]	2	2	2,5
12	Інженерії даних в контексті машинного навчання [1, 2, 3]	2	2	2,5
13	Застосування мови програмування Python для машинного навчання Інд. завд. 13. [18]	4	4	5
Всього		32	32	41