

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Механіко-математичний факультет
Кафедра механіки

Затверджено

На засіданні кафедри механіки
механіко-математичного факультету
Львівського національного університету
імені Івана Франка
(протокол № 1 від 31.08.2023 р.)



Завідувач кафедри:

Олександр АНДРЕЙКІВ

Силабус з навчальної дисципліни
“Штучні нейронні мережі”,
що викладається в межах першого (бакалаврського) рівня
вищої освіти для здобувачів з спеціальності
113 – Прикладна математика

Львів 2023 р.

Назва дисципліни	Штучні нейронні мережі
Адреса викладання дисципліни	Головний корпус Львівського національного університету імені Івана Франка, м. Львів, вул. Університетська 1, 79000
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Механіко-математичний факультет Кафедра механіки
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	11 – Математика та статистика 113 – Прикладна математика
Викладачі дисципліни	Кузь Ігор Степанович, кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри механіки
Контактна інформація викладачів	ihor.kuz@lnu.edu.ua ; http://new.mmf.lnu.edu.ua/employee/kuz-i-s ;
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	Консультації в день проведення лекцій/лабораторних занять (за попередньою домовленістю). Головний корпус Львівського національного університету імені Івана Франка, м. Львів, вул. Університетська, 1. Кафедра механіки, каб. 148.
Сторінка курсу	https://new.mmf.lnu.edu.ua/course/shtuchni-neyronni-merezhi-113-prykladna-matematyka
Інформація про дисципліну	Дисципліна “Штучні нейронні мережі” є вибірковою навчальною дисципліною циклу професійної і практичної підготовки з спеціальності 113 – Прикладна математика, яка викладається в 6-му семестрі в обсязі 5-ох кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	У дисципліні головну увагу приділено ієрархічним, конкурентним і рекурентним нейронним структурам та принципам функціонування нейронних мереж. Наведено основні методи оптимізації штучних нейронних мереж. Розглянуто використання нейронних мереж для розв’язування задач апроксимації та задач, які виникають при обробці сигналів. Дається огляд ітераційних методів, орієнтованих на реалізацію в штучних нейронних мережах. Значну увагу приділено мультисітковим ітераційним методам з метою покращення параметрів паралельних локально-асинхронних методів при реалізації їх на штучних нейронних мережах.
Мета та цілі дисципліни	Метою дисципліни є ознайомлення студентів з основами штучних нейронних мереж, використанням сучасних підходів та технологій. Цілі дисципліни: вивчити основи конструювання та типи нейронних мереж для якісної розробки програмного забезпечення.
Література для вивчення дисципліни	1. Тимошук П. В. Штучні нейронні мережі. Навчальний посібник. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2011. – 444 с. 2. Новотарський М.А., Нестеренко Б.Б. Штучні нейронні мережі: обчислення // Праці інституту математики НАН України. – Т50. – Київ: Ін-т математики НАН України, 2004. – 408 с. 3. Ткаліченко С.В. Штучні нейронні мережі: Навчальний посібник. – Кривий Ріг: Державний університет економіки і технологій, 2023. – 150 с. 4. Bertsekas D.P., Tsitsiklis J.N. Parallel and Distributed Computation: Numerical Methods // Athena Scientific, 1997.–718 p. 5. Hertz J., Krogh A. Palmer R.G. Introduction to the Theory of Neural

	Computation. – New York: Addison-Wesley, 1991. – 327 p.
Обсяг курсу	Загальний обсяг: 150 годин. Аудиторних занять: 64 год., з них 32 години лекцій та 32 години лабораторних робіт. Самостійна робота: 86 год.
Очікувані результати навчання	Після завершення цього курсу студент буде: Знати: <ul style="list-style-type: none"> • задачі штучних нейронних мереж; • архітектуру штучних нейронних мереж; • методи навчання одношарових штучних нейронних мереж (ШНМ) прямого поширення; • ітераційні методи на нейронних мережах; • двостадійні ітераційні методи; • локально-асинхронні ітераційні методи; • мультисіткові методи; • ієрархічні методи. Вміти: <ul style="list-style-type: none"> • формувати цільову функцію; • використовувати метод зворотного поширення; • використовувати метод еластичного зворотного поширення; • використовувати метод Гауса–Ньютона; • використовувати метод Левенберга–Маркара; • використовувати метод точного прямого центрування; • використовувати метод інтерполяційного прямого центрування; • використовувати метод центрування на підмножині; • використовувати метод максимізації математичного сподівання; • використовувати метод максимізації математичного сподівання для нелінійних динамічних систем; • використовувати ітераційні методи розв’язування крайових задач математичної фізики.
Ключові слова	Штучна нейронна мережа, нейрон, формальний нейрон, ієрархічна структура, одношарові нейронні мережі, багатошарові нейронні мережі, конкурентна структура.
Формат курсу	Очний, дистанційний Проведення лекцій, лабораторних робіт і консультацій.
Теми	Див. схему курсу.
Підсумковий контроль, форма	Залік у кінці семестру.
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з <ul style="list-style-type: none"> - Дискретної математики; - Основ програмування; - Програмного забезпечення; - Об’єктно-орієнтованого програмування.
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Інформаційні методи (лекція, бесіда, ілюстрація, демонстрація); дедуктивні методи на основі узагальнень; евристичні методи (проблемна лекція); інтерактивні методи (дискусія).
Необхідне обладнання	Для проведення лекційних занять: комп’ютер (мінімальні характеристики: процесор Intel Core i3, 4ГБ оперативної пам’яті), доступ до мережі Internet, засоби мультимедіа (в т.ч. проектор). Для проведення практичних/лабораторних занять: комп’ютер (мінімальні

	<p>характеристики: процесор Intel Core i3, 4ГБ оперативної пам'яті), доступ до мережі Internet. Необхідне програмне забезпечення включає в себе ОС Windows 10, програмні додатки (MS Teams).</p>
<p>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)</p>	<p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> • модульний контроль № 1: 50% семестрової оцінки, максимальна кількість балів 50. • модульний контроль № 2: 50% семестрової оцінки, максимальна кількість балів 50. <p>Підсумкова максимальна кількість балів за семестр 100.</p> <p>Письмові роботи: Очікується, що студенти виконають дві письмові роботи (два тести з теоретичних і лабораторних завдань).</p> <p>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.</p> <p>Відвідання занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції та практичні заняття 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.</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 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 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> <p>Оцінювання модульного контролю відбувається шляхом оцінки письмових відповідей студента на поставлені запитання.</p> <p>Відсотки нарахування балів оцінювання відповіді на кожне запитання нараховуються за наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> 75-100% – тема відтворюється в повному обсязі, правильно, обґрунтовано, логічно; 50-75% – відтворюється значна частина розглянутої теми, проте присутні неточності та/або невідповідності; 25-50% – виявлено множинні неточності та невідповідності, пояснення відсутні чи частково помилкові; 0-25% – тему майже не розкрито, кількість викладеного матеріалу не відповідає загальним нормам обраного виду роботи.

	<p>Критерії оцінювання результатів неформальної освіти: Нарахування балів відбувається за публікацію студентом тез доповідей на конференціях, наукових статей, за участь студента у діяльності наукових гуртків, семінарів, круглих столів, конкурсів, участь у заходах неформальної освіти, за отримання сертифікатів про проходження навчання на різних освітніх платформах (Coursera, Prometheus тощо), курсах провідних ІТ компаній за тематикою навчальної дисципліни. Кількість балів визначається відсотком покриття результатів відповідної активності до вимог результатів навчання з навчальної дисципліни.</p>
<p>Питання до модульного контролю</p>	<p>Розвитку штучних нейронних мереж Нейрон та його моделювання Біологічний нейрон Формальний нейрон Аналогова та дискретна реалізації формального нейрона Проблема представлення неперервних функцій Проблема класифікації та категоризації) Ієрархічні структури Одношарові нейронні мережі прямого поширення Багатошарові нейронні мережі прямого поширення Конкурентні структури Нейронна мережа кохонена Нейронні мережі зустрічного поширення Нейронна мережа хопфілда Бінарна модель Неперервна модель Стохастичні рекурентні мережі Принципи формування цільової функції. Методи навчання одношарових штучних нейронних мереж (шнм) прямого поширення Лінійна регресія Метод градієнтного спуску Метод найменших квадратів Методи градієнтного спуску та найменших квадратів для adaline та персептрона розенблатта Метод зворотного поширення Метод еластичного зворотного поширення Метод гауса–ньютонна Метод левенберга–маркара Метод точного прямого центрування Метод інтерполяційного прямого центрування Метод центрування на підмножині Імовірнісні методи Метод максимізації математичного сподівання Метод максимізації математичного сподівання для нелінійних динамічних систем Методи визначення реальної похибки Дилема відхилення Методи оптимізації параметрів Метод попередньої зупинки Регуляризація Усереднення Методи відсікання Метод „пригнічення” Методи нарощування</p>

	<p>Метод каскадної кореляції Метод ітераційного нарощування) Аналіз незалежних компонентів Технологія сліпого відокремлених стаціонарних сигналів Технологія сліпого відокремлення нестационарних сигналів Конволютивне сліпе відокремлення сигналів Правило хебба Правило оїя Узагальнене правило хебба Принципи взаємодії нейронів при реалізації ітераційних методів Одностадійні асинхронні ітераційні методи Базові поняття Метод хаотичних ітерацій Метод асинхронних ітерацій Метод асинхронних ітерацій з нерухомими точками Двостадійні ітераційні методи Початкові поняття про мультирозщеплюючі методи Мультирозщеплюючі ітераційні методи Синхронні двостадійні ітераційні методи Макроасинхронні двостадійні методи Повністю асинхронні двостадійні методи Локально-асинхронні ітераційні методи Локально-асинхронний метод розв'язування операторного рівняння Локально-асинхронний метод розв'язування послідовності операторних рівнянь Ітераційні методи розв'язування крайових задач математичної фізики Базові поняття Локально-асинхронний метод для рекурентних нейронних мереж Ітераційний метод адитивної корекції для кліткових нейронних мереж Двосіткові ітераційні методи Мультисіткові ітераційні методи Узагальнення ітераційної схеми згладжування Пролонгація та рестрикція Вузлова пролонгація, доменна пролонгація Рестрикція Мультисітковий ітераційний метод для лінійних крайових задач Алгоритм мультисіткового методу Збіжність мультисіткового методу Ієрархічні методи Ієрархічний базис Метод ієрархічної релаксації Асинхронний метод ієрархічної релаксації Асинхронний мультисітковий метод для лінійних крайових задач Асинхронний мультисітковий метод для нелінійних крайових задач Нейронний мультисітковий метод в мережах прямого поширення</p>
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

Схема курсу

Тиж.	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття)	Література. Ресурси в інтернеті	Завдання, год.	Термін виконання
1	Тема 1. Історичні аспекти. Розвитку штучних нейронних мереж	лек.	[1-5]	2 год.	1 тиждень
1	Тема 1. Історичні аспекти. Розвитку штучних нейронних мереж	лаб.	[1-5]	3 год.	1 тиждень
2	Тема 2. Нейрон та його моделювання (Біологічний нейрон, формальний нейрон, аналогова та дискретна реалізації формального нейрона)	лек.	[1-5]	2 год.	1 тиждень
2	Тема 2. Нейрон та його моделювання (Біологічний нейрон, формальний нейрон, аналогова та дискретна реалізації формального нейрона)	лаб.	[1-5]	3 год.	1 тиждень
3	Тема 3. Задачі штучних нейронних мереж (Проблема представлення неперервних функцій, проблема класифікації та категоризації)	лек.	[1-5]	2 год.	1 тиждень
3	Тема 3. Задачі штучних нейронних мереж (Проблема представлення неперервних функцій, проблема класифікації та категоризації)	лаб.	[1-5]	3 год.	1 тиждень
4	Тема 4. Архітектура штучних нейронних мереж (Ієрархічні структури, одношарові нейронні мережі прямого поширення, багатшарові нейронні мережі прямого поширення, конкурентні структури, нейронна мережа Кохонена, нейронні мережі зустрічного поширення, нейронна мережа Хопфілда, бінарна модель, неперервна модель, стохастичні рекурентні мережі)	лек.	[1-5]	2 год.	1 тиждень
4	Тема 4. Архітектура штучних нейронних мереж (Ієрархічні структури, одношарові нейронні мережі прямого поширення, багатшарові нейронні мережі прямого поширення, конкурентні структури, нейронна мережа Кохонена, нейронні мережі зустрічного поширення, нейронна мережа Хопфілда, бінарна модель, неперервна модель, стохастичні рекурентні мережі)	лаб.	[1-5]	3 год.	1 тиждень
5	Тема 5. Принципи формування цільової функції. Методи навчання одношарових	лек.	[1-5]	3 год.	1 тиждень

	штучних нейронних мереж (ШНМ) прямого поширення (Лінійна регресія, метод градієнтного спуску, метод найменших квадратів, методи градієнтного спуску та найменших квадратів для Adaline та персептрона Розенблатта)				
5	Тема 5. Принципи формування цільової функції. Методи навчання одношарових штучних нейронних мереж (ШНМ) прямого поширення (Лінійна регресія, метод градієнтного спуску, метод найменших квадратів, методи градієнтного спуску та найменших квадратів для Adaline та персептрона Розенблатта)	лаб.	[1-5]	3 год.	1 тиждень
6	Тема 6. Методи навчання багатшарових ШНМ прямого поширення (Метод зворотного поширення, метод еластичного зворотного поширення, метод Гауса–Ньютона, метод Левенберга–Маркара, метод точного прямого центрування, метод інтерполяційного прямого центрування, метод центрування на підмножині, імовірнісні методи, метод максимізації математичного сподівання, метод максимізації математичного сподівання для нелінійних динамічних систем)	лек.	[1-5]	3 год.	1 тиждень
6	Тема 6. Методи навчання багатшарових ШНМ прямого поширення (Метод зворотного поширення, метод еластичного зворотного поширення, метод Гауса–Ньютона, метод Левенберга–Маркара, метод точного прямого центрування, метод інтерполяційного прямого центрування, метод центрування на підмножині, імовірнісні методи, метод максимізації математичного сподівання, метод максимізації математичного сподівання для нелінійних динамічних систем)	лаб.	[1-5]	3 год.	1 тиждень
7	Тема 7. Оптимізація архітектури нейронних мереж (Методи визначення реальної похибки, дилема відхилення, методи оптимізації параметрів, метод попередньої зупинки, регуляризація, усереднення, методи відсікання, Метод „пригнічення”, методи нарощування, метод каскадної кореляції, метод ітераційного нарощування)	лек.	[1-5]	3 год.	1 тиждень

7	Тема 7. Оптимізація архітектури нейронних мереж (Методи визначення реальної похибки, дилема відхилення, методи оптимізації параметрів, метод попередньої зупинки, регуляризація, усереднення, методи відсікання, Метод „пригнічення”, методи нарощування, метод каскадної кореляції, метод ітераційного нарощування)	лаб.	[1-5]	3 год.	1 тиждень
8	Тема 7. Оптимізація архітектури нейронних мереж (Методи визначення реальної похибки, дилема відхилення, методи оптимізації параметрів, метод попередньої зупинки, регуляризація, усереднення, методи відсікання, Метод „пригнічення”, методи нарощування, метод каскадної кореляції, метод ітераційного нарощування)	лек.	[1-5]	3 год.	1 тиждень
8	Модульний контроль № 1	лаб.	–	–	–
9	Тема 8. Аналіз важливих компонентів (Аналіз незалежних компонентів, технологія сліпого відокремлених стаціонарних сигналів, технологія сліпого відокремлення нестационарних сигналів, Конволютивне сліпе відокремлення сигналів, правило Хебба, правило Ойя, узагальнене правило Хебба)	лек.	[1-5]	3 год.	1 тиждень
9	Тема 8. Аналіз важливих компонентів (Аналіз незалежних компонентів, технологія сліпого відокремлених стаціонарних сигналів, технологія сліпого відокремлення нестационарних сигналів, Конволютивне сліпе відокремлення сигналів, правило Хебба, правило Ойя, узагальнене правило Хебба)	лаб.	[1-5]	3 год.	1 тиждень
10	Тема 9. Ітераційні методи на нейронних мережах (Принципи взаємодії нейронів при реалізації ітераційних методів, одностадійні асинхронні ітераційні методи, базові поняття, метод хаотичних ітерацій, метод асинхронних ітерацій, метод асинхронних ітерацій з нерухомими точками)	лек.	[1-5]	3 год.	1 тиждень
10	Тема 9. Ітераційні методи на нейронних мережах (Принципи взаємодії нейронів при реалізації ітераційних методів, одностадійні асинхронні ітераційні методи, базові поняття, метод	лаб.	[1-5]	3 год.	1 тиждень

	хаотичних ітерацій, метод асинхронних ітерацій, метод асинхронних ітерацій з нерухомими точками)				
11	Тема 10. Двостадійні ітераційні методи (початкові поняття про мультирозщеплюючі методи, мультирозщеплюючі ітераційні методи, синхронні двостадійні ітераційні методи, макроасинхронні двостадійні методи, повністю асинхронні двостадійні методи)	лек.	[1-5]	3 год.	1 тиждень
11	Тема 10. Двостадійні ітераційні методи (початкові поняття про мультирозщеплюючі методи, мультирозщеплюючі ітераційні методи, синхронні двостадійні ітераційні методи, макроасинхронні двостадійні методи, повністю асинхронні двостадійні методи)	лаб.	[1-5]	3 год.	1 тиждень
12	Тема 11. Локально-асинхронні ітераційні методи (Локально-асинхронний метод розв'язування операторного рівняння, локально-асинхронний метод розв'язування послідовності операторних рівнянь)	лек.	[1-5]	3 год.	1 тиждень
12	Тема 11. Локально-асинхронні ітераційні методи (Локально-асинхронний метод розв'язування операторного рівняння, локально-асинхронний метод розв'язування послідовності операторних рівнянь)	лаб.	[1-5]	3 год.	1 тиждень
13	Тема 12. Ітераційні методи розв'язування крайових задач математичної фізики (Базові поняття, локально-асинхронний метод для рекурентних нейронних мереж, ітераційний метод адитивної корекції для кліткових нейронних мереж)	лек.	[1-5]	3 год.	1 тиждень
13	Тема 12. Ітераційні методи розв'язування крайових задач математичної фізики (Базові поняття, локально-асинхронний метод для рекурентних нейронних мереж, ітераційний метод адитивної корекції для кліткових нейронних мереж)	лаб.	[1-5]	3 год.	1 тиждень
14	Тема 13. Мультисіткові методи (Двосіткові ітераційні методи, мультисіткові ітераційні методи, узагальнення ітераційної схеми згладжування, пролонгація та рестрикція, вузлова пролонгація, доменна пролонгація, рестрикція,	лек.	[1-5]	3 год.	1 тиждень

	мультисітковий ітераційний метод для лінійних крайових задач)				
14	Тема 13. Мультисіткові методи (Двосіткові ітераційні методи, мультисіткові ітераційні методи, узагальнення ітераційної схеми згладжування, пролонгація та рестрикція, вузлова пролонгація, доменна пролонгація, рестрикція, мультисітковий ітераційний метод для лінійних крайових задач)	лаб.	[1-5]	3 год.	1 тиждень
15	Тема 14. Алгоритм мультисіткового методу. Збіжність мультисіткового методу. Ієрархічні методи (Ієрархічний базис, метод ієрархічної релаксації, асинхронний метод ієрархічної релаксації, асинхронний мультисітковий метод для лінійних крайових задач, асинхронний мультисітковий метод для нелінійних крайових задач, нНейронний мультисітковий метод в мережах прямого поширення)	лек.	[1-5]	3 год.	1 тиждень
15	Тема 14. Алгоритм мультисіткового методу. Збіжність мультисіткового методу. Ієрархічні методи (Ієрархічний базис, метод ієрархічної релаксації, асинхронний метод ієрархічної релаксації, асинхронний мультисітковий метод для лінійних крайових задач, асинхронний мультисітковий метод для нелінійних крайових задач, нейронний мультисітковий метод в мережах прямого поширення)	лаб.	[1-5]	3 год.	1 тиждень
16	Тема 14. Алгоритм мультисіткового методу. Збіжність мультисіткового методу. Ієрархічні методи (Ієрархічний базис, метод ієрархічної релаксації, асинхронний метод ієрархічної релаксації, асинхронний мультисітковий метод для лінійних крайових задач, асинхронний мультисітковий метод для нелінійних крайових задач, нейронний мультисітковий метод в мережах прямого поширення)	лек.	[1-5]	3 год.	1 тиждень
16	Модульний контроль № 2	лаб.	–	–	–
Разом:				86	–