

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

Затверджено

На засіданні
кафедри оптоелектроніки та
інформаційних технологій
факультету електроніки та комп'ютерних
технологій
Львівського національного університету
імені Івана Франка
(протокол № від 2022 р.)

Завідувач кафедри:

_____ Олег КУШНІР

Силабус з навчальної дисципліни
“ Нейромережі та нечіткі нейромережі ”,
що викладається в межах ОПП
“ Інженерія програмного забезпечення ”
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти для здобувачів з
спеціальності 122 – Комп'ютерні науки

Львів 2022 р.

Назва дисципліни	Нейромережі та нечіткі нейромережі
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 оптоелектроніки та інформаційних технологій
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	12 – інформаційні технології 122 – Комп'ютерні науки
Викладачі дисципліни	Свелеба С.А., доктор фізико-математичних наук, старший науковий співробітник, професор кафедри оптоелектроніки та інформаційних технологій
Контактна інформація викладачів	serhiy.sveleba@lnu.edu.ua, https://electronics.lnu.edu.ua/employee/sveleba-serhij-andrijovych
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	Консультації в день проведення лекцій/лабораторних занять (за попередньою домовленістю): ауд. 213, корпус факультету електроніки та комп'ютерних технологій, вул. Ген. Тарнавського 107, м. Львів. Також можливі он-лайн консультації через MS Teams. Для погодження часу он-лайн консультацій слід писати на електронну пошту викладача.
Сторінка курсу	https://moodle.elct.lnu.edu.ua/course/view.php?id=51
Коротка анотація дисципліни	Дисципліна “ Нейромережі та нечіткі нейромережі ” є нормативною навчальною дисципліною з спеціальності 122 – Комп'ютерні науки для освітньої програми “Інформаційні системи та технології”, яка викладається в 6-му семестрі в обсязі 4.0 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Інформація про дисципліну	В курсі розглядаються базові поняття класифікація базових нейроархітектур по типу алгоритмів навчання та архітектури зв'язків, математичні моделі нейрона, типи функцій активації та їх властивості, вибір функцій активації для різноманітних задач розпізнавання та класифікації, навчання з учителем, навчаючі пари, принципи вибору навчаючих пар та їх вплив на процес навчання, можливості одношарових перцептронів, можливості багатошарових перцептронів для аналізу даних, вибір функції активації, двохшарові перцептрони, проблема функції заперечуючого АБО (XOR), подолання обмеження лінійної роздільності, градієнтне навчання багатошарових нейронів, метод зворотного (back-propagation) розповсюдження помилки, стохастичні методи навчання нейромереж, генетичні алгоритми навчання, адаптивна оптимізація архітектури мережі
Мета та цілі дисципліни	<i>Метою</i> оволодіти основними принципами використання нейромережевого підходу для вирішення задач класифікації, розпізнавання об'єктів та принципами побудови нейромереж різної структури для аналізу та обробки різноманітної інформації.

	<p><i>Цілі:</i> набуття знань, умінь та навичок (компетентностей) на рівні новітніх досягнень в питаннях застосування нейромережних технологій в рамках дисертаційного дослідження, відповідно до науково-освітньої кваліфікації «Доктор філософії». Зокрема, розвивати: здатність застосовувати теоретичні та практичні основи методології проектування нейронних мереж, проектувати архітектуру штучної нейронної мережі для вирішення конкретної прикладної задачі, виконувати підготовку даних для навчання, реалізувати процес навчання штучної нейронної мережі, здійснювати тестування нейронних мереж та проводити аналіз отриманих результатів.</p>
<p>Література для вивчення дисципліни</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Любунь З. М. Основи теорії нейромереж: Текст лекцій. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007.-142 с. 2. Ф. Уоссермен. Нейрокомп'ютерна техніка: Теорія і практика Перевод на російський мову, Ю.А. Зуев, В.А. Точенов, 1992.193с. . (http://neurnews.iu4.bmstu.ru/neurnews.html). 3. Горбань А.Н., Дунин-Барковский В.Л., Кирдин А.Н. и др. Нейроинформатика. http://oasis.peterlink.ru/~dap/nneng/nlinks/book2/g11.htm. 4. Мандзій В.М. Розробка нової модифікації нейромережі Гопфілда для некорельованих зображень. ISSN 0474-8662. Відбір і обробка інформ.2004. Вип. 21(97). 100-105с. 5. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни “Технології розробки алгоритмів” для студентів денної та заочної форми навчання спеціальностей 6.050102 та 123 “Комп’ютерна інженерія”, 6.170103 та 125 “Кібербезпека” / уклад. Гермак В.С.; Кропивницький: ЦНТУ – 2018.– 81 с. 6. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Інженерія прикладних інтелектуально-орієнтованих програмних продуктів” для студентів спеціальностей 121 “Інженерія програмного забезпечення” та 122 “Комп’ютерні науки та інформаційні технології” (всіх форм навчання) / В.М. Льовкін. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2016. – 80 с. 7. Руденко, О. Г. Штучні нейронні мережі / О. Г. Руденко, Є. В. Бодяньський. – Харків : Компанія СМІТ, 2006. – 404 с. 8. [2]. Субботін С. О. Нейронні мережі : теорія та практика: навч. посіб. / С. О. Субботін. – Житомир : Вид. О. О. Євенок, 2020. – 184 с. 9. Mykel J. Kochenderfer, Tim A. Wheeler Algorithms for Optimization/ Mykel J. Kochenderfer, Tim A. Wheeler – The MIT Press.-2019.- 520p.
<p>Обсяг курсу</p>	<p>180 години аудиторних занять. З них 32 години лекцій, 32 години лабораторних робіт та 116 година самостійної роботи</p>
<p>Очікувані результати навчання</p>	<p>У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен</p> <p><i>Знати</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Переваги та проблеми при використанні нейромереж при обробці інформації; • Особливості використання нейромережевого підходу для вирішення різноманітних задач опрацювання інформації. <p><i>Вміти</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • створювати емулятори та проводити аналіз роботи простих нейромереж; • мати навички експлуатації програм емуляції нейромережевих структур обробки інформації. <p>Після вивчення даного курсу «Нейромережі та нечіткі нейромережі»</p>

	<p>здобувачі набудуть таких Загальних та Фахових компетентностей та Програмних результатів навчання:</p> <p>K01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.</p> <p>K02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.</p> <p>K03. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.</p> <p>K04. Здатність спілкуватися іноземною мовою мовою як усно, так і письмово.</p> <p>K14. Здатність брати участь у проектуванні програмного забезпечення, включаючи проведення моделювання (формальний опис) його структури, поведінки та процесів функціонування.</p> <p>K15. Здатність розробляти архітектури, модулі та компоненти програмних систем.</p> <p>K20. Здатність застосовувати фундаментальні і міждисциплінарні знання для успішного розв'язання завдань інженерії програмного забезпечення.</p> <p>K26. Здатність до алгоритмічного та логічного мислення</p> <p>PR05: Знати і застосовувати відповідні математичні поняття, методи доменного, системного і об'єктно-орієнтованого аналізу та математичного моделювання для розробки програмного забезпечення.</p> <p>PR23: Вміти документувати та презентувати результати розробки програмного забезпечення.</p>
Ключові слова	нейрон, масиви, функцій активації, одношаровий песептрон, багатошаровий песептрон, навчання без вчителя, нейромережі із зворотніми зв'язками. навчання з підкріпленням, згортка в нейромерах.
Формат курсу	Очний
Теми	<p>Тема 1. Людський мозок та штучні нейронні мережі.</p> <p>Тема 2. Загальні принципи роботи і навчання нейрокомп'ютерів.</p> <p>Тема 3. Математичні моделі нейрона.</p> <p>Тема 4. Навчання з учителем. Можливості одношарових песептронів.</p> <p>Тема 5. Можливості багатошарових песептронів.</p> <p>Тема 6. Градієнтне навчання багатошарових нейронів.</p> <p>Тема 7. Стохастичні навчання багатошарових нейронів.</p> <p>Тема 8. Прототипи задач.</p> <p>Тема 9. Мережі зустрічного поширення.</p> <p>Тема 10. Нейромережі із зворотніми зв'язками.</p> <p>Тема 11. Інші парадигми нейромереж.</p> <p>Тема 12. Навчання з підкріпленням.</p> <p>Тема 13. Згортка в нейромерах.</p> <p>Тема 14. Нейромережа і емуляція абстрактних класів.</p>
Підсумковий контроль, форма	Залік в кінці семестру
Пререквізити	<p>Для вивчення даного курсу студентам потрібні базові знання з курсів:</p> <ul style="list-style-type: none"> - дискретна математика; - теорія алгоритмів; - алгоритмізація і програмування.
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися	Інформаційні методи (лекція, бесіда, ілюстрація, демонстрація); дедуктивні методи на основі узагальнень; евристичні методи (проблемна лекція); інтерактивні методи).

тися під час викладання курсу	
Необхідне обладнання	Комп'ютер із необхідним програмним забезпеченням, доступ до Internet мережі.
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	<p>Оцінювання проводиться упродовж семестру за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за такими видами робіт з наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> • лабораторні роботи: 60% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 60. • контрольні заміри (3 модулі): 40% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 40. <p>Загалом упродовж семестру 100 балів.</p> <p>Академічна доброчесність: Очікується, що роботи студентів будуть оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Списування та втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в написанні завдань 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 та лабораторні заняття курсу. Студенти повинні інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися термінів визначених для виконання всіх видів робіт, передбачених курсом.</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 при поточному контролі та бали підсумкового тестування. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час практичного 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.</p> <p>Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p>
Питання до заліку чи екзамену.	<p>Фізіологічні основи функціонування мозку.</p> <p>Біологічний нейрон як основа мозку, властивості нейрона.</p> <p>Людський мозок як пристрій обробки та збереження інформації.</p> <p>Штучний нейрон.</p> <p>Математичні моделі нейрона.</p> <p>Нейронні мережі основні поняття.</p> <p>Поняття про нейрокомп'ютери та нейроемулатори.</p> <p>Області використання нейромереж..</p> <p>Загальні принципи роботи і навчання нейрокомп'ютерів: коннекціонізм, локальність, паралелізм, навчання на основі даних, універсальність навчальних алгоритмів.</p> <p>Класифікація базових нейроархітектур по типу алгоритмів навчання та архітектури зв'язків.</p> <p>Навчання з учителем.</p> <p>Персептрони, можливості одношарових персептронів.</p>

	<p>Вибір функції активації. Двохшарові перцептрони. Проблема функції заперечуючого АБО (XOR). Подолання обмеження лінійної роздільності Гradientне навчання багатошарових нейронів. Метод зворотного (back-propagation) розповсюдження помилки. Приклади алгоритмів розрахунку змін ваг мережі на основі градієнтів похибки (одно та двошаровий перцептрон). Проблема перенавчання мережі. Валідація навчання. Стохастичні методи навчання нейромереж. Навчання без вчителя. Пониження розмірності даних. Навчання без вчителя. Кластеризація даних. Правило навчання Хеба. Правило навчання Ойа. Кластеризація і квантування. Алгоритм Кохонена. Мережі зустрічного поширення. Навчання шару Кохенена. Навчання Шару Гросберга. Вибір початкових ваг. Стиснення даних. Нейромережі із зворотнім зв'язком. Нейромережа Хопфілда з точки зору теоретичної фізики: спінові стекла, Властивості асоціативної пам'яті побудованої на основі нейромережі Гопфілда у випадку некорельованих зображень. Властивості нейромережі Хопфілда при різних алгоритмах навчання. Завадостійкість мережі Хопфілда.</p>
Опитування	<p>Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.</p>

**Схема курсу “ Мова програмування Python ”
для студентів спеціальності 122 – Комп’ютерні науки**

Тиж.	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття)* *лекція, самостійна, дискусія, групова робота)	Література.** * Ресурси в інтернеті	Завдання, год	Термін виконання
1	Людський мозок та штучні нейронні мережі. Біологічний нейрон та особливості його функціонування. Людський мозок як пристрій обробки та збереження інформації. Філософські проблеми створення штучного інтелекту. Области використання нейромереж. Використання нейромережевих програмних продуктів для вирішення проблем обробки зображень.	Лекція	[1], [2], [3],[8], [9],	2	кінець поточного тижня
1	Вступне заняття. Робота в програмному середовищі.	Лабораторна робота		2	кінець поточного тижня
2	Загальні принципи роботи і навчання нейрокомп’ютерів. Загальні принципи роботи і навчання нейрокомп’ютерів: конекціонізм, локальність, паралелізм, навчання на основі даних, універсальність навчаючих алгоритмів. Класифікація базових нейроархітектур по типу алгоритмів навчання та архітектури зв’язків.	Лекція	[1], [3], [9],	2	кінець поточного тижня
2	<i>Лаб.1.</i> Реалізація логічних функцій за допомогою однеї нейронної мережі.	Лабораторна робота		2	кінець поточного тижня
3	Математичні моделі нейрона. Математичні моделі нейрона. Типи функцій активації та їх властивості. Вибір функцій активації для різноманітних задач розпізнавання та класифікації.	Лекція	[1], [2], [9]	2	кінець поточного тижня
3	<i>Лаб.2.</i> Вирішення задачі класифікації за допомогою однеї нейронної мережі.	Лабораторна робота		2	кінець поточного тижня
4	Навчання з учителем. Можливості одношарових псевдонейронів. Навчання з учителем. Навчаючі пари. Принципи вибору навчаючих пар та їх вплив на процес навчання. Можливості одношарових псевдонейронів. Приклади задач.	Лекція	[1], [2], [9]	2	кінець поточного тижня
4	<i>Лаб.3.</i> Дослідження залежності ефективності навчання нейромережі від зміни параметрів.	Лабораторна робота		2	кінець поточного тижня
5	Можливості багатошарових псевдонейронів. Можливості багатошарових	Лекція	[1], [2], [3]	2	кінець поточного тижня

	перцептронів для аналізу даних . Вибір функції активації. Двошарові перцептрони. Проблема функції заперечуючого АБО (XOR). Подолання обмеження лінійної роздільності				
5	<i>Лаб.4.</i> Класифікація вхідного потоку даних, що складається з двох множин випадкових двохвимірних векторів із гаусівським законом розподілу.	Лабораторна робота		2	кінець поточного тижня
6	Гرادієнтне навчання багат шарових нейронів. Градiєнтне навчання багат шарових нейронів. Метод зворотного (back-propagation) розповсюдження помилки. Приклади алгоритмів розрахунку змін ваг мережі на основі градієнтів похибки.	Лекція	[1], [2], [3]	2	кінець поточного тижня
6	Модуль 1.	Модуль		2	кінець поточного тижня
7	Стохастичні навчання багат шарових нейронів. Стохастичні методи навчання нейромереж. Генетичні алгоритми навчання. Проблема перенавчання мережі. Адаптивна оптимізація архітектури мережі. Валідація навчання.	Лекція	[1], [2], [3], [5]	2	кінець поточного тижня
7	<i>Лаб.5.</i> Класифікація вхідного потоку даних на задане число класів	Лабораторна робота		2	кінець поточного тижня
8	Прототипи задач. Навчання без вчителя. Прототипи задач: пониження розмірності даних. Кластеризація потоку даних. Нейрон – індикатор. Правило навчання Хеба. Правило навчання Ойя. Кластеризація і квантування. Алгоритм Кохонена. Мережі радіального базису. Гібридне навчання	Лекція	[1], [2], [6], [9]	2	кінець поточного тижня
8	<i>Лаб.6.</i> Апроксимація функціональних залежностей за допомогою з пошаровою структурою нейромереж.	Лабораторна робота		2	кінець поточного тижня
9	Мережі зустрічного поширення. Мережі зустрічного поширення. Навчання шару Кохенена. Навчання Шару Гросберга. Вибір початкових ваг. Стиснення даних. Приклади задач.	Лекція	[1], [2], [3], [10]	4	Кінець поточного тижня
9	<i>Лаб.7.</i> Апроксимація функціональних залежностей за допомогою нейронної мережі з радіально-базисними функціями (РБФ).	Лабораторна робота		2	кінець поточного тижня
10	Нейромережі із зворотніми зв'язками. Нейромережі із зворотніми зв'язками. Асоціативна пам'ять на основі мережі Гопфілда. Властивості нейромережі Гопфілда при різних алгоритмах навчання. Завадостійкість нейромережі Гопфілда	Лекція	[1], [2], [3]	4	кінець поточного тижня
10	<i>Лаб.8.</i> Ознайомлення з візуальним	Лабораторна		2	кінець

	середовищем програмування. Персептрони. Навчання персептрона. Вирішення проблеми класифікації векторів	робота			поточного тижня
11	Інші парадигми нейромереж. Інші парадигми нейромереж. Перспективи подальшого розвитку нейромережевого підходу до вирішення задач науки і техніки.	Лекція	[1], [2], [0]	2	кінець поточного тижня
11	<i>Лаб.9.</i> Моделювання лінійних мереж. Рішення завдання спостереження за нестационарних сигналом.	Лабораторна робота		2	кінець поточного тижня
12	Навчання з підкріпленням. Основи навчання з підкріпленням, навчання з підкріпленням і навчання з учителем, реальні приклади навчання з підкріпленням, будівельні блоки навчання з підкріпленням, створення програмного середовища, створення агента навчання.	Лекція	[1], [2], [4], [8]	2	кінець поточного тижня
12	Модуль 2	Модуль		2	кінець поточного тижня
13	Згортка в нейромерах. Архітектура згорткової нейронної мережі, гібридні архітектури нейронних мереж, шаблон архітектури згорткової нейронної мережі, шари згортки, параметри та гіперпараметри мережі, максимальні та усереднені шари підвибірки, техніка dropout, техніка batch-normalization, класифікатор, Softmax.		[3], [6], [7], [8]	2	кінець поточного тижня
13	<i>Лаб.10.</i> Створення нейронної мережі з прямої передачею інформації. Алгоритми навчання нейронних мереж.	Лабораторна робота		2	кінець поточного тижня
14	Нейромережа і емуляція абстрактних класів. Встановлення мета класу, створення абстрактного класу, створення передавальних функцій.		[3], [5], [7], [9]	2	кінець поточного тижня
	<i>Лаб.11.</i> Дослідження самоорганізуючих шарів Кохонена	Лабораторна робота		2	кінець поточного тижня
15	Модуль 3	Модуль		2	кінець поточного тижня
15	<i>Лаб.12.</i> Створення нейронної мережі з допомогою емулятора абстрактних класів.	Лабораторна робота		2	кінець поточного тижня