

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

Затверджено

На засіданні кафедри радіофізики та комп'ютерних технологій
факультету електроніки та комп'ютерних технологій
Львівського національного університету імені Івана Франка
(протокол №12/23 від 20 червня 2023 р.)

Завідувач кафедри  Іван КАРБОВНИК

Силабус з навчальної дисципліни
«Адаптивні системи опрацювання інформації /
Adaptive Information Processing Systems»,
що викладається в межах ОП «Комп'ютерні науки»
другого (магістерського) рівня вищої освіти
для здобувачів зі спеціальності
122 – Комп'ютерні науки

Львів 2023

Назва дисципліни	Адаптивні системи опрацювання інформації / Adaptive Information Processing Systems
Адреса викладання дисципліни	м. Львів, вул. Тарнавського, 107
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Факультет електроніки та комп'ютерних технологій, кафедра радіофізики та комп'ютерних технологій
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	12 Інформаційні технології, 122 Комп'ютерні науки
Викладачі дисципліни	Любунь Зіновій Михайлович, канд. техн. наук, доцент, доцент Раби́к Васи́ль Григо́рович, канд. техн. наук, доцент, доцент
Контактна інформація викладачів	zinoviy.lyubun@lnu.edu.ua https://electronics.lnu.edu.ua/employee/lyubun-z-m vasyl.rabyk@lnu.edu.ua https://electronics.lnu.edu.ua/employee/rabyk-v-h
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	Консультації в день проведення лекційних занять (за попередньою домовленістю): кімн. 310, корпус факультету електроніки та комп'ютерних технологій, м. Львів, вул. Тарнавського, 107. Також можливі онлайн-консультації через MS Teams. Для погодження часу онлайн-консультацій слід писати на електронну пошту викладача.
Сторінка дисципліни	https://electronics.lnu.edu.ua/course/adaptyvni-systemy-opratsyuvannya-informatsiji https://teams.microsoft.com/l/team/19%3a_8zCexiWCUxTW9cS714IYg76igQp4o3XGtJ39Ne50201%40thread.tacv2/conversations?groupId=2c258ab0-42af-43d5-a97f-8e0485acab33&tenantId=70a28522-969b-451f-bdb2-abfea3aaa5bf
Інформація про дисципліну	Дисципліна «Адаптивні системи опрацювання інформації» є складовою вибіркового циклу дисциплін зі спеціальності 122 Комп'ютерні науки для освітньої програми «Комп'ютерні науки», яка викладається в першому семестрі в обсязі 7,0 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою – ECTS).
Коротка анотація дисципліни	Навчальну дисципліну розроблено таким чином, щоб надати учасникам необхідні знання, для реалізації основних алгоритмів адаптивних систем аналізу даних, в тому числі, з використанням нейронних мереж, а також для формування в них навичок застосування засвоєних знань і алгоритмів у реалізації адаптивних систем. Тому у дисципліні представлено основи адаптивних систем фільтрації, адаптивних систем управління, класифікацію даних на основі нейронних мереж, прогнозування даних на основі багатозарових нейронних мереж та радіальних базисних функцій, використання нечітких множин в системах управління.
Мета та цілі дисципліни	Мета – ознайомлення студентів з основами адаптивних систем опрацювання інформації. Цілями є засвоєння методів мінімізації цільових функцій, цифрової адаптивної фільтрації та адаптивних систем управління, використання нейронних мереж при проектуванні адаптивних систем, алгоритми їх програмної та апаратної реалізації.
Література для вивчення дисципліни	Основна література: 1. Любунь З. М. Основи теорії нейромереж / З. М. Любунь /: Текст лекцій. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007. –142 с. 2. Любунь З. М. Інтелектуальний аналіз даних. / З. М. Любунь, В. Г. Раби́к , І. Д. Карбовник /: Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів за напрямом підготовки 6.050101 “Комп'ютерні науки”– Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана

	<p>Франка, 2015. –70 с.</p> <p>3. Alex Becker. 2023. Kalman Filter Overview. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.kalmanfilter.net/default.aspx</p> <p>Додаткова література:</p> <p>4. Liubun Z. Hover Signal-Profile Detection / Liubun, V. Mandziy, H. Klein, O. Karpin, V. Rabyk // Proceedings of the XV International Scientific and Technical Conference “Computer Science and Information Technologies” – 2022. P. 7 – 10. (Scopus)</p> <p>5. Karpin O. Method of Neural Network Training with Integer Weights / O. Karpin, V. Mandziy, Z. Liubun, V. Rabyk // Proceedings of the XIth International Scientific and Practical Conference “Electronics and Information Technologies” (ELIT – 2019), September 16 – 18, 2019, Lviv, Ukraine. P. 168 – 172. doi: 10.1109/ELIT.2019.8893349.</p> <p>6. Любунь З. Прогнозування властивостей вуглецевих матеріалів з використанням нейронних мереж. / З. Любунь, Р. Лісовський, І. Поплавський, Б. Рачій./ Електроніка та інформаційні технології. – 2019. – Випуск 12. – С. 64–72.</p> <p>7. Rhudy M. B. Kalman filtering tutorial for undergraduate students. / M. B. Rhudy, R. A. Salguero, K. A. Holappa / Int. J. Comp. Sci. Eng. Surv. (1), 8 (2017).</p>
<p>Обсяг курсу</p>	<p>Сумарно 210 годин. Із них 32 години лекцій, 48 годин лабораторних робіт і 130 годин самостійної роботи.</p>
<p>Очікувані результати навчання</p>	<p>Після завершення цього курсу студент буде:</p> <ul style="list-style-type: none"> - знати основні види цифрових фільтрів (рекурсивні і нерекурсивні), методи їх аналізу і синтезу; основні типи адаптивних фільтрів, методи їх проектування, особливості адаптивної цифрової фільтрації; основні застосування адаптивних цифрових фільтрів; прогнозування даних на основі багатошарових нейронних мереж та мереж радіальних базисних функцій; - вміти проектувати нерекурсивні і рекурсивні цифрові фільтри, адаптивні цифрові фільтри та виконувати їх моделювання; виконувати синтез, аналіз та моделювання адаптивних систем управління, створювати емулятори та аналізувати роботу нейромереж, які вирішують задачі класифікації, кластеризації та прогнозування даних; мати навички експлуатації програм емуляції нейромережевих структур опрацювання інформації. <p>Після вивчення курсу здобувачі набудуть таких компетентностей і програмних результатів:</p> <p>ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу. ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. ЗК3. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово. ЗК4. Здатність спілкуватися іноземною мовою. ЗК5. Здатність вчитися й оволодівати сучасними знаннями. ЗК6. Здатність бути критичним і самокритичним. ЗК7. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).</p> <p>СК1. Усвідомлення теоретичних засад комп’ютерних наук. СК2. Здатність формалізувати предметну область певного проєкту у вигляді відповідної інформаційної моделі. СК3. Здатність використовувати математичні методи для аналізу формалізованих моделей предметної області. СК4. Здатність збирати та аналізувати дані (включно з великими) для забезпечення якості проєктних рішень. СК5. Здатність розробляти, описувати, аналізувати та оптимізувати архі-</p>

тектурні рішення інформаційних і комп'ютерних систем різного призначення.

СК6. Здатність застосовувати існуючі та розробляти нові алгоритми розв'язування задач у галузі комп'ютерних наук.

СК7. Здатність розробляти програмне забезпечення відповідно до сформульованих вимог із урахуванням наявних ресурсів і обмежень.

СК8. Здатність розробляти та реалізовувати проекти зі створення програмного забезпечення, у т. ч. в непередбачуваних умовах, за нечітких вимог і необхідності застосовувати нові стратегічні підходи, використовувати програмні інструменти для організації командної роботи над проектом.

СК9. Здатність розробляти та адмініструвати бази даних і знань.

СК10. Здатність оцінювати та забезпечувати якість ІТ-проектів, інформаційних і комп'ютерних систем різного призначення, застосовувати міжнародні стандарти оцінки якості програмного забезпечення інформаційних і комп'ютерних систем, моделі оцінки зрілості процесів розробки інформаційних і комп'ютерних систем.

СК11. Здатність ініціювати, планувати та реалізовувати процеси розробки інформаційних і комп'ютерних систем та програмного забезпечення, включно з його розробкою, аналізом, тестуванням, системною інтеграцією, впровадженням і супроводом.

СК12. Здатність поєднувати програмні підходи з оптимальними апаратними рішеннями та базовими знаннями електроніки у створенні інтелектуальних, високорівневих вбудованих та спеціалізованих комп'ютерних систем.

СК13. Здатність застосовувати методи і підходи штучного інтелекту, інтелектуального аналізу та науки про дані та підходів оптимізації до розв'язання конкретних проблем комп'ютерних наук.

РН1. Мати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки у сфері комп'ютерних наук і є основою для оригінального мислення та проведення досліджень, критичне осмислення проблем у сфері комп'ютерних наук та на межі галузей знань.

РН2. Мати спеціалізовані уміння/навички розв'язання проблем комп'ютерних наук, необхідні для проведення досліджень та/або провадження інноваційної діяльності з метою розвитку нових знань та процедур.

РН3. Зрозуміло і недвозначно доносити власні знання, висновки та аргументацію у сфері комп'ютерних наук до фахівців і нефаківців, зокрема до осіб, які навчаються.

РН4. Управляти робочими процесами у сфері інформаційних технологій, які є складними, непередбачуваними та потребують нових стратегічних підходів.

РН5. Оцінювати результати діяльності команд та колективів у сфері інформаційних технологій, забезпечувати ефективність їх діяльності.

РН6. Розробляти концептуальну модель інформаційної або комп'ютерної системи.

РН7. Розробляти та застосовувати математичні методи для аналізу інформаційних моделей.

РН8. Розробляти математичні моделі та методи аналізу даних (включно з великими).

РН9. Розробляти алгоритмічне та програмне забезпечення для аналізу даних (включно з великими).

РН10. Проектувати архітектурні рішення інформаційних та комп'ютерних систем різного призначення.

	<p>PH11. Створювати нові алгоритми розв'язування задач у сфері комп'ютерних наук, оцінювати їх ефективність та обмеження на їх застосування.</p> <p>PH12. Проектувати та супроводжувати бази даних та знань.</p> <p>PH13. Оцінювати та забезпечувати якість інформаційних та комп'ютерних систем різного призначення.</p> <p>PH14. Тестувати програмне забезпечення.</p> <p>PH15. Виявляти потреби потенційних замовників щодо автоматизації обробки інформації.</p> <p>PH16. Виконувати дослідження у сфері комп'ютерних наук.</p> <p>PH17. Виявляти та усувати проблемні ситуації в процесі експлуатації програмного забезпечення, формулювати завдання для його модифікації або реінжинірингу.</p> <p>PH18. Збирати, формалізувати, систематизувати і аналізувати потреби та вимоги до інформаційної або комп'ютерної системи, що розробляється, експлуатується чи супроводжується.</p> <p>PH19. Аналізувати сучасний стан і світові тенденції розвитку комп'ютерних наук та інформаційних технологій.</p> <p>PH20. Володіти методами та засобами штучного інтелекту, інженерії та аналізу даних, розпізнавання образів і адаптивного опрацювання інформації, аналізу та обробки природної мови, моделювання та оптимізації.</p> <p>PH21. Створювати нові системи даних, високорівневі вбудовані системи, спеціалізовані комп'ютерні системи та інтелектуальні системи із застосуванням базових знань апаратного і програмного забезпечення мікроконтролерів і мікрокомп'ютерів.</p>
Ключові слова	Гradientні методи оптимізації, середньо квадратична похибка цільової функції, адаптивні системи управління, адаптивні цифрові фільтри, метод LMS, метод RLS, фільтр Вінера, фільтр Калмана, нейромережі.
Формат курсу	Очний
	Проведення лекцій, лабораторних робіт та консультації для поглибленого розуміння тем
Теми	Див. СХЕМА КУРСУ
Підсумковий контроль, форма	Залік в кінці семестру
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань у галузі 12 – Інформаційні технології, зокрема з дисциплін «Вища математика», «Дискретна математика», «Алгоритми та структури даних», «Чисельні методи», «Теорія ймовірності та математична статистика», «Об'єктно-орієнтоване програмування»
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Лекції, презентації, лабораторні роботи, індивідуальні практичні завдання, обговорення, дискусії
Необхідне обладнання	Мультимедійне обладнання, платформи Microsoft Teams, Microsoft 365 A5, Moodle, комп'ютерне програмне забезпечення: відкрите середовище для інженерних і наукових розрахунків SCILAB 6.1.0, Python
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	<p>Оцінювання проводиться упродовж семестру та під час екзаменаційної сесії за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за такими видами робіт із таким співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 12 лабораторних робіт: 60% семестрової оцінки; максимальна кількість балів $12 \times 5 = 60$. • дві контрольні роботи: 40% семестрової оцінки; максимальна кількість балів $2 \times 20 = 40$. <p>Загалом 100 балів.</p>

	<p>Контрольні заміри знань проводять у формі стандартних практичних завдань і теоретичних питань.</p> <p>Академічна доброчесність: Очікується, що лабораторні та контрольні роботи студентів будуть їхніми оригінальними дослідженнями або 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 або спроб обману.</p> <p>Відвідування занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції та лабораторні заняття курсу. Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. Студенти зобов'язані дотримуватися всіх термінів, визначених для виконання 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 також заохочуються до використання іншої літератури та джерел, зокрема наукової літератури, яка відсутня серед обов'язкової та рекомендованої.</p> <p>Політика виставлення балів. Враховуються бали, набрані на поточному опитуванні, самостійній роботі та бали підсумкового контролю знань. Обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час лабораторних занять; наголошується на неприпустимості пропусків або запізнь на заняття, користування мобільним телефоном, планшетом або іншими мобільними пристроями під час занять з метою, не пов'язаною з навчанням, списування та плагіату, несвоєчасного виконання поставлених завдань і т. ін.</p> <p>Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p>
Питання до контрольних робіт	<p>Перелік питань і завдань для проведення підсумкової оцінки знань усіх тем курсу до контрольних робіт розміщено на веб-сторінці https://teams.microsoft.com/l/team/19%3a_8zCexiWCUxTW9cS714IYg76igQp4o3XGtJ39Ne50201%40thread.tacv2/conversations?groupId=2c258ab0-42af-43d5-a97f-8e0485acab33&tenantId=70a28522-969b-451f-bdb2-abfea3aaa5bf</p>
Опитування	<p>Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.</p>

СХЕМА КУРСУ

Тиж.	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття)	Література. Ресурси в Інтернеті	Завдання, лабораторна робота, самостійна робота, год.	Термін виконання
1	Використання нейронних мереж для створення адаптивних програм аналізу даних (<i>математичні моделі нейронів, функції активації, методи навчання</i>). Лекція 1. 2 год.	Лекція	1, 2, 7, 8, 10, 11, 12	Вступне заняття. Ввідний інструктаж з техніки безпеки. Академічна доброчесність. Реалізація та дослідження можливостей одношарових нейронних мереж для вирішення задачі класифікації даних. (ЛР. 1 – 3 год.)	1-й тиж. семестру
2	Використання пошарових нейронних мереж для вирішення задачі класифікації	Лекція	1, 2, 7, 8, 10, 11, 12	Лабораторна робота № 1 – 3 год.	2-й тиж. семестру

	даних (одношарові та багатошарові нейронні мережі, алгоритми навчання, проблеми що виникають в процесі реалізації нейронних мереж для класифікації даних). Лекція 2. 2 год.				
3	Класичні системи прогнозування (наївні моделі прогнозування, використання лінійного та параболічних трендів для прогнозування, метод Хольта-Брауна). Лекція 3. 2 год.	Лекція	1, 2, 7, 8, 10, 11, 12	Реалізація та дослідження роботи багатошарових нейронних мереж для вирішення задачі класифікації даних. (ЛР. 2 – 3 год)	3-й тиж. семестру
4	Системи прогнозування на основі нейронних мереж з використанням пошарових структур (Вплив функцій активації та інших параметрів мережі на якість прогнозування, організація даних для навчання мережі). Лекція 4. 2 год.	Лекція	1, 2, 7, 8, 10, 11, 12	Лабораторна робота № 2 – 3 год.	4-й тиж. семестру
5	Системи прогнозування на основі нейронних мереж з використанням РБФ (radial basis function – RBF). (Переваги та недоліки такого типу мережі, вибір функції активації та методів навчання, вибір масиву навчаючих пар та його вплив на якість роботи нейромережі). Лекція 5. 2 год.	Лекція	1, 2, 7, 8, 10, 11, 12	Реалізація та дослідження роботи системи прогнозування на основі нейронних мереж з різною структурою. (ЛР. 3 – 3 год)	5-й тиж. семестру
6	Адаптивні системи кластеризації даних на основі нейронних мереж (структура нейромереж для навчання без вчителя, алгоритми навчання, проблеми що виникають в процесі навчання, вплив параметрів мережі та алгоритму навчання на процес кластеризації даних). Лекція 6. 2 год.	Лекція	1, 2, 7, 8, 10, 11, 12	Лабораторна робота № 3 – 3 год.	6-й тиж. семестру
7	Системи ідентифікації параметрів та аналізу несправностей з використанням нейронних мереж зустрічного поширення (Counter propagation networks - CPN) (структура мережі, проблеми при навчанні шару Кохонена та шару Гросберга, метод нейроядерної ентропії для навчання шару Кохонена). Лекція 7. 2 год.	Лекція	1, 2, 7, 8, 10, 11, 12	Реалізація та дослідження роботи адаптивних систем кластеризації даних на основі нейронних мереж. (ЛР. 4 – 3 год)	7 тиж. семестру
8	Системи автоматичного керування з використанням	Лекція	1, 2, 7, 8, 10, 11, 12	Лабораторна робота № 4 – 3 год.	8 тиж. семестру

	нейронних мереж та нечітких множин (Fuzzy Logic) (структури рекурентних нейронних мереж, вибір структури мережі для задач автоматичного керування, нейронні мережі в системах керування з використанням методів Fuzzy Logic). Лекція 8. 2 год.				
9	Вступ до адаптивних систем опрацювання інформації (ознайомлення з основними поняттями адаптивних систем, їх різновидністю, властивостями адаптивних систем, адаптивним моделюванням, системами адаптивного керування, адаптивним лінійним суматором). Лекція 9. 2 год.	Лекція	3, 5, 6	Моделювання лінійних систем в середовищі Scilab (вивчення методів моделювання лінійних систем в часовій області - перехідна характеристика, імпульсна характеристика, простір змінних стану; в частотній області – передаточна функція, АЧХ і ФЧХ засобами програми Scilab). (ЛР. 5 – 3 год)	9 тиж. семестру
10	Методи обчислення параметрів і вагових коефіцієнтів функції СКП (методи пошуку параметрів робочої функції, основні принципи методів градієнтного пошуку, їх стійкість і швидкість збіжності, метод Ньютона для багатомірного простору). Лекція 10. 2 год.	Лекція	5, 6, 7	Дослідження методів одномірної мінімізації цільових функцій (вивчення методів одномірної мінімізації цільових функцій – метод дихотомії, метод золотого січення, метод Фібоначчі, метод Пауелла; програмна реалізація цих методів і їх тестування). (ЛР. 6 – 3 год)	10 тиж. семестру
11	Цифрові фільтри. Проектування нерекурсивних цифрових фільтрів (опис цифрових фільтрів передаточними функціями і імпульсними характеристиками, нерекурсивні цифрові фільтри з лінійною ФЧХ, розрахунок нерекурсивних цифрових фільтрів з допомогою усереднюючих вікон). Лекція 11. 2 год.	Лекція	3, 4, 13, 14	Дослідження градієнтних методів мінімізації цільових функцій (вивчення градієнтних методів багатомірної мінімізації цільових функцій – методу найшвидшого спуску з фіксованим кроком, з діленням кроку, методу Ньютона; їх програмна реалізація і тестування). (ЛР. 7 – 3 год)	11 тиж. семестру
12	Адаптивна фільтрація сигналів (структурна схема адаптивного фільтра, фільтр Вінера, алгоритми LMS, RLS). Лекція 12. 2 год.	Лекція	5, 6, 7	Проектування цифрових нерекурсивних фільтрів (реалізація алгоритму і програми розрахунку нерекурсивних цифрових фільтрів методом зважування з допомогою віконних функцій; її тестування). (ЛР. 8 – 3 год)	12 тиж. семестру
13	Адаптивні фільтри Калмана (опис лінійних динамічних систем в просторі змінних стану, алгоритм реалізації фільтрів Калмана, використання адаптивних фільтрів Калмана). Лекція 13. 2 год.	Лекція	9, 15	Дослідження адаптивних цифрових фільтрів на основі алгоритму LMS (реалізація алгоритму і програми розрахунку адаптивного цифрового фільтру на основі алгоритму LMS; її тестування). (ЛР. 9 – 3 год)	13 тиж. семестру
14	Використання адаптивних фільтрів (оцінка імпульсної	Лекція	5, 6, 7, 9	Дослідження адаптивних цифрових фільтрів на основі алгоритму RLS	14 тиж. семестру

	<p>характеристики невідомої системи; очищення сигналу від шуму; вирівнювання частотної характеристики невідомої системи; оцінка параметрів лінійного прогнозу сигналів).</p> <p>Лекція 14. 2 год.</p>			<p>(реалізація алгоритму і програми розрахунку адаптивного цифрового фільтру на основі алгоритму RLS; її тестування).</p> <p>(ЛР. 10 – 3 год)</p>	
15	<p>Системи управління з самоналаштуванням. Адаптивні системи з еталонною моделлю (Загальні принципи побудови адаптивних систем з еталонною моделлю. Структура основного контуру. Алгоритми налаштування параметрів в адаптивній системі з еталонною моделлю).</p> <p>Лекція 15. 2 год.</p>	Лекція	5, 6, 7	<p>Проектування і дослідження фільтра Калмана (реалізація алгоритму і програми розрахунку фільтру Калмана; її тестування на прикладі динамічних систем).</p> <p>(ЛР. 11 – 3 год)</p>	15 тиж. семестру
16	<p>Адаптивні системи управління з моделлю об'єкта, що налаштовується (Ідентифікація об'єкту з допомогою моделі, що налаштовується).</p> <p>Лекція 16. 2 год.</p>	Лекція	5, 6, 7	<p>Дослідження адаптивних систем управління (реалізація алгоритму і програми ідентифікації параметрів об'єкту управління – LMS-, RLS- методи, фільтр Калмана).</p> <p>(ЛР. 12 – 3 год)</p>	16 тиж. семестру