

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

Затверджено

На засіданні кафедри СП
Факультету електроніки та
комп'ютерних технологій
Львівського національного
університету імені Івана Франка
(протокол № від серпня 2022 р.)

Силабус з навчальної дисципліни
«Архітектури та технології глибинного навчання»,
що викладається в межах ОПІ «Інженерія програмного забезпечення»
першого (бакалаврського) рівня вищої
освіти для здобувачів з спеціальності
121 «Інженерія програмного забезпечення» (ВПК)

Львів 2022

| | |
|--|---|
| Назва дисципліни | Архітектури та технології глибинного навчання |
| Адреса викладання дисципліни | м. Львів, вул. Драгоманова, 50 |
| Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна | Факультет електроніки та комп'ютерних технологій, кафедра системного проектування |
| Галузь знань, шифр та назва спеціальності | 121 Інженерія програмного забезпечення (ВПК) |
| Викладачі дисципліни | Ляшкевич Василь Яремович, доцент |
| Контактна інформація | vasyl.lyashkevych@lnu.edu.ua , https://electronics.lnu.edu.ua/employee/liashkevych-v-ya |
| Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються | Консультації в день проведення лекційних занять (за попередньою домовленістю). Також можливі он-лайн консультації через MS Teams або систему електронного навчання Moodle. |
| Сторінка дисципліни | https://moodle.elct.lnu.edu.ua/course/view.php?id=254 |
| Інформація про дисципліну | Дисципліна «Архітектури та технології глибинного навчання» є дисципліною з блоку вибіркових дисциплін «Високопродуктивні технології» для спеціальності 121 Програмна інженерія для освітньої програми «Високопродуктивний комп'ютинг (ВПК)», яка викладається в 7 семестрі в обсязі 6 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS). |
| Коротка анотація дисципліни | Навчальна програма з дисципліни «Архітектури та технології глибинного навчання» визначає зміст і обсяг знань, необхідних для фахівця з інтелектуальних технологій обробки даних. Дисципліна охоплює проблематику вивчення сучасного стану технологій глибинного навчання, питання формалізації та обробки даних в технологіях функціонування систем, вивчення сучасних програмних засобів машинної обробки даних. У межах навчальної дисципліни студенти вивчають методи, що застосовуються для побудови складних нейромережних моделей та алгоритмів оптимізації із метою вирішення завдань класифікації, детекції, сегментації та ін. |
| Мета та цілі дисципліни | Метою вивчення дисципліни є формування у майбутніх фахівців знань та вмінь застосування сучасних методів та засобів розробки, дослідження та використання сучасних технологій глибинного навчання, штучних нейронних мереж, вирішення задач в галузі обробки природньої мови та комп'ютерного зору, а також формування у студентів сучасного наукового світогляду в області методів машинного навчання; наукової уяви про задачі, що розв'язуються за допомогою методів глибинного навчання та навчання з підкріпленням, вивчення методів оптимізації та методики налаштування параметрів та гіпер-параметрів |

нейронних мереж; знайомство студентів з сучасними технологіями глибокого навчання та тенденціями розробки і застосування; подальше становлення і вдосконалення інформаційної та програмної культури майбутніх фахівців.

Основні цілі дисципліни забезпечують: набуття практичних навичок і знань в області технологій глибокого навчання. У результаті вивчення даної дисципліни студенти повинні освоїти основні архітектури та нейромережні моделі, методи підготовки даних для навчання нейромереж, навчання та метрики оцінки якості процесу навчання, вивчити основні практичні прийоми роботи з нейромережами та фреймворками мови Python.

Дисципліна охоплює проблематику вивчення сучасного стану технологій глибокого навчання, що використовуються для формалізації та обробки даних в індустрії, практичних навичок щодо тонкого налаштування нейронних мереж та проектування їх архітектури у залежності від поставлених задач та цілей. У межах навчальної дисципліни “Архітектури та технології глибокого навчання” студенти вивчають методи, що застосовуються для побудови складних моделей та архітектур нейронних мереж із метою вирішення завдань класифікації, детекції, сегментації та розпізнавання зображень.

Література для вивчення дисципліни

Основна література:

1. Martin T. Hagan. Neural Network Design, 2013. - 1012 p. - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://hagan.okstate.edu/NNDesign.pdf>
2. Pytorch Tutorial. - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://pytorch.org/tutorials/beginner/basics/intro.html>
3. Aurélien Géron. Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn and TensorFlow: O'Reilly, 2017. - 718 p.
4. Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, Aaron Courville. Deep Learning: MIT Press, 2016. - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.deeplearningbook.org/>
5. Mathematics concept required for Deep Learning. - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.geeksforgeeks.org/mathematics-concept-required-for-deep-learning/>
6. Mohri M., Rostamizadeh A., Talwalkar A. Foundations of Machine Learning. MIT Press, 2012.
7. Pytorch Tutorial. - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://github.com/yunjey/pytorch-tutorial>
8. Recurrent Neural Network. - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://github.com/yunjey/pytorch-tutorial/tree/master/tutorials/02-intermediate/recurrent_neural_network/main.py#L39-L58
9. Bidirectional Recurrent Neural Network. - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://github.com/yunjey/pytorch-tutorial/tree/master/tutorials/02-intermediate/bidirectional_recurrent_neural_network/main.py#L39-L58
10. Language Model (RNN-LM). - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://github.com/yunjey/pytorch-tutorial/tree/master/tutorials/02-intermediate/language_model/main.py#L30-L50
11. Andreas C. Müller, Sarah Guido. Introduction to Machine Learning with Python. O'Reilly Media, Inc., 2016
12. Russell, Stuart J. Artificial intelligence: a modern approach / Stuart J. Russell, Peter Norvig; contributing writers: Ernest Davis ... [et al.]. - 3rd edition. - Upper Saddle River: Prentice Hall, 2010. - xviii, 1132 p. ill., tab., schem. 25 cm. - (Prentice Hall series in artificial intelligence) ISBN: 978-0-13-604259-4 0-13-604259-7.
13. Goodfellow, I., Bengio, Y., Courville, A. (2016). Deep Learning. MIT Press. ISBN: 9780262035613
14. Bishop, C. M. (2007). Pattern Recognition and Machine Learning (Information Science and Statistics). Springer. ISBN: 0387310738.
15. Simon Haykin. Neural Networks and Learning Machines, Third Edition // New York: Prentice Hall, 2009. – 936 p.
16. Andrej Karpathy blog <http://karpathy.github.io/>
17. Sebastian Ruder blog. <http://sebastianruder.com/optimizing-gradient-descent/>
18. <https://www.datacamp.com/tutorial/pytorch-tutorial-building-a-simple-neural-network-from-scratch>
19. https://uvadlc-notebooks.readthedocs.io/en/latest/tutorial_notebooks/tutorial2/Introduction_to_PyTorch.html
20. Machine Learning in Computer Vision / N. Sebe, Ira Cohen, Ashutosh Garg, Thomas S. Huang// Springer, 2005. - 249 p. - [Електронний ресурс]. - Режим доступу:

| | |
|---|--|
| | <p>http://silverio.net.br/heitor/disciplinas/eeica/papers/Livros/[Sebe]%20-%20Machine%20Learning%20in%20Computer%20Vision.pdf</p> <p>21. Prompt Engineering Guide. - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://www.promptingguide.ai/</p> <p>22. All Things Generative AI. - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://generativeai.net/</p> <p>23. Generative artificial intelligence. - [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/Generative_artificial_intelligence</p> |
| <p>Обсяг курсу</p> | <p>Кількість кредитів ЄКТС: 6 (180 год), з них: 64 годин аудиторних занять (лекції: 32 год, лабораторні: 32 год.) та 116 год. самостійної роботи.</p> |
| <p>Очікувані результати навчання</p> | <p>По завершенні вивчення дисципліни студенти повинні набути наступних компетентностей:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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 накопичувати, обробляти та систематизувати професійні знання щодо створення і супроводження програмного забезпечення та визнання важливості навчання протягом всього життя. - ФК27. Здатність розробляти високопродуктивні програмні комплекси для вирішення завдань наук про дані, систем штучного інтелекту, вбудованих та інших інноваційних систем. - ФК28. Володіння методами розроблення систем підвищеної продуктивності, серверними та розподіленими технологіями, інструментальними засобами проектування та розробки веб-застосовань і нових технологій. - 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 |

| | |
|------------------------------------|--|
| | <p>мовних, інструментальних і обчислювальних засобів інженерії програмного забезпечення.</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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, керуючись 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 забезпечення. - ПРН17. Вміти застосовувати методи компонентної розробки програмного забезпечення. - ПРН18. Знати та вміти застосовувати інформаційні технології обробки, зберігання та передачі даних. - ПРН23. Вміти документувати та презентувати результати розробки програмного забезпечення. - ПРН25. Вміти застосовувати сучасні технологічні рішення щодо розробки програмно-апаратних систем та їх компонентів. - ПРН27. Знати основи інженерії даних і конструювання конвеєрів даних та вміти обирати оптимальні алгоритми і технології розробки інноваційних рішень, зокрема для вирішення задач наук про дані та вбудованих систем. - 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. |
| Ключові слова | Машинне навчання, глибинне навчання, типи нейронних мереж, класифікація, навчання з учителем, нейронні мережі, архітектури нейронних мереж, сегментація, детектори аномалій, навчання з підкріпленням. |
| Формат курсу | Проведення лекцій, лабораторних робіт та консультації для кращого розуміння тем проводиться у формі проектно-орієнтованого підходу з елементами дуальної освіти в компанії ГлобалЛоджик. |
| Теми | Див. СХЕМА КУРСУ |
| Підсумковий контроль, форма | Залік в кінці семестру. |
| Пререквізити | Для вивчення курсу студенти потребують знань та навичок, які забезпечуються дисциплінами: “Методи та технології машинного навчання” та “Опрацювання інформації”. |

| | |
|--|--|
| <p>Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу</p> | <p>Презентація, лекції, лабораторні роботи, обговорення, дискусія.</p> |
| <p>Необхідне обладнання</p> | <p>Мультимедійне обладнання, комп'ютерний клас, програми та сервіси MS Teams, Moodle, Python, Pytorch, Tensorflow, Keras, Numpy, Pandas, Seaborn, Scikit-learn та ін.</p> |
| <p>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</p> | <p>Оцінювання проводиться упродовж семестру за 100-бальною шкалою, де враховано бали за два контрольні заміри по 35 балів за кожний модуль та 30 балів за складання заліку.</p> <p>Бали нараховуються за такими видами робіт з наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> • контрольні заміри (2 модулі): 70% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 70, а саме: <ul style="list-style-type: none"> - лабораторні роботи: 68.5% оцінки контрольного заміру; максимальна кількість балів 48 (16 лабораторних робіт по 3 бали кожна). - теоретичний матеріал: 31.5% оцінки контрольного заміру; максимальна кількість балів 22 (2 тести по 11 балів кожний). • залік: 30% семестрової оцінки; максимально 30 балів. <p>Оцінки за лабораторні заняття розподіляються наступним чином: виконання лабораторних завдань – 2/3 % (2 бали), відповіді на запитання викладача або тести – 1/3 % (1 бал).</p> <p>Оцінки за лабораторні заняття розподіляються:</p> <p>3 бали (від 0 до 2-х балів за виконання разом в сумі від 0 до 1-го балу за тестування/опитування) – 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;</p> <p>2 бали (від 0 до 1-х балів за виконання разом в сумі від 0 до 1-го балу за тестування/опитування) – 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;</p> <p>1 бал (від 0 до 1-го балів за виконання разом в сумі від 0 до 1-го балу за тестування/опитування) - студент погано розуміє розглянутий матеріал та написаний ним код програми, код програми не функціонує належним чином;</p> <p>0 балів (робота не виконана, тест не пройдено) - студент зовсім не засвоїв розглянутий матеріал, робота не виконана чи не відповідає темі чи не функціонує взагалі й тест не пройдено.</p> <p>Оцінювання залікових питань:</p> <p>10 балів - розглянута тема відтворюється в повному обсязі, правильно, 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>8 балів - 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>5 балів - 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>3 бали – студент погано розуміє розглянуту тему. Виявлені суттєві неточності та невідповідності. Наведені приклади коду з суттєвими недоліками, або не відповідають темі;</p> <p>Менше 3 балів – 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>Академічна доброчесність: Очікується, що лабораторні роботи 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.</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 дисципліни.</p> <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.</p> <p>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.</p> |
| <p>Питання до контрольних робіт</p> | <p>Перелік питань та завдань для проведення підсумкової оцінки знань певних тем до контрольних робіт:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Основи машинного навчання (<i>Міжгалузевий стандартний процес інтелектуального аналізу даних (CRISP-DM). Основи парадигм навчання. Контрольоване навчання. Навчання без нагляду. Напівконтрольоване навчання. Самоконтрольоване навчання. Навчання</i> |

з підкріпленням. Важливі групи алгоритмів машинного навчання.)

2. Проект машинного навчання від початку до кінця (Поняття проектного навчання. Ідеологія від початку до кінця. Робота з справжніми даними. Визначення критеріїв для вимірювання продуктивності. Припущення. Гістаграми з даними.)

3. Створення дата-сету (Створення наборів даних для: тренування, доказу та тестування. Пошук кореляції. Візуальний аналіз даних. Типи алгоритмів машинного навчання. Поняття моніторингу та підтримки системи.)

4. Вимоги до проекту машинного навчання (Поняття проекту машинного навчання у промисловості. Вимоги до оточення інфраструктури машинного навчання. Категоризація проблем з даними. Крайні практики для різних проблем даних. Анотування даних. Життєвий цикл проекту з машинним навчанням. Приклад планування проекту для розпізнавання мови.)

5. Основи глибинного навчання (Поняття машинного навчання. Різновиди машинного навчання. Цілі навчання. Цілі тренування. Втрати. Обчислювання градієнта. Застосування глибинного навчання. Продуктивність глибинного навчання. Поняття ознак в глибинному навчанні. Слої ознак. Поняття архітектури нейронної мережі. Типи генераційних мереж. Поняття навчання з підкріпленням. Труднощі глибинного навчання.)

6. Основи штучних нейронних мереж (Історичні відомості. Приклад нейрона у мозку людини. Модель штучного нейрону. Типи активаційних функцій. Перцептрон Розенблатта. Поняття ознак. Типи проблем, що вирішуються мережами. Поняття лінійної регресії. Багатошарові мережі. Загальні питання класифікації.)

7. Поняття нейронної мережі (Логістична регресія. Функція витрат. Перцептрон Розенблатта. XOR проблема. Багатошарові мережі. Теорема універсальної апроксимації. Поняття обчислювального графу. Правила ланцюжка. Похідна. Обчислювальних граф логістичної регресії. Пряме і зворотнє розповсюдження помилки. Векторизація. Древа та ліси. Глибинні ознаки. Поняття нейронної мережі на основі перцептрона. Багатошарові перцептрони.)

8. Навчання штучних нейронних мереж (Поняття процесу навчання. Поняття обчислювального графу. Поняття витрат. Поняття помилки. Середня квадратична помилка. Нормалізований квадрат помилки. Зважені помилки. Крос-ентропія. Алгоритми оптимізації. Метод зворотнього поширення помилки. Градієнтний спуск. Моментум. Типові архітектури нейронних мереж.)

9. Поняття регуляризації (Поліноміальна регресія. Пошук проблеми моделі чи даних. Зважена лінійна регресія. Узагальнені моделі. Компроміс між зміщенням та варіацією (Bias-variance trade-off). Регуляризація. L1, L2-регуляризація. Особливості регресії для вибору ознак.)

10. Поняття витрат у глибинному навчанні (Поняття задачі класифікації зображень. Складності розпізнавання зображень. Використання лінійних класифікаторів для розпізнавання зображень. Поняття помилки. Поняття витрат. Поняття функції вартості. Популярні функції витрат. K-найближчих сусідів. SVM функція витрат. Мультикласова функція витрат. Обчислення функції витрат.)

11. Оптимізація у глибинному навчанні (Поняття витрат. Поняття функції вартості. Популярні функції витрат. K-найближчих сусідів. SVM функція витрат. Мультикласова функція витрат. Обчислення функції витрат. Регуляризація. Поняття регуляризації. Регуляризації L1, L2. Softmax класифікатор. Multinomial логістична регресія. Поняття оптимізації. Методи та алгоритми оптимізації.)

Алгоритм Адама. Градієнтний спуск. Моментум. Стохастичний градієнтний спуск.)

12. *Поняття метрик якості (Поняття оціночної метрики. Метрики оцінки вирішення задач регресії, класифікації, навчання без учителя, на ін. Метрика точності, акуратності, f1-score.)*

13. *Метод зворотнього поширення помилки (Ваги. Поняття градієнта. Поняття обчислювального графу. Візуальна та геометрична точка зору. Поняття лінійних класифікаторів. Поняття функції втрат. Приклади функцій витрат. Похідні. Складності обчислення функції втрат у складних штучних нейронних мережах. Поняття методу зворотнього поширення помилки. Приклад обчислення. Роль похідної. Зростаючий градієнт. Локальний градієнт. Спадаючий градієнт. Приклад обчислювального графу. Шаблони у градієнтному потоці. Прямий прохід. Обчислення виходу. Ворота. Додавання воріт. Використання векторного простору. Матриці. Тензори.)*

14. *Згорткові нейронні мережі (Історія згорткових мереж. Перцептрон. Дослідження в глибокому навчанні. Перші результати застосування CNN. Класифікація зображень ImageNet. Архітектура AlexNet. Повноз'язні слої. Згорткові слої. Архітектура ConvNet. Низько-рівневі ознаки. Середньо-рівневі ознаки. Високо-рівневі ознаки. Повна архітектура CNN. Представлення зображення у пам'яті. Pooling. Max/Avg/Min Pooling. Приклад згорток. Фільтрація. Поняття ядра фільтру. Особливості обчислення. Stride. Padding.)*

15. *Застосування згорткових нейронних мереж (Архітектура VGG16. Активізаційні функції. Нормалізація. Приклади пакетної нормалізації. Нормалізація слоя. Нормалізація примірника. Групова нормалізація. Приклади застосування CNN.)*

16. *Сучасні архітектури згорткових мереж (Задачі візуального розпізнавання. Архітектури LeNet-5, AlexNet, VGG, GoogLeNet, ResNet, SENet, Wide ResNet, ResNeXT, DenseNet, MobileNets, NASNet, EfficientNet. Основні моменти та компоненти сучасних архітектур. Передача знань. Тренування на ImageNet. Поняття передачі знань. Способи передачі знань. Заморожені слої. Тренування класифікатора. Тренування частини згорткових слоїв. Тонке налаштування мереж. Передача більш загальних чи специфічних знань.)*

17. *Поняття навчання мереж (Основні поняття активаційної функції. Типи активаційної функції: Sigmoid, Tanh, ReLU, Leaky ReLU, Maxout, ELU, SELU. Підготовка даних. Оригінальні дані. Дані, що відцентровані за нулем. Нормалізовані дані. Відбілювання даних. Декореляція даних.)*

18. *Підготовка дата-сетів (Способи підготовки датасетів. Початкова ініціалізація ваг. Випадкові значення ваг. Використання статистичного аналізу. Аналіз даних за розподілом. Метод Xavier. Kaiming / MSRA ініціалізація. Візуалізація проміжних слоїв. Візуалізація фільтрів. Карта тиші. Теплова карта. Підсилення заданих ознак.)*

19. *Керування процесом навчання (Поняття оптимізації. Типи оптимізації. L-BFGS. Оптимізація з стохастичним градієнтним спуском. Нульовий градієнт. Локальний мінімум. Проблема міні груп. SGD з моментом. Точка сідла. Бідна умовність. Момент. Момент Несторова. AdaGrad. Leaky AdaGrad. RMSProp. Adam.)*

20. *Методи керування процесом навчання (Швидкість навчання. Коефіцієнт навчання. Затухання. Затухання коефіцієнта навчання. Linear Warmup. Поняття точності. Продуктивність. Параметри регуляризації. Dropout. Поняття аугментації даних. Методи та способи аугментації. Метаметри. Вибір метаметрів.)*

21. *Сегментація зображень (Основні поняття сегментації*

зображень. Типи сегментації. Instance сегментація. Пороговий метод. Метод на основі регіону. Метод на основі країв. Метод на основі бульбашок. Метод на основі кластеризації. Семантична сегментація. Поняття плаваючого вікна.)

22. Способи сегментації зображень (Поняття “Upsampling” і “Unpooling”. Upsampling, що може навчатися. Транспонована згортка. Raportic сегментація. Сегментація багатьох об’єктів. Архітектура R-CNN, Fast R-CNN. Поняття регіону інтересу. Поняття анкера. Поняття пропозиції. Мережа регіональних пропозицій. Архітектура Mask R-CNN. Сегментація екземпляра на основі Mask R-CNN.)

23. Глибинне навчання для NLP (Поняття опрацювання природньої мови. Нормалізація тексту. Векторне представлення слів. Word2Vec і Word Embeddings. Вирішення питань опрацювання текстових даних. Поняття векторного простору. Ознаки текстів. Класифікація та кластеризація текстів. Організація конвеєрів для опрацювання текстів.)

24. Глибинне навчання та комп’ютерний зір (Малюнок для машинного навчання. Принципи опрацювання зображень. Поняття ознак зображень. Екстрактори ознак. Розпізнавання об’єктів та зображень. Класифікація та кластеризація зображень.)

25. Засоби машинного навчання для комп’ютерного зору (Сегментація та семантична сегментація. Вирішення питань комп’ютерного зору в індустрії. Засоби для роботи з малюнками. Побудова конвеєру для опрацювання зображень.)

26. Рекурентні нейромережі (Поняття рекурентних нейромереж. Приклад застосування. Поняття кодування. Часові параметри. Архітектура RNN. Мережа Еламана та Джордана. Двонапрямлена рекурентна мережа. Із/без запам’ятовування стану. Архітектура LSTM. Архітектура GRU. Поняття воріт. Приклади обчислення.)

27. Багатошарові рекурентні нейромережі (Багатошарові рекурентні мережі. Навчання. Поняття помилки. Типи зв’язків. Багато до одного. Один до одного. Один до багатьох. Багато до багатьох. Приклади послідовних архітектур на основі автоенкодерів. Приклад перекладача. Інше застосування.)

28. Автоенкодери (Постановка проблеми. Проблема скорочення слів. Скорочення розмірності. Знищення шуму. Кластеризація. Вивчення схованих просторів. Особливості та параметри автоенкодерів. Автокодер фону. Розріджені AE. Маніфольд AE. Знешумлення AE. Згорткові AE. Варіаційні AE. Умовні AE. Контекст AE. Пропозиції щодо реалізації. Основні випадки використання.)

29. Генеративні змагальні мережі (GAN) (Загальні поняття. Огляд недоліків варіаційних автоенкодерів. Поступова і ступенева генерація. Поняття дискримінаційної та генеративної моделей. Особливості генерації об’єктів. Передбачення наступного фрейму у відеопотоці. Покращення розмірності картинки. Архітектура DCCGAN. Поняття вмонтування. Арифметика у векторному просторі. Архітектура PPGN. Поняття KL відхилення. Поняття еволюції. Архітектура WGAN. Поняття втрат.)

30. Трансформери (Історичні проблеми, що привели до технології “Трансформер”. Потяння архітектури “Трансформер”. Концепція “Трансформер”. Компоненти енкодера та декодера. Вектор уваги. Зв’язки само-уваги. Контекст. Обчислення контексту. Виконистання уваги в задачах перекладу. Процес тренування. Компоненти архітектури.)

31. Застосування трансформерів (Найпоширеніші способи застосування. Слої прямонапрямленої мережі. Початкові обчислення.

| | |
|--------------------------|--|
| | <p><i>Мультиувага. Позиційне кодування. Skip connection. Архітектура BERT. Призначення BERT. Архітектура GPT-2.)</i></p> <p>32. <i>Дистиляція знань (Поняття дистиляції знань. Модель учителя. Модель студента. Поняття знань. Знання на основі відповіді. Знання на основі ознак. Знання на основі відношень. Архітектура учитель-студент. Методи навчання.)</i></p> <p>33. <i>Дистиляція знань з багатьма учителями (Використання багатьох вчителів. Дистиляція знань для NLP. Дистиляція знань для комп'ютерного зору. Глибока інверсія для розпізнавання образів.)</i></p> <p>34. <i>Поняття глибинного навчання з підкріпленням (Поняття навчання з підкріпленням. Визначення проблема для підкріплення. Процеси Маркова. Модель Маркова. Динамічне програмування. Методи Монте Карло. Часово-різничне навчання. Стани вільності. Приклад робота. Поняття середовища. Опис середовища. Розроблення моделей середовища. Поняття винагороди на штрафів. Узагальнений процес навчання з підкріпленням.)</i></p> <p>35. <i>Поняття політики в глибинному навчанні з підкріпленням (RL-агенти. Поняття політики. Пошук та вибір оптимальної політики. Обчислення нагород. Застосування комп'ютерного зору. Графи рішень. Політика оцінювання Монте Карло. Монте Карло контроль. Дослідження середовища та навчання.)</i></p> <p>36. <i>Генеративний штучний інтелект (Поняття сучасних архітектур штучних нейронних мереж. Трансформери. Слой уваги до себе. Лінійка архітектур GPT. Лінійка BERT. Трансформери для комп'ютерного зору. CLIP. DALL-E. Навчання з підкріпленням. Середовища для тренування. Робототехніка. Deep Q-networks. DeepMind. AlphaFold. Графові нейронні мережі.)</i></p> <p>37. <i>Тенденції глибинного навчання (Генеративні штучні нейронні мережі. AutoML. Конвесри навчання та вибору найкращих моделей. Використання дерева пошуку Монте Карло. Оптимізація архітектур нейромереж. Нейроеволюція. Метавесвіт. Вплив штучного інтелекту на веб-технології. Розробка аватарів. Створення 3D моделей. Цифровий дизайн моди. Генерація ландшафтів. Віртуальна реальність.)</i></p> |
| <p>Опитування</p> | <p>Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.</p> |

СХЕМА КУРСУ

| Тиж. | Тема, план, короткі тези | Форма діяльності | Л-ра. Ресурси в Інтернеті. | Завдання, год | Термін виконання, тиж. |
|------|---|------------------|----------------------------|---------------|------------------------|
| 1 | Поняття глибинного навчання. Поняття машинного навчання. Різновиди машинного навчання. Цілі навчання. Цілі тренування. Втрати. Обчислювання градієнта. Застосування глибинного навчання. Продуктивність глибинного навчання. Поняття ознак в глибинному навчанні. Слої ознак. Поняття архітектури нейронної мережі. Типи генераційних мереж. Поняття навчання з підкріпленням. Труднощі глибинного навчання. | лекція | 1-7 | 2 | кінець поточного тижня |
| | Основи PyTorch | лаб. робота | 2 | 2 | кінець поточного тижня |
| | Основи PyTorch | сам. робота | 2 | 7,25 | кінець поточного тижня |
| 2 | Еволюція штучних нейронних мереж. Історичні відомості. Приклад нейрона у мозку людини. Модель штучного нейрону. Типи активаційних функцій. Перспептрон Розенблатта. Поняття ознак. Типи проблем, що вирішуються мережами. Поняття лінійної регресії. Багатошарові мережі. Загальні питання класифікації. Поняття процесу навчання. Поняття обчислювального графу. Поняття втрат. Поняття помилки. Середня квадратична помилка. Нормалізований квадрат помилки. Зважені помилки. Крос-ентропія. Алгоритми оптимізації. Метод зворотнього поширення помилки. Градієнтний спуск. Моментум. Типові архітектури нейронних мереж. | лекція | 1, 4-9 | 2 | кінець поточного тижня |
| | Організація робочого процесу на PyTorch | лаб. робота | 2 | 2 | кінець поточного тижня |
| | Проектування нейронних мереж з PyTorch | сам. робота | 2 | 7,25 | кінець поточного тижня |
| 3 | Функції втрат та Оптимізація. Поняття задачі класифікації зображень. Складності розпізнавання зображень. Використання лінійних класифікаторів для розпізнавання зображень. Поняття помилки. Поняття втрат. Поняття функції вартості. Популярні функції втрат. К-найближчих сусідів. SVM функція втрат. Мультикласова функція втрат. Обчислення функції втрат. Регуляризація. | лекція | 1, 4, 9-10 | 2 | кінець поточного тижня |

| | | | | | |
|---|--|-------------|------------|------|------------------------|
| | <p>Поняття регуляризації. Регуляризації L1, L2. Softmax класифікатор. Multinomial логістична регресія. Поняття оптимізації. Методи та алгоритми оптимізації. Алгоритм Адама. Градієнтний спуск. Моментум. Стохастичний градієнтний спуск.</p> | | | | |
| | Побудова мережі для класифікації | лаб. робота | 2-3 | 2 | кінець поточного тижня |
| | Застосування рекурентних мереж | сам. робота | 2-3, 10 | 7,25 | кінець поточного тижня |
| 4 | <p>Метод зворотнього поширення помилки. Ваги. Поняття градієнта. Поняття обчислювального графу. Візуальна та геометрична точка зору. Поняття лінійних класифікаторів. Поняття функції втрат. Приклади функцій втрат. Похідні. Складності обчислення функції втрат у складних штучних нейронних мереж. Поняття методу зворотнього поширення помилки. Приклад обчислення. Роль похідної. Зростаючий градієнт. Локальний градієнт. Спадаючий градієнт. Приклад обчислювального графу. Шаблони у градієнтному потоці. Прямий прохід. Обчислення виходу. Ворота. Додавання воріт. Використання векторного простору. Матриці. Тензори.</p> | лекція | 1, 4, 10 | 2 | кінець поточного тижня |
| | PyTorch для комп'ютерного зору | лаб. робота | 2, 9 | 2 | кінець поточного тижня |
| | Особливості навчання мереж | сам. робота | 3, 6 | 7,25 | кінець поточного тижня |
| 5 | <p>Згорткові нейронні мережі. Історія згорткових мереж. Перцептрон. Дослідження в глибокому навчанні. Перші результати застосування CNN. Класифікація зображень ImageNet. Архітектура AlexNet. Повнозв'язні слої. Згорткові слої. Архітектура ConvNet. Низько-рівневі ознаки. Середньо-рівневі ознаки. Високо-рівневі ознаки. Повна архітектура CNN. Представлення зображення у пам'яті. Pooling. Max/Avg/Min Pooling. Приклад згорток. Фільтрація. Поняття ядра фільтру. Особливості обчислення. Stride. Padding. Архітектура VGG16. Активізаційні функції. Нормалізація. Приклади пакетної нормалізації. Нормалізація слоя. Нормалізація примірника. Групова нормалізація. Приклади застосування CNN.</p> | лекція | 1, 4, 9-15 | 2 | кінець поточного тижня |

| | | | | | |
|---|--|----------------|--------------------|------|------------------------------|
| | Формування дата-сетів | лаб. робота | 1-4, 13 | 2 | кінець поточного тижня |
| | Особливості проектування CNN власної архітектури | сам. робота | 2, 7, 13, 17 | 7,25 | кінець поточного тижня |
| 6 | Сучасні архітектури згорткових мереж. Задачі візуального розпізнавання. Архітектури LeNet-5, AlexNet, VGG, GoogLeNet, ResNet, SENet, Wide ResNet, ResNeXT, DenseNet, MobileNets, NASNet, EfficientNet. Основні моменти та компоненти сучасних архітектур. Передача знань. Тренування на ImageNet. Поняття передачі знань. Способи передачі знань. Заморожені слої. Тренування класифікатора. Тренування частини згорткових слоїв. Тонке налаштування мереж. Передача більш загальних чи специфічних знань. | лекція | 1, 4, 16-23 | 2 | кінець поточного тижня |
| | Проектування конвеєрів на PyTorch | лаб. робота | 1-3 | 2 | кінець поточного тижня |
| | Особливості проектування архітектури ResNet | сам. робота | 2, 7, 13, 17 | 7,25 | кінець поточного тижня |
| 7 | Навчання штучних нейронних мереж. Основні поняття активаційної функції. Типи активаційні функції: Sigmoid, Tanh, ReLU, Leaky ReLU, Maxout, ELU, SELU. Підготовка даних. Оригінальні дані. Дані, що відцентровані за нулем. Нормалізовані дані. Відбілювання даних. Декореляція даних. Способи підготовки датасетів. Початкова ініціалізація ваг. Випадкові значення ваг. Використання статистичного аналізу. Аналіз даних за розподілом. Метод Xavier. Kaiming / MSRA ініціалізація. Візуалізація проміжних слоїв. Візуалізація фільтрів. Карта тиші. Теплова карта. Підсилення заданих ознак. | лекція | 1, 4, 18, 22-23 | 2 | кінець поточного тижня |
| | Передача знань на PyTorch | лаб. робота | 2, 7, 13, 17 | 2 | кінець поточного тижня |
| | Дослідження навчання мережі за допомогою технології Callback | сам. робота | 2, 13, 21 | 7,25 | кінець поточного тижня |
| 8 | Керування процесом навчання. Поняття оптимізації. Типи оптимізації. L-BFGS. Оптимізація з стохастичним градієнтним спуском. Нульовий градієнт. Локальний мінімум. Проблема міні груп. SGD з моментом. Точка сідла. Бідна умовність. Момент. Момент | лекція | 1, 4, 14-15, 18 | 2 | кінець поточного тижня |

| | | | | | |
|----|---|-------------|--------------------|------|------------------------|
| | Несторова. AdaGrad. Leaky AdaGrad. RMSProp. Adam. Швидкість навчання. Коефіцієнт навчання. Затухання. Затухання коефіцієнта навчання. Linear Warmup. Поняття точності. Продуктивність. Параметри регуляризації. Dropout. Поняття аугментації даних. Методи та способи аугментації. Метапараметри. Вибір метапараметрів. | | | | |
| | Підготовка моделі на PyTorch | лаб. робота | 2, 7, 13, 17 | 2 | кінець поточного тижня |
| | Дослідження та вибір метрик якості навчання мережі | сам. робота | 1-5, 15-17 | 7,25 | кінець поточного тижня |
| 9 | Фокусування на об'єкті навчання. Основні поняття сегментації зображень. Типи сегментації. Instance сегментація. Пороговий метод. Метод на основі регіону. Метод на основі країв. Метод на основі бульбашок. Метод на основі кластеризації. Семантична сегментація. Поняття плаваючого вікна. Поняття "Upsampling" і "Unpooling". Upsampling, що може навчатися. Транспонована згортка. Panoptic сегментація. Сегментація багатьох об'єктів. Архітектура R-CNN, Fast R-CNN. Поняття регіону інтересу. Поняття анкора. Поняття пропозиції. Мережа регіональних пропозицій. Архітектура Mask R-CNN. Сегментація екземпляра на основі Mask R-CNN. | лекція | 1, 4, 14-15, 19-20 | 2 | кінець поточного тижня |
| | Робота з VGG | лаб. робота | 2, 13, 21 | 2 | кінець поточного тижня |
| | Огляд найпоширеніших архітектур нейромереж для задач сегментації | сам. робота | 1-4 | 7,25 | кінець поточного тижня |
| 10 | Рекурентні нейромережі. Поняття рекурентних нейромереж. Приклад застосування. Поняття кодування. Часові параметри. Архітектура RNN. Мережа Еламана та Джордана. Двонапрявлена рекурентна мережа. Із/без запам'ятовування стану. Архітектура LSTM. Архітектура GRU. Поняття воріт. Приклади обчислення. Багатошарові рекурентні мережі. Навчання. Поняття помилки. Типи зв'язків. Багато до одного. Один до одного. Один до багатьох. Багато до багатьох. Приклади послідовних архітектур на основі автоенкодерів. Приклад перекладача. Інше застосування. | лекція | 1, 4, 10, 14-15 | 2 | кінець поточного тижня |
| | Робота з DenseNet | лаб. робота | 2, 13, 21 | 2 | кінець поточного тижня |

| | | | | | |
|----|---|-------------|---------------------|------|------------------------|
| | Використання нейромереж для аналізу часових рядів | сам. робота | 10-11, 18-19 | 7,25 | кінець поточного тижня |
| 11 | Автоенкодер. Постановка проблеми. Проблема скорочення слів. Скорочення розмірності. Знищення шуму. Кластеризація. Вивчення схованих просторів. Особливості та параметри автоенкодерів. Автокодер фону. Розріджені АЕ. Маніфольд АЕ. Знешумлення АЕ. Згорткові АЕ. Варіаційні АЕ. Умовні АЕ. Контекст АЕ. Пропозиції щодо реалізації. Основні випадки використання. | лекція | 1, 4, 14-15, 18 | 2 | кінець поточного тижня |
| | Тонке налаштування мережі GoogLeNet | лаб. робота | 3-4, 8, 18 | 2 | кінець поточного тижня |
| | Застосування автоенкодерів | сам. робота | 14-15, 17 | 7,25 | кінець поточного тижня |
| 12 | Генеративні змагальні мережі (GAN). Загальні поняття. Огляд недоліків варіаційних автоенкодерів. Поступова і ступенева генерація. Поняття дискримінаційної та генеративної моделей. Особливості генерації об'єктів. Передбачення наступного фрейму у відеопотоці. Покращення розмірності картинки. Архітектура DCCGAN. Поняття вмонтування. Арифметика у векторному просторі. Архітектура PPGN. Поняття KL відхилення. Поняття еволюції. Архітектура WGAN. Поняття втрат. | лекція | 1, 4, 14-15, 17, 20 | 2 | кінець поточного тижня |
| | Проектування мережі ResNet | лаб. робота | 2, 13, 21 | 2 | кінець поточного тижня |
| | Проектування архітектур GAN | сам. робота | 14-15, 17 | 7,25 | кінець поточного тижня |
| 13 | Трансформери. Історичні проблеми, що привели до технології "Трансформер". Потяння архітектури "Трансформер". Концепція "Трансформер". Компоненти енкодера та декодера. Вектор уваги. Зв'язки само-уваги. Контекст. Обчислення контексту. Виконистання уваги в задачах перекладу. Процес тренування. Компоненти архітектури. Найпоширеніші способи застосування. Слої прямонапрявленої мережі. Початкові обчислення. Мультиувага. Позиційне кодування. Skip connection. Архітектура BERT. Призначення BERT. Архітектура GPT-2. | лекція | 1, 4, 14-15, 18 | 2 | кінець поточного тижня |

| | | | | | |
|----|--|----------------|-----------------------|------|------------------------------|
| | Тонке налаштування мережі Mask R-CNN | лаб. робота | 2, 13, 21 | 2 | кінець поточного тижня |
| | Використання глибокого навчання для вирішення задач NLP | сам. робота | 1, 10, 21 | 7,25 | кінець поточного тижня |
| 14 | Дистиляція знань. Поняття дистиляції знань. Модель учителя. Модель студента. Поняття знань. Знання на основі відповіді. Знання на основі ознак. Знання на основі відношень. Архітектура учитель-студент. Методи навчання. Використання багатьох вчителів. Дистиляція знань для NLP. Дистиляція знань для комп'ютерного зору. Глибока інверсія для розпізнавання образів. | лекція | 1, 4 | 2 | кінець поточного тижня |
| | Тонке налаштування мережі Yolo | лаб. робота | 2, 13, 21 | 2 | кінець поточного тижня |
| | Використання глибокого навчання для вирішення задач комп'ютерного зору | сам. робота | 2, 7, 20 | 7,25 | кінець поточного тижня |
| 15 | Поняття навчання з підкріпленням. Визначення проблема для підкріплення. Процеси Маркова. Модель Маркова. Динамічне програмування. Методи Монте Карло. Часово-різничне навчання. Стани вільності. Приклад робота. Поняття середовища. Опис середовища. Розроблення моделей середовища. Поняття винагороди на штрафів. Узагальнений процес навчання з підкріпленням. RL-агенти. Поняття політики. Пошук та вибір оптимальної політики. Обчислення нагород. Застосування комп'ютерного зору. Графи рішень. Політика оцінювання Монте Карло. Монте Карло контроль. Дослідження середовища та навчання. | лекція | 1, 4, 14-15 | 2 | кінець поточного тижня |
| | Робота з архітектурою Transformer | лаб. робота | 2, 13, 21-22 | 2 | кінець поточного тижня |
| | Глибоке навчання для Prompt Engineering | сам. робота | 21 | 7,25 | кінець поточного тижня |
| 16 | Найсучасніші архітектури штучних нейронних мереж. Поняття сучасних архітектур штучних нейронних мереж. Трансформери. Слой уваги до себе. Лінійка архітектур GPT. Лінійка BERT. Трансформери для комп'ютерного зору. CLIP. DALL-E. Навчання з підкріпленням. Середовища для тренування. Робототехніка. Deep Q-networks. DeepMind. AlphaFold. Графові нейронні мережі. | лекція | 1, 4, 14-15, 20-23 | 2 | кінець поточного тижня |

| | | | | | |
|--|---|------------------------|------------------|-------------|---------------------------------------|
| | <p>Генеративні штучні нейронні мережі. AutoML. Конвеєри навчання та вибору найкращих моделей. Використання дерева пошуку Монте Карло. Оптимізація архітектур нейромереж. Нейроеволюція. Метавесвіт. Вплив штучного інтелекту на веб-технології. Розробка аватарів. Створення 3D моделей. Цифровий дизайн моди. Генерація ландшафтів. Віртуальна реальність.</p> | | | | |
| | <p>Проектування SegGAN</p> | <p>лаб. робота</p> | <p>2, 13, 21</p> | <p>2</p> | <p>кінець поточного тижня</p> |
| | <p>Генеративний штучний інтелект</p> | <p>сам. робота</p> | <p>21-23</p> | <p>7,25</p> | <p>кінець поточного тижня</p> |