

Міністерство освіти і науки України  
Львівський національний університет імені Івана Франка  
Кафедра радіофізики та комп'ютерних технологій

**"ЗАТВЕРДЖУЮ"**  
**Завідувач**  
кафедри радіофізики  
та комп'ютерних технологій

\_\_\_\_\_ Іван КАРБОВНИК  
"\_\_\_" \_\_\_\_\_ 2023 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**  
**АДАПТИВНІ СИСТЕМИ ОПРАЦЮВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ**

підготовки магістрів  
галузь знань 12 "Інформаційні технології"  
спеціальність 122 "Комп'ютерні науки"  
факультет електроніки та комп'ютерних технологій

2023-2024 навчальний рік

Робоча програма навчальної дисципліни "Адаптивні системи опрацювання інформації"  
для студентів за спеціальністю 122 "Комп'ютерні науки"

Розробники:

*Любунь З.М.*, кандидат технічних наук, доцент кафедри радіофізики та комп'ютерних технологій факультету електроніки та комп'ютерних технологій

*Рабик В.Г.*, кандидат технічних наук, доцент кафедри радіофізики та комп'ютерних технологій факультету електроніки та комп'ютерних технологій

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри радіофізики та комп'ютерних технологій

Протокол №12/23 від 20 червня 2023 р.

**Завідувач**

кафедри радіофізики  
та комп'ютерних технологій

Іван КАРБОВНИК

## 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни
		<i>денна форма навчання</i>
Кількість кредитів – <b>7</b>	Галузь знань <b>12 – Інформаційні технології</b>	Вибіркова
Модулів – <b>1</b> Змістових модулів – <b>2</b>	Спеціальність <b>122 – Комп’ютерні науки</b>	<i>Рік підготовки:</i> <b>5-й</b>
Індивідуальне науково-дослідне завдання – немає		<i>Семестр</i> <b>9-й</b>
Загальна кількість годин – <b>210</b>		
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – <b>5</b> самостійної роботи студента – <b>8</b>	Освітньо-кваліфікаційний рівень: <b>магістр</b>	<i>Лекції</i> <b>32 год.</b>
		<i>Практичні, семінарські</i> <b>0 год.</b>
		<i>Лабораторні</i> <b>48 год.</b>
		<i>Самостійна робота</i> <b>130 год.</b>
		<i>Вид контролю: залік</i>

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Курс "Адаптивні системи опрацювання інформації" є складовою циклу нормативних навчальних дисциплін підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня "магістр".

**Мета дисципліни:** ознайомлення студентів з основами адаптивних систем опрацювання інформації, методами мінімізації цільових функцій, методами цифрової адаптивної фільтрації та адаптивними системами управління, використанням нейронних мереж при проектуванні адаптивних систем, алгоритмами їх програмної та апаратної реалізації.

**Завдання дисципліни:** навчити студентів основних теоретичних положень та методів дисципліни, привити навички використання теоретичних знань для розв'язання практичних задач по аналізу адаптивних систем різної архітектури (систем адаптивної фільтрації, адаптивних систем управління) та їх програмній реалізації.

**Предмет дисципліни:** методи синтезу та аналізу адаптивних систем управління, адаптивних фільтрів, адаптивних нейромережових систем.

В результаті вивчення даної дисципліни студент повинен:

**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;
- основні структури адаптивних систем управління;
- використання нечітких множин в системах управління.

**вміти:**

- проектувати нерекурсивні і рекурсивні цифрові фільтри, адаптивні цифрові фільтри та виконувати їх моделювання;
- виконувати синтез, аналіз та моделювання адаптивних систем управління, виконувати розрахунок їх основних складових;
- створювати емулятори та аналізувати роботу нейромереж, які вирішують задачі класифікації, кластеризації та прогнозування даних;
- мати навички експлуатації програм емуляції нейромережових структур опрацювання інформації.

Після вивчення даного курсу «Адаптивні системи опрацювання інформації» здобувачі набудуть таких компетентностей та програмних результатів:

- 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).
- 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 архітектурні 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 проєкти 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 проєктом.

СК9. Здатність розробляти та адмініструвати бази даних і знань.

СК10. Здатність оцінювати та забезпечувати якість ІТ-проєктів, 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 нефахівців, 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. Проєктувати архітектурні рішення інформаційних та комп'ютерних систем різного призначення.

PH11. Створювати нові алгоритми розв'язування задач у сфері комп'ютерних наук, оцінювати їх ефективність та обмеження на їх застосування.

PH12. Проектувати та супроводжувати бази даних та знань.

PH13. Оцінювати та забезпечувати якість інформаційних та комп'ютерних систем різного призначення.

PH14. Тестувати програмне забезпечення.

PH15. Виявляти потреби потенційних замовників щодо автоматизації обробки інформації.

PH16. Виконувати дослідження у сфері комп'ютерних наук.

PH17. Виявляти та усувати проблемні ситуації в процесі експлуатації програмного забезпечення, формувати завдання для його модифікації або реінжинірингу.

PH18. Збирати, формалізувати, систематизувати і аналізувати потреби та вимоги до інформаційної або комп'ютерної системи, що розробляється, експлуатується чи супроводжується.

PH19. Аналізувати сучасний стан і світові тенденції розвитку комп'ютерних наук та інформаційних технологій.

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.

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.

**Місце в структурно-логічній схемі спеціальності.** Для вивчення дисципліни "Адаптивні системи опрацювання інформації" необхідні знання з таких предметів: "Вища математика", "Алгоритми та структури даних", "Чисельні методи", "Об'єктно-орієнтоване програмування", "Теорія ймовірності та математична статистика".

### *3. Програма навчальної дисципліни*

#### **МОДУЛЬ 1**

**Змістовий модуль 1. Використання нейронних мереж при проектуванні адаптивних систем опрацювання інформації.**

#### **Тема 1. Класифікація даних на основі нейронних мереж.**

Постановка задачі класифікації даних. Особливості нейронних мереж, їх структура для вирішення задачі класифікації даних.

#### **Тема 2. Прогнозування даних на основі багатошарових нейронних мереж.**

Класичні системи прогнозування. Структура багатошарових нейронних мереж для прогнозування даних. Згладжування вхідних даних, їх нормування. Побудова навчаючих і тестуючих пар методом ковзкого вікна.

**Тема 3. Прогнозування даних на основі нейронних мереж радіальних базисних функцій.**

Структура нейронних мереж радіальних базисних функцій для прогнозування даних. Підготовка вхідних даних для прогнозування. Навчання і тестування нейронних мереж.

#### **Тема 4. Використання нечітких множин в системах керування.**

Системи ідентифікації параметрів та аналізу несправностей з використанням нейронних мереж зустрічного поширення. Нечіткі множини та адаптивні системи управління.

## Змістовий модуль 2. Адаптивні системи фільтрації і управління.

### Тема 5. Адаптивні системи та їх цільові функції.

Вступ до адаптивних систем опрацювання інформації, їх структура. Методи обчислення параметрів і вагових коефіцієнтів функції СКП.

### Тема 6. Нерекурсивні і рекурсивні цифрові фільтри.

Типи цифрових фільтрів. Фільтри з нескінченною імпульсною характеристикою (IIR - фільтри). Фільтри з скінченною імпульсною характеристикою (FIR - фільтри). Методи розрахунку цифрових IIR-, FIR- фільтрів.

### Тема 7. Адаптивні системи фільтрації.

Структурна схема адаптивних фільтрів, фільтри Вінера, алгоритми LMS, RLS рекурентного обчислення параметрів адаптивного фільтра. Фільтри Калмана та їх використання.

### Тема 8. Адаптивні системи управління.

Загальні принципи побудови адаптивних систем управління. Адаптивна системи з еталонною моделлю. Алгоритми налаштування параметрів в адаптивній системі з явною еталонною моделлю. Адаптивні системи управління з моделлю об'єкта, що налаштовується.

## 4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	Денна форма					
	Усього	у тому числі				
Лекції		П.Р.	Л.Р.	Інд.	С. Р.	
1	2	3	4	5	6	7
<b>МОДУЛЬ 1</b>						
<b>Змістовий модуль 1. Використання нейронних мереж при проектуванні адаптивних систем опрацювання інформації.</b>						
Тема 1. Класифікація даних на основі нейронних мереж.	26	4	-	6	-	16
Тема 2. Прогнозування даних на основі багат шарових нейронних мереж.	26	4	-	6	-	16
Тема 3. Прогнозування даних на основі нейронних мереж радіальних базисних функцій.	26	4	-	6	-	16
Тема 4. Використання нечітких множин в системах керування.	27	4	-	6	-	17
<i>Разом – змістовий модуль 1</i>	<b>105</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>24</b>	<b>-</b>	<b>65</b>
<b>Змістовий модуль 2. Адаптивні системи фільтрації і управління.</b>						
Тема 5. Адаптивні системи та їх цільові функції.	26	4	-	9	-	16
Тема 6. Нерекурсивні цифрові фільтри.	26	2	-	3	-	9
Тема 7. Адаптивні системи фільтрації.	31	6	-	9	-	24
Тема 8. Адаптивні системи управління.	23	4	-	3	-	16
<i>Разом – змістовий модуль 2</i>	<b>105</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>24</b>	<b>-</b>	<b>65</b>
<b>Усього годин</b>	<b>210</b>	<b>32</b>		<b>48</b>		<b>130</b>

### 5. Теми лекційних занять

№ п/п	Тема лекційного заняття	Кількість годин
1.	Використання нейронних мереж для створення адаптивних програм аналізу даних.	2
2.	Використання пошарових нейронних мереж для вирішення задачі класифікації даних.	2
3.	Класичні системи прогнозування.	2
4.	Системи прогнозування на основі нейронних мереж з використанням пошарових структур. Дослідження для різних функцій активації та різних вхідних даних.	2
5.	Системи прогнозування на основі нейронних мереж з використанням РБФ (radial basis function - RBF). Дослідження для різних функцій активації та різних залежностей.	2
6.	Адаптивні системи кластеризації даних на основі нейронних мереж.	2
7.	Системи ідентифікації параметрів та аналізу (знаходження) несправностей з використанням нейронних мереж зустрічного поширення (Counter propagation networks - CPN).	2
8.	Системи автоматичного керування з використанням нейронних мереж та нечітких множин (Fuzzy Logic).	2
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).	2
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).	2
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).	2
12.	Адаптивна фільтрація сигналів (структурна схема адаптивного фільтра, фільтр Вінера, алгоритми LMS, RLS рекурентного обчислення параметрів адаптивного фільтра).	2
13.	Адаптивні фільтри Калмана (опис лінійних динамічних систем в просторі змінних стану, алгоритм реалізації фільтрів Калмана, використання адаптивних фільтрів Калмана).	2
14.	Використання адаптивних фільтрів (оцінка імпульсної характеристики невідомої системи; очистка сигналу від шуму; вирівнювання частотної характеристики невідомої системи; оцінка параметрів лінійного прогнозу сигналів).	2
15.	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 явною еталонною моделлю).	2
16.	Адаптивні системи управління з моделлю об'єкта, що налаштовується	2



	<i>(Ідентифікація об'єкту з допомогою моделі, що налаштовується. Побудова моделі, що налаштовується, на основі ортогональних функцій).</i>	
	<b>Всього за семестр</b>	32

### **6. Теми семінарських занять**

Семінарські заняття в курсі не передбачені.

### **7. Теми практичних занять**

Практичні заняття в курсі не передбачені.

### **8. Теми лабораторних занять**

№ п/п	Назва лабораторної роботи	Кількість годин
1.	Вступне заняття. Ввідний інструктаж з техніки безпеки. Реалізація та дослідження роботи пошарових нейронних мереж для вирішення задачі класифікації даних.	6
2.	Реалізація та дослідження роботи системи прогнозування на основі нейронних мереж з використанням пошарових структур	6
3.	Реалізація та дослідження роботи системи прогнозування на основі нейронних мереж з використанням РБФ.	6
4.	Реалізація та дослідження роботи адаптивних систем кластеризації даних на основі нейронних мереж.	6
5.	Моделювання лінійних систем в середовищі Scilab ( <i>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</i> )	3
6.	Дослідження методів одновимірної мінімізації цільових функцій ( <i>вивчення методів одновимірної мінімізації цільових функцій –метод дихотомії, метод золотого січення, метод Фібоначчі, метод Пауелла; програмна реалізація цих методів і їх тестування</i> ).	3
7.	Дослідження градієнтних методів мінімізації цільових функцій ( <i>вивчення градієнтних методів багатомірної мінімізації цільових функцій – методу найшвидшого спуску з фіксованим кроком, з діленням кроку, методу Ньютона; їх програмна реалізація і тестування</i> ).	3
8.	Проектування цифрових нерекурсивних фільтрів ( <i>реалізація алгоритму і програми розрахунку нерекурсивних цифрових фільтрів методом зважування з допомогою віконних функцій; її тестування</i> ).	3
9.	Дослідження адаптивних цифрових фільтрів на основі алгоритму LMS ( <i>реалізація алгоритму і програми розрахунку адаптивного цифрового фільтру на основі алгоритму LMS; її тестування</i> ).	3
10.	Дослідження адаптивних цифрових фільтрів на основі алгоритму RLS ( <i>реалізація алгоритму і програми розрахунку адаптивного цифрового фільтру на основі алгоритму RLS; її тестування</i> ).	3
11.	Проектування і дослідження фільтра Калмана ( <i>реалізація алгоритму і програми розрахунку фільтру Калмана; її тестування на прикладі динамічних систем</i> ).	3
12.	Дослідження адаптивних систем управління ( <i>реалізація алгоритму і програми ідентифікації параметрів об'єкту управління – LMS-, RLS-методи, фільтр Калмана</i> ).	3

<b>Всього за семестр</b>	<b>48</b>
--------------------------	-----------

### **9. Самостійна робота**

Для закріплення теоретичного матеріалу, виконання звітів з лабораторних робіт з даної дисципліни в позаучбовий час студентам надається можливість користуватися бібліотеками Львівського національного університету, факультету електроніки та комп'ютерних технологій, університету, можливостями комп'ютерних класів, лабораторій факультету електроніки та комп'ютерних технологій. Студенти мають можливість отримати консультації з питань даної дисципліни в лекторів.

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Вивчення теоретичного матеріалу лекцій.	24
2.	Підготовка до лабораторних робіт, оформлення звітів.	32
3.	Підготовка до контрольної роботи.	4
4.	Підготовка до колоквиуму.	4
5.	Основні застосування адаптивних систем в адаптивній фільтрації та адаптивному управлінні.	3
6.	Методи одновимірної мінімізації цільових функцій, їх алгоритмізація.	3
7.	Методи градієнтної мінімізації (метод найшвидшого спуску).	3
8.	Методи градієнтної мінімізації (метод Ньютона).	3
9.	Методи градієнтної мінімізації (метод Флетчера - Рівса).	3
10.	Адаптивний лінійний суматор з одним і багатьма входами.	3
11.	Методи обчислення параметрів і вагових коефіцієнтів функції СКП.	4
12.	Розрахунок нерекурсивних цифрових фільтрів з лінійною фазою методом усереднюючих вікон.	4
13.	Основні вагові функції і їх характеристики.	3
14.	Специфікації нерекурсивних цифрових фільтрів.	3
15.	Функціональна схема лінійного адаптивного фільтра з оберненим зв'язком.	4
16.	Адаптивний фільтр Вінера, алгоритм його реалізації.	3
17.	Опис динамічних систем в просторі змінних стану.	3
18.	Фільтр Калмана, його алгоритмізація.	4
19.	Реалізація схем змінних стану методом послідовного програмування.	3
20.	Реалізація схем змінних стану методом прямого програмування.	3
21.	Реалізація схем змінних стану методом паралельного програмування.	3
22.	Структура і типи адаптивних систем управління.	3
23.	Адаптивна система управління з самоналаштуванням і еталонною моделлю.	4
24.	Алгоритми навчання нейронних мереж радіальних базисних функцій.	4

### **10. Методи навчання**

Навчальні заняття проводяться у формі лекційних та лабораторних робіт – одна лекція та одна лабораторна робота на тиждень. Навчання закінчується іспитом. Успішне вивчення дисципліни вимагає відвідування лекцій, виконання лабораторних робіт та всіх учбових завдань викладача.

Лекція – основна форма проведення навчальних занять, призначена для засвоєння теоретичного матеріалу. Під час лекції студент повинен виконувати її конспектування та відмічати матеріали, які є важкими для розуміння, щоб звернутися за допомогою до викладача.

Виконання студентами лабораторних робіт направлено на узагальнення, систематизацію, поглиблення отриманих теоретичних знань з конкретних тем дисципліни, формування необхідних професійних вмінь. Лабораторні заняття виконуються в комп'ютерному класі, оснащеному відповідним програмним забезпеченням.

Самостійна робота студента є основним засобом оволодіння навчальним матеріалом у час, вільний від обов'язкових навчальних занять. Час відведений на самостійну роботу, можна розподілити на виконання наступних завдань:

- закріплення теоретичного матеріалу при підготовці до лекцій, контрольних робіт, колоквиуму;
- підготовка до лабораторних робіт та написання звітів з лабораторних робіт;
- перегляд періодичної літератури по даній тематиці через мережу Internet.

### 11. Методи контролю

**Система контролю знань та умови складання заліку.** Навчальна дисципліна "Адаптивні системи опрацювання інформації" оцінюється за модульно-рейтинговою системою. Вона складається з 1 модуля і 2 змістових модулів.

Результати навчальної діяльності студентів на протязі семестру оцінюються за 100-бальною шкалою. Курс поділяється на 2 змістові модулі за кожний з яких студент може отримати 50 балів. Разом модуль оцінений у 100 балів.

Підсумкова кількість балів виставляється за результатами поточного контролю знань студентів, який включає результати виконання 12 лабораторних робіт, написання контрольної роботи, колоквиуму.

Максимальна кількість балів за кожну лабораторну роботу 1-го змістового модуля – 8,0 балів, а другого змістового модуля – 4,0 бали. При оцінюванні лабораторної роботи враховується підготовка до виконання лабораторної роботи, хід виконання лабораторної роботи – 2,0 (4,0) балів або 1,0 (2,0), своєчасна здача і якість оформлення звіту, отримані результати та захист звіту про виконану лабораторну роботу - 2,0 (4,0) балів або 1,0 (2,0).

Контрольні роботи і колоквиум проводяться після кожного змістового модуля. Максимальна кількість балів за контрольну роботу і колоквиум – 18,0 балів.

Вивчення курсу завершується заліком, який проводиться за результатами балів, набраними студентами на протязі семестру.

### 12. Розподіл балів, що присвоюється студентам

№ п/п	Змістовий модуль	Види контролю	К-ть видів	Сума балів
1	<i>Класифікація даних на основі нейронних мереж.</i>	Колоквиум	1	18,0
		Лабораторна робота	4	8,0 – 32,0
2	<i>Адаптивні системи фільтрації і управління.</i>	Контрольна робота	1	18,0
		Лабораторна робота	8	8,0 – 32,0

### Рейтингове оцінювання контролю знань студентів (у балах)

№ п/п	Види контролю	К-ть видів	Бали	Сума балів
1	Колоквиум	1	18,0	18,0
2	Виконання і захист лабораторної роботи	4	2,0-8,0	8,0-32,0
3	Виконання і захист лабораторної роботи	8	1,0-4,0	8,0-32,0
4	Контрольна робота	1	9,0	18,0
Загальна сума балів за семестр				100,0

### Шкала оцінювання: Університету, національна та ECTS

Оцінка в балах	Оцінка ECTS	Визначення	Оцінка за національною шкалою	
90-100	A	Відмінно	5	Відмінно
81-89	B	Дуже добре	4	Добре
71-80	C	Добре		
61-70	D	Задовільно	3	Задовільно
51-60	E	Достатньо		
16-50	FX	Недостатньо	2	Незадовільно з можливістю повторного складання
0-15	F	Незадовільно		Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни.

### 13. Методичне забезпечення

1. Любунь З. М., Рабик В. Г. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з курсу " Адаптивні системи опрацювання інформації ". Електронна версія.
2. Любунь З. М. Основи теорії нейромереж / З. М. Любунь /: Текст лекцій. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007. –142 с.
3. Любунь З. М., Рабик В. Г., Карбовник І. Д. Інтелектуальний аналіз даних. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів за напрямом підготовки 6.050101 "Комп'ютерні науки".– Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2015. –70 с.

### 14. Рекомендована література

#### Базова

1. Diniz Paulo S. R. Adaptive Filtering. Algorithms and Practical Implementation. Fourth Edition / Paulo S. R. Diniz / - Springer New York Heidelberg Dordrecht London, 2013. -652 p.
2. Наконечний А.Й. Цифрова обробка сигналів: навч. посібник /Наконечний А.Й. Наконечний Р.А., Павлиш В.А. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2010. – 368 с.
3. Widrow Bernard, Stearns Samuel D. Adaptive Signal Processing / Bernard Widrow, Samuel D. Stearns / Prentice Hall, 1985. - 474 p.
4. Северин В. П. Методи та алгоритми багатовимірної безумовної оптимізації: Навчальний посібник для студентів комп'ютерних спеціальностей усіх форм навчання закладів вищої освіти / В. П. Северин, О. М. Нікуліна – Харків: НТУ «ХПІ», 2023. – 160 с.
5. Haykin Simon S. Neural Networks: A Comprehensive Foundation / Simon S. Haykin / - Prentice Hall, 1999. – 842 p.
6. Добровська Л. М. Теорія та практика нейронних мереж : навч. посіб. / Л. М. Добровська, І. А. Добровська. – К. : НТУУ «КПІ» Вид-во «Політехніка», 2015. – 396 с.
7. Alex Becker. 2018. Kalman Filter Overview. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.kalmanfilter.net/default.aspx>.

#### Допоміжна

1. 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" – 2020. P. 7 – 10. (Scopus)
2. Karpin O. Method of Neural Network Training with Integer Weights / O. Karpin, V. Mandziy, Z. Liubun, V. Rabyk // Proceedings of the XI<sup>th</sup> 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.

3. 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.

4. Ваврук Є. Я. Алгоритми та засоби обробки сигналів: навч. посібн. / Є. Ваврук, О. Лашко, Р. Попович – Львів : СПОЛОМ, 2021. – 240 с.

5. Основи та методи цифрової обробки сигналів: від теорії до практики: навч. посібник / уклад. : Ю.О. Ушенко, М.С. Гавриляк, М.В. Талах, В.В. Дворжак. – Чернівці : Чернівецький нац. ун-т ім. Ю. Федьковича, 2021. 308 с.

6. 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).

### ***15. Інформаційні ресурси***

1. <http://electronics.wups.lviv.ua/archiv>
2. <http://www.wikipedia.org>