

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Факультет електроніки та комп'ютерних технологій
Кафедра системного проектування

Затверджено

На засіданні кафедри системного
проектування факультету електроніки та
комп'ютерних технологій
Львівського національного університету
імені Івана Франка
(протокол № 1 від 28.08.2023 р.)

Завідувач кафедри:



Роман ШУВАР

Силабус з навчальної дисципліни
“Засоби глибинного навчання”,
що викладається в межах ОПП
“Інженерія програмного забезпечення”
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти для здобувачів з
спеціальності 121 – Інженерія програмного забезпечення

Львів 2023 р.

Назва дисципліни	Засоби глибинного навчання
Адреса викладання дисципліни	Корпус факультету електроніки та комп'ютерних технологій Львівський національний університет імені Івана Франка вул. Драгоманова 50, м. Львів, 79005 вул. Ген. Тарнавського 107, м. Львів, 79011
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Факультет електроніки та комп'ютерних технологій Кафедра системного проектування
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	12 – інформаційні технології 121 – Інженерія програмного забезпечення
Викладачі дисципліни	Парубочий Віталій Олегович, асистент кафедри системного проектування
Контактна інформація викладачів	vitalius.parubochyi@lnu.edu.ua https://electronics.lnu.edu.ua/en/employee/parubochyj-v
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	Консультації проводяться в день проведення лекційних та лабораторних занять (за попередньою домовленістю): ауд. 305, корпус факультету електроніки та комп'ютерних технологій, вул. Драгоманова 50, м. Львів. Також можливі онлайн консультації через платформу BigBlueButton в системі Moodle. Для погодження часу онлайн консультацій слід писати на електронну пошту викладача.
Сторінка курсу	https://moodle.elct.lnu.edu.ua/course/view.php?id=249
Коротка анотація дисципліни	Дисципліна “Засоби глибинного навчання” є вибірковою дисципліною з спеціальності 121 “Інженерія програмного забезпечення” освітньої програми “Інженерія програмного забезпечення”, яка викладається в 7-му семестрі в обсязі 5,0 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Інформація про дисципліну	В курсі “Засоби глибинного навчання” розглядаються основні поняття, цілі та задачі штучних нейронних мереж та глибинного навчання, принципи побудови різних типів глибинних штучних мереж та їхнє застосування для вирішення прикладних задач машинного навчання. Основна увага приділяється засвоєнню знань та отриманню навичок, відповідних сучасному стану розвитку галузі машинного та глибинного навчання, умінню практично застосовувати отримані знання. Предметом вивчення навчальної дисципліни є галузі штучних нейронних мереж та глибинного навчання, їхні поняття, задачі, методи та засоби для вирішення задач машинного навчання. Для закріплення теоретичних відомостей передбачений лабораторний курс.
Мета та цілі дисципліни	<i>Метою дисципліни “Засоби глибинного навчання” є надання студентам знань та розуміння термінів штучних нейронних мереж та глибинного навчання, а також навичок та вмінь для вирішення задач машинного навчання за допомогою глибинних штучних нейронних мереж.</i> <i>Цілями дисципліни “Засоби глибинного навчання” є забезпечення знайомства студентів зі загальною термінологією штучних нейронних мереж та глибинного навчання, формування навичок їхнього практичного використання; отримання студентами знань для аналізу даних та вибору необхідної моделі глибинних штучних мереж та її гіперпараметрів для</i>

	вирішення поставленої задачі; отримання студентами навичок та вмінь для аналізу та оцінки отриманих результатів, використовуючи статистичні методи оцінки.
Література для вивчення дисципліни	<ol style="list-style-type: none"> 1. A. C. Muller and S. Guido, <i>Introduction to Machine Learning with Python, First Edition</i>. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, Inc., 2016, ISBN: 978-1-449-36941-5. 2. F. Chollet, <i>Deep Learning with Python, Second edition</i>. Shelter Island, NY, USA: Manning Publications Co., 2021, ISBN: 978-1-61729-686-4. 3. A. Géron, <i>Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow, Third edition</i>. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, Inc., 2023, ISBN: 978-1-098-12597-4. 4. I. Goodfellow, Y. Bengio, and A. Couville, <i>Deep Learning</i>. Cambridge, MA, USA: The MIT Press, 2016. ISBN: 978-0-262-03561-3. Available: https://www.deeplearningbook.org 5. K. P. Murphy, <i>Probabilistic Machine Learning: An Introduction</i>. Cambridge, MA, USA: The MIT Press, 2022. ISBN: 978-0-262-36930-5. Available: https://probml.github.io/pml-book/book1.html 6. J. VanderPlas, <i>Python Data Science Handbook, Second Edition</i>. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, Inc., 2023. ISBN: 978-1-098-12122-8. 7. P. Baheti, "A Newbie-Friendly Guide to Transfer Learning," V7Labs Blog, Oct. 12, 2021. [Online]. Available: https://www.v7labs.com/blog/transfer-learning-guide 8. A. Amidi and S. Amidi, "Recurrent Neural Networks cheatsheet," CS 230 - Deep Learning cheatsheets, Stanford University. [Online]. Available: https://stanford.edu/~shervine/teaching/cs-230/cheatsheet-recurrent-neural-networks 9. C. Olah, "Understanding LSTM Networks," colah's blog, Aug. 27, 2015. [Online]. Available: https://colah.github.io/posts/2015-08-Understanding-LSTMs/ 10. R. J. Hyndman and G. Athanasopoulos, <i>Forecasting: Principles and Practice, 3rd Edition</i>. Melbourne, AU: OTexts, 2021. ISBN: 978-0-987-50713-6. Available: https://otexts.com/fpp3/ 11. K. P. Murphy, <i>Machine Learning: A Probabilistic Perspective</i>. Cambridge, MA, USA: The MIT Press, 2012. ISBN: 978-0-262-01802-9. Available: https://probml.github.io/pml-book/book0.html 12. K. P. Murphy, <i>Probabilistic Machine Learning: Advanced Topics</i>. Cambridge, MA, USA: The MIT Press, 2023. ISBN: 978-0-262-04843-9. Available: https://probml.github.io/pml-book/book2.html 13. A. Amidi and S. Amidi, "CS 230 - Deep Learning cheatsheets," Stanford University. [Online]. Available: https://stanford.edu/~shervine/teaching/cs-230/
Обсяг курсу	Загальний обсяг: 150 годин. З них 32 години лекцій, 32 години лабораторних робіт та 86 година самостійної роботи.
Очікувані результати навчання	У результаті вивчення цього курсу студент буде: знати: основні поняття, визначення і проблеми курсу; вимоги до постановки основних задач штучних нейронних мереж та глибинного навчання; призначення та особливості застосування основних методів глибинного навчання. вміти:

володіти математичним апаратом методів глибинного навчання; застосовувати штучні нейронні мережі та методи глибинного навчання для розв'язування прикладних задач машинного навчання; виконувати оцінку результатів навчання моделей глибинних штучних нейронних мереж.

Після вивчення курсу «Засоби глибинного навчання» здобувачі набудуть таких Загальних та Фахових компетентностей та Програмних результатів навчання:

ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК04. Здатність спілкуватися іноземною мовою як усно, так і письмово.

ЗК05. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ФК14. Здатність брати участь у проектуванні програмного забезпечення, включаючи проведення моделювання (формальний опис) його структури, поведінки та процесів функціонування.

ФК15. Здатність розробляти архітектури, модулі та компоненти програмних систем.

ФК21. Здатність оцінювати і враховувати економічні, соціальні, технологічні та екологічні чинники, що впливають на сферу професійної діяльності.

ФК25. Здатність обґрунтовано обирати та освоювати інструментарій з розробки та супроводження програмного забезпечення.

ФК27. Здатність використовувати для розробки програмного забезпечення перспективні засоби та технології, зокрема, науки про дані, штучного інтелекту, IoT, вбудованих систем тощо.

ФК28. Володіння методами сучасних веб-технологій, хмарних технологій, великих даних та засобами розробки веб-застосунків.

ПРН01. Аналізувати, цілеспрямовано шукати і вибирати необхідні для вирішення професійних завдань інформаційно-довідникові ресурси і знання з урахуванням сучасних досягнень науки і техніки.

ПРН03. Знати основні процеси, фази та ітерації життєвого циклу програмного забезпечення.

ПРН05. Знати і застосовувати відповідні математичні поняття, методи доменного, системного і об'єктно-орієнтованого аналізу та математичного моделювання для розробки програмного забезпечення.

ПРН06. Вміння вибирати та використовувати відповідну задачі методологію створення програмного забезпечення.

ПРН07. Знати і застосовувати на практиці фундаментальні концепції, парадигми і основні принципи функціонування мовних, інструментальних і обчислювальних засобів інженерії програмного забезпечення.

ПРН09. Знати та вміти використовувати методи та засоби збору, формулювання та аналізу вимог до програмного забезпечення.

ПРН10. Проводити передпроектне обстеження предметної області, системний аналіз об'єкта проектування.

ПРН11. Вибирати вихідні дані для проектування, куруючись формальними методами опису вимог та моделювання.

ПРН13. Знати і застосовувати методи розробки алгоритмів, конструювання програмного забезпечення та структур даних і знань.

ПРН15. Мотивовано обирати мови програмування та технології розробки для розв'язання завдань створення і супроводження програмного

	<p>забезпечення.</p> <p>ПРН17. Вміти застосовувати методи компонентної розробки програмного забезпечення.</p> <p>ПРН18. Знати та вміти застосовувати інформаційні технології обробки, зберігання та передачі даних.</p> <p>ПРН23. Вміти документувати та презентувати результати розробки програмного забезпечення.</p> <p>ПРН25. Вміти проектувати та реалізовувати програмно- апаратні рішення з використанням технологій програмування вбудованих систем та IoT.</p> <p>ПРН27. Вміти обирати оптимальні алгоритми та технології розробки програмного забезпечення.</p> <p>ПРН28. Зберігати та примножувати цивілізаційні цінності і досягнення суспільства, діяти соціально відповідально та свідомо, зберігати навколишнє середовище, знати правила ведення здорового способу життя і надання першої медичної допомоги.</p>
Ключові слова	Штучна нейронна мережа, глибинне навчання, глибинна штучна нейронна мережа, перцептрон, багатошаровий перцептрон, згортова штучна нейронна мережа, передавальне навчання, рекурентна штучна нейронна мережа, генеративна нейронна мережа, трансформер, гібридна штучна нейронна мережа
Формат курсу	Очний
	Проведення лекцій, лабораторних робіт та консультації для кращого розуміння тем
Теми	Див. Схема курсу
Підсумковий контроль, форма	Залік у кінці семестру
Пререквізити	<p>Для вивчення цього курсу студентам потрібні базові знання з курсів:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Вища математика; - Основи програмування; - Дискретна математика; - Алгоритми і структури даних; - Прикладна статистика та ймовірнісні процеси; - Методи обчислень; - Засоби інженерії даних; - Цифрова обробка зображень; - Засоби машинного навчання.
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	<p>Інформаційні методи (лекції, презентації, лабораторні роботи, написання есе, виконання індивідуальних завдань, обговорення, консультації для поглибленого розуміння тем, бесіда, ілюстрація, демонстрація);</p> <p>Дедуктивні методи на основі узагальнень;</p> <p>Евристичні методи (проблемна лекція);</p> <p>Інтерактивні методи (дискусія).</p>
Необхідне обладнання	Для проведення лабораторних занять: комп'ютер (мінімальні характеристики: процесор Intel Core i7 (4 ядра / 8 потоків), 16 ГБ оперативної пам'яті, 50 ГБ вільного місця на диску, відеокарта Nvidia GEFORCE GTX 1050 Ti 2048 MB), мультимедійне обладнання (в т.ч. проектор), доступ до мережі Інтернет, Moodle, BigBlueButton.

	<p>Для проведення лабораторних занять: комп'ютери (мінімальні характеристики: процесор Intel Core i7 (4 ядра / 8 потоків), 16 ГБ оперативної пам'яті, 50 ГБ вільного місця на диску, відеокарта Nvidia GEFORCE GTX 1050 Ti 2048 MB), комп'ютерний клас, GPU-сервер з підтримкою NVIDIA CUDA (мінімальні характеристики: процесор Intel Core i7 (4 ядра / 8 потоків), 32 ГБ оперативної пам'яті, 100 ГБ вільного місця на диску, відеокарта Nvidia GEFORCE GTX 1080 Ti 2048 MB), Moodle, BigBlueButton.</p> <p>Необхідне програмне забезпечення: Python 3.9+, NumPy, pandas, matplotlib, scikit-learn, TensorFlow, Keras, PyTorch, вільне інтегроване середовище розробки для Python: Jupyter Notebook, Google Colab, PyCharm IDE Community Edition.</p>
<p>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</p>	<p>Оцінювання проводиться упродовж семестру за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за такими видами робіт із наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> • лабораторні роботи: 70% семестрової оцінки; максимальна кількість балів - 70. <p>Індивідуальний проект може бути виконаний як альтернатива лабораторним роботам та передбачає розробку комплексного проекту, який охоплює тематику курсу повною мірою, або детально розглядає окрему проблему чи задачу, та передбачає поглиблене самостійне вивчення матеріалу. Індивідуальний проект оцінюється на основі представлення результатів роботи та проміжних (чорнових) звітів кожного місяця навчального семестру або на основі представлення кінцевих результатів роботи в кінці семестру.</p> <ul style="list-style-type: none"> • контрольні заміри (1 модуль): 30% семестрової оцінки; максимальна кількість балів - 30. <p>Модульне завдання здається впродовж 14-го тижня навчання у формі есе, написаного на основі аналізу наукової статті з глибинного навчання згідно індивідуального завдання об'ємом 8-10 сторінок друкованого тексту стандартного формату А4.</p> <p>Підсумкова максимальна кількість за курс – 100 балів.</p> <hr/> <p>Академічна доброчесність: Очікується, що лабораторні та контрольні 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 роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману.</p> <p>Відвідання занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції і лабораторні заняття курсу. Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. Студенти зобов'язані дотримуватися усіх термінів визначених для виконання усіх видів робіт, передбачених курсом.</p>

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 на поточному тестуванні, самостійній роботі та бали підсумкового тестування. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час лабораторного заняття; недопустимість пропусків та запізнь 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.

Оцінювання лабораторних робіт (7 лабораторних робіт, максимальна кількість балів: 70) відбувається шляхом оцінки роботи студента у вигляді демонстрації виконаної роботи (0-5 балів за одну роботу) і здачі та захисту звіту по виконаній лабораторній роботі (0-5 балів за одну роботу). Кожна лабораторна робота оцінюється по 10 балів.

Бали оцінювання лабораторних робіт нараховуються за наступним співвідношенням:

5 – студент в повному обсязі володіє навчальним матеріалом, має повне розуміння розглянутої теми, надає правильні відповіді на запитання по темі, код програми функціонує відповідно до завдання;

4 – студент достатньо розуміє розглянутий матеріал та принципи написаного ним коду програми, присутні неточності та незначні помилки у відповідях на запитання по темі, код програми функціонує відповідно до завдання (або з несуттєвими недоліками);

3 – студент не досить добре розуміє розглянутий матеріал та написаний ним код програми, вагається та надає неточні/не конкретні відповіді на запитання по темі, код програми функціонує неточно, або з помірними недоліками;

2 – студент погано розуміє розглянутий матеріал та написаний ним код програми, студент в більшості надає помилкові відповіді на питання по темі, код програми функціонує з суттєвими недоліками;

1 – студент погано розуміє розглянутий матеріал та написаний ним код програми, код програми не функціонує належним чином;

0 – студент зовсім не засвоїв розглянутий матеріал, написаний ним код програми не відповідає темі/не функціонує взагалі.

Оцінювання модульного завдання (1 модуль, максимальна кількість балів: 30) відбувається шляхом написання студентом есе на основі аналізу наукової статті з глибинного навчання згідно індивідуального завдання об'ємом 8-10 сторінок друкованого тексту стандартного формату А4.

Бали оцінювання модульного завдання нараховуються за наступним співвідношенням:

30-24 – розглянута тема відтворюється в повному обсязі, правильно,

	<p>обґрунтовано, логічно, які містять аналіз і систематизацію, аргументовані висновки. Засвідчено глибоке володіння матеріалом. Наведені приклади коду повністю робочі та відповідають темі. Можуть бути присутні несуттєві помилки та невідповідності;</p> <p>24-18 – відтворюється значна частина розглянутої теми. Виявлено знання і розуміння основних положень навчальної дисципліни, проте присутні неточності та/або невідповідності основній темі. Наведені приклади коду частково робочі, проте в загальному відповідають темі;</p> <p>18-12 – відстежується загальне розуміння розглянутої теми. Виявлені множинні неточності та невідповідності, пояснення наведеного коду відсутні, код функціонує із значними неточностями (або відсутні приклади запуску коду на виконання взагалі);</p> <p>12-6 – студент погано розуміє розглянуту тему. Виявлені суттєві неточності та невідповідності. Наведені приклади коду з суттєвими недоліками, або не відповідають темі;</p> <p>6-0 – студент взагалі не розуміє розглянуту тему. Тему не розкрито, кількість викладеного матеріалу не відповідає загальним нормам обраного виду роботи. Наведений код не робочий, або відсутній як такий.</p> <p>Критерії отримання додаткових балів: Нарахування додаткових балів відбувається за написання тез доповідей, наукових статей, участь у діяльності наукового гуртка, участь у наукових семінарах та круглих столах, конкурсах, участь у заходах неформальної освіти за отримання сертифікатів про проходження навчання на різних освітніх платформах (Coursera, Prometheus тощо), курсах на провідних ІТ компаніях за тематикою навчальної дисципліни. Кількість балів визначається відсотком покриття результатів відповідної активності до вимог результатів навчання з навчальної дисципліни.</p>
<p>Питання до заліку чи екзамену</p>	<p>Перелік питань та завдань для проведення підсумкової оцінки знань певних тем до контрольних робіт розміщені на веб-сторінці курсу.</p>
<p>Опитування</p>	<p>Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.</p>

**Схема курсу “Засоби глибинного навчання”
для студентів спеціальності 121 – Інженерія програмного забезпечення**

Тиж .	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття) **лекція, самостійна, дискусія, групова робота)	Література. *** Ресурси в інтернеті	Завдання, год	Термін виконання
1	Штучні нейронні мережі. Основні поняття глибинного навчання. Частина 1.	Лекція	[2], [3], [4], [6], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
1	Вступне заняття. Налаштування середовища та необхідного програмного забезпечення.	Лабораторна робота	[2], [3], [6], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
2	Штучні нейронні мережі. Основні поняття глибинного навчання. Частина 2.	Лекція	[2], [3], [4], [6], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
2	Лабораторна робота №1. Заняття 1. Створення та навчання багатосарового перцептрона для класифікації зображень	Лабораторна робота	[2], [6], Сайт курсу	2	кінець 6-го тижня
3	Використання багатосарових перцептронів для регресії та класифікації	Лекція	[2], [3], [4], [6], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
3	Лабораторна робота №1. Заняття 2. Створення та навчання багатосарового перцептрона для класифікації зображень	Лабораторна робота	[2], [6], Сайт курсу	2	кінець 6-го тижня
4	Класифікація штучних нейронних мереж. Частина 1.	Лекція	[2], [3], [4], [6], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
4	Лабораторна робота №2. Заняття 1. Створення та навчання багатосарового перцептрона для прогнозування даних	Лабораторна робота	[2], [6], Сайт курсу	2	кінець 8-го тижня
5	Класифікація штучних нейронних мереж. Частина 2.	Лекція	[2], [3], [4], [6], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
5	Лабораторна робота №2. Заняття 2. Створення та навчання багатосарового перцептрона для прогнозування даних	Лабораторна робота	[2], [6], Сайт курсу	2	кінець 8-го тижня
6	Згорткові штучні нейронні мережі	Лекція	[2], [3], [4], [6], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
6	Лабораторна робота №3. Заняття 1. Створення та навчання згорткової нейронної мережі для класифікації зображень	Лабораторна робота	[2], [6], Сайт курсу	2	кінець 10-го тижня
7	Архітектури згорткових нейронних мереж	Лекція	[2], [3], [4], [6], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
7	Лабораторна робота №3. Заняття 2. Створення та навчання згорткової нейронної мережі для класифікації зображень	Лабораторна робота	[2], [6], Сайт курсу	2	кінець 10-го тижня
8	Техніки покращення точності та адаптації глибинних нейронних мереж	Лекція	[2], [3], [4], [6], [7], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
8	Лабораторна робота №4. Заняття 1.	Лабораторна	[2], [6],	2	кінець

	Покращення точності класифікатора зображень на основі згорткової нейронної мережі	робота	Сайт курсу		12-го тижня
9	Рекурентні нейронні мережі. Частина 1.	Лекція	[2], [3], [4], [6], [8], [9], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
9	Лабораторна робота №4. Заняття 2. Покращення точності класифікатора зображень на основі згорткової нейронної мережі	Лабораторна робота	[2], [6], Сайт курсу	2	кінець 12-го тижня
10	Рекурентні нейронні мережі. Частина 2.	Лекція	[2], [3], [4], [6], [8], [9], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
10	Лабораторна робота №5. Заняття 1. Створення та навчання рекурентної нейронної мережі для прогнозування даних	Лабораторна робота	[2], [6], Сайт курсу	2	кінець 14-го тижня
11	Застосування рекурентних нейронних мереж	Лекція	[2], [3], [4], [6], [8], [9], [10], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
11	Лабораторна робота №5. Заняття 2. Створення та навчання рекурентної нейронної мережі для прогнозування даних	Лабораторна робота	[2], [6], Сайт курсу	2	кінець 14-го тижня
12	Генеративні нейронні мережі	Лекція	[2], [3], [4], [6], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
12	Лабораторна робота №6. Заняття 1. Створення та навчання рекурентної нейронної мережі для багатовимірного прогнозування даних	Лабораторна робота	[2], [6], Сайт курсу	2	кінець 16-го тижня
13	Штучні нейронні мережі на основі трансформерів	Лекція	[2], [3], [4], [6], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
13	Лабораторна робота №6. Заняття 2. Створення та навчання рекурентної нейронної мережі для багатовимірного прогнозування даних	Лабораторна робота	[2], [6], Сайт курсу	2	кінець 16-го тижня
14	Гібридні штучні нейронні мережі	Лекція	[2], [3], [4], [6], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
14	Лабораторна робота №7. Дослідження роботи генеративних моделей для створення зображень на основі текстового опису	Лабораторна робота	[2], [6], Сайт курсу	2	кінець 16-го тижня
15	Модульне заняття	Лекція	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
15	Захисне лабораторне заняття	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
16	Залікове заняття	Лекція	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
16	Захисне лабораторне заняття	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня