

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

Затверджено

На засіданні кафедри радіофізики та комп'ютерних технологій факультету електроніки та комп'ютерних технологій Львівського національного університету імені Івана Франка
(протокол № *2/22* від *30.08.2022* р.)

Завідувач кафедри



Іван КАРБОВНИК

Силабус з навчальної дисципліни
«Вбудовані системи опрацювання даних та управління на основі
нейромереж»,
що викладається в межах ОП «Інженерія програмного
забезпечення» першого рівня вищої освіти (бакалавр)
для здобувачів зі спеціальності
121 «Інженерія програмного забезпечення»

Назва дисципліни	Вбудовані системи опрацювання даних та управління на основі нейромереж / Embedded data processing and control systems based on neural networks.
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», 121 «Інженерія програмного забезпечення»
Викладачі дисципліни	Любунь Зіновій Михайлович, канд. техн. наук, доцент. Раби́к Васи́ль Григо́рович, канд. техн. наук, 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). Також можливі онлайн-консультації через MS Teams. Для погодження часу онлайн-консультацій слід писати на електронну пошту викладача.
Сторінка дисципліни	https://teams.microsoft.com/l/channel/19%3aLe8UDOP1n2q8oMnPzCul0QmKUEsA9ys9tPeUCKGp0tQ1%40thread.tacv2/%25D0%2597%25D0%25B0%25D0%25B3%25D0%25B0%25D0%25BB%25D1%258C%25D0%25BD%25D0%25B5?groupId=3d6ab99b-9de2-4286-a72c-58c17f26f2b5&tenantId=70a28522-969b-451f-bdb2-abfea3aaa5bf
Інформація про дисципліну	Дисципліна «Вбудовані системи опрацювання даних та управління на основі нейромереж» є складовою циклу дисциплін професійної і практичної підготовки зі спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення» для освітньої програми «Інженерія програмного забезпечення», яка викладається в першому семестрі в обсязі 5,0 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою – ECTS).
Коротка анотація дисципліни	Навчальну дисципліну розроблено таким чином, щоб надати учасникам необхідні знання, для реалізації апаратних і програмних складових вбудованих систем управління, аналізу даних з використанням нейронних мереж. Тому у дисципліні значна увага приділена розгляду архітектури ARM процесорів, мікроконтролерів PSoc 6, архітектурі вбудованих систем, системам управління з використанням нейронних мереж, нейронним мережам для класифікації даних, прогнозуванню даних на основі багатопланових нейронних мереж та радіальних базисних функцій, використанню рекурентних нейронних мереж в системах управління.
Мета та цілі дисципліни	Мета викладання навчальної дисципліни “ Вбудовані системи опрацювання даних та управління на основі нейромереж ” полягає у освоєнні теоретичних основ побудови, архітектури, функціонування вбудованих систем та нейронних мереж для прогнозування, класифікації, розпізнавання даних. Ознайомлення студентів з методами і засобами моделювання та синтезу компонентів вбудованих систем управління, використанням нейронних мереж при проектуванні систем управління, алгоритмами їх програмної та апаратної реалізації. Цілі: формування сукупності знань щодо побудови, архітектури, функціонування вбудованих систем та нейронних мереж для прогнозування, класифікації, розпізнавання даних.
Література для ви-	Основна література:

вчення дисципліни	<ol style="list-style-type: none"> 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. Рабик, 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 Франка, 2015. –70 с. 3. Інтелектуальні системи керування: конспект лекцій [Текст] / . В. О. Апостолук, О. С. Апостолук. – К.: НТУУ «КПІ», 2008. – 88 с. 4. Новацький А.О. Архітектура новітніх мікроконтролерів: Програмування мікроконтролерів сімейства ARM: Навчальний посібник для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології» / А.О. Новацький – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017–138 с. 5. Yiu Joseph The Definitive Guide to ARM® Cortex®-M0 and Cortex-M0+ Processors. – 2015. 746 p. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://homepages.uni-regensburg.de/~erc24492/PDFs/ARM_Cortex_M0/The_Definitive_Guide_to_ARM_CortexM0_M0+.pdf 6. PSoC® 6 MCU, PSoC 62 Architecture Technical Reference Manual (TRM). [Електронний ресурс] Режим доступу: https://www.cypress.com/file/399201/download 7. PSoC® 6 MCU: PSoC 62. Datasheet. Programmable System-on-Chip (PSoC®). [Електронний ресурс] Режим доступу: https://www.cypress.com/file/385916/download 8. PSoC Creator User Guides. [Електронний ресурс] Режим доступу: https://www.cypress.com/file/137441/download <p style="text-align: center;">Додаткова література:</p> <ol style="list-style-type: none"> 9. 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) 10. 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. 11. 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. 12. Barrett Steven Embedded Systems Design with the Atmel AVR Microcontroller – Part I. – 2009. 176 p. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://fit.mta.edu.vn/files/DanhSach/Embedded%20Systems%20Design%20-%20Part%201.pdf 13. Barrett Steven Embedded Systems Design with the Atmel AVR Microcontroller – Part II. – 2009. 296 p. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://fit.mta.edu.vn/files/DanhSach/Embedded%20Systems%20Design%20-%20Part%202.pdf 14. Suresh N. Embedded systems design. – 141 p. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://mrcet.com/downloads/digital_notes/ECE/IV%20Year/EMBEDDED%20SYSTEMS%20DESIGN.pdf
Обсяг курсу	Сумарно 150 годин. Із них 32 години лекцій, 32 години лабораторних

	робіт і 86 годин самостійної роботи.
Очікувані результати навчання	<p>У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен знати: узагальнену структуру вбудованої системи; архітектуру мікроконтролерів PSoC 6; середовище розробки PSoC Creator 4.2 програмного забезпечення; інтерфейси взаємодії мікроконтролерів з елементами вбудованих систем (давачами, актуаторами); базові структури нейронних мереж та методи їх реалізації для аналізу даних та вирішення задач управління у вбудованих системах.</p> <p>вміти: налаштовувати конфігурацію мікроконтролера PSoC 6; створювати проекти в середовищі розробки PSoC Creator 4.2; реалізовувати алгоритми управління з використанням периферійних пристроїв мікроконтролерів; реалізовувати базові структури нейронних мереж для вирішення задач управління та аналізу даних у вбудованих системах.</p> <p>Після вивчення даного курсу “ Вбудовані системи опрацювання даних та управління на основі нейромереж ” здобувачі набудуть таких Загальних та Фахових компетентностей та Програмних результатів навчання:</p> <p>ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу. ЗК02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. ЗК03. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово. ЗК04. Здатність спілкуватися іноземною мовою мовою як усно, так і письмово. ЗК6. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел. ФК20. Здатність застосовувати фундаментальні і міждисциплінарні знання для успішного розв'язання завдань інженерії програмного забезпечення. ФК27. Здатність використовувати для розробки програмного забезпечення перспективні засоби та технології, зокрема, науки про дані, штучного інтелекту, IoT, вбудованих систем тощо.</p>
Ключові слова	Вбудовані системи, ARM процесори, мікроконтролери PSoC 6, середовище розробки PSoC Creator 4.2, системи управління, нейронні мережі, ідентифікація динамічних систем, моделі об'єкта в часовій і частотній областях.
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 з дисциплін «Вища математика», «Алгоритми та структури даних», «Об'єктно-орієнтоване програмування», «Засоби машинного навчання», «Цифрова обробка інформації».
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Лекції, презентації, лабораторні роботи, індивідуальні практичні завдання, обговорення, дискусії.
Необхідне обладнання	Мультимедіа, платформи Microsoft Teams, комп'ютерне програмне забезпечення.
Критерії оцінювання (окремо для кожного)	Оцінювання проводиться упродовж семестру та під час екзаменаційної сесії за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за такими видами

виду навчальної діяльності)	<p>робіт із таким співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> • лабораторні роботи: 60% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 60. • дві контрольні роботи: 40% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 40. <p>Загалом 100 балів.</p> <hr/> <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, несвочасного виконання поставлених завдань і т. ін.</p> <p>Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p>
Питання до контрольних робіт	Перелік питань і завдань для проведення підсумкової оцінки знань усіх тем курсу до контрольних робіт розміщено на веб-сторінці.
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 (лабораторна робота), год.	Термін виконання
1	Вступ у вбудовані системи (визначення вбудованих систем та їх характеристики, базова структура вбудованої системи, типи вбудованих систем, застосування вбудованих систем). Лекція 1. 2 год.	Лекція	9,10,11,17	Вступне заняття. Ввідний інструктаж з техніки безпеки. Вивчення лабораторного стенду PSoC 6 BLE Pioneer Kit та середовища розробки IDE PSoC Creator 4.2. (ЛР. 1 – 2 год.)	1-й тиж. семестру
2	Архітектура процесорів вбу-	Лекція	4,8,9,10,17	Вивчення системи введення/ виве-	2-й тиж.

	дованих систем (фон-Нейманівська і Гарвардська архітектури процесорів, CISC та RISC системи команд процесорів, архітектура процесорів ARM, огляд процесорів ARM Cortex-M0+, Cortex-M4, архітектура мікроконтролерів PSoC 6). Лекція 2. 2 год.			дення мікроконтролера PSoC 6. (ЛР. 2 – 2 год.)	семестру
3	Елементи вбудованих систем (ядро вбудованих систем, пам'ять у вбудованих системах, давачі та актуатори у вбудованих системах, пристрої введення/ виведення у вбудованих системах). Лекція 3. 2 год.	Лекція	4,8,9,10,17	Вивчення компонент TCPWM_PWM_PDL, TCPWM_Counter_PDL мікроконтролера PSoC 6. (ЛР. 3 – 2 год)	3-й тиж. семестру
4	Інтерфейси зв'язку у вбудованих системах (внутрішні і зовнішні інтерфейси зв'язку, міжінтегральна шина I2C, шина послідовного периферійного інтерфейсу SPI, 1-Wire інтерфейс, паралельна шина, інтерфейс RS-232 C). Лекція 4. 2 год.	Лекція	8,9,17	Система переривань мікроконтролера PSoC 6. (ЛР. 4 – 2 год)	4-й тиж. семестру
5	Одношарові нейронні мережі прямого поширення (математичні моделі нейронів, функції активації, методи навчання) Лекція 5. 2 год.	Лекція	1,2,6,12,13	Реалізація одно нейронної мережі для вирішення задачі класифікації даних. (ЛР. 5 – 2 год)	5-й тиж. семестру
6	Багатошарові нейронні мережі прямого поширення (методи навчання, проблеми що виникають при навчанні та їх усунення) Лекція 6. 2 год.	Лекція	1,2,6,13	Дослідження впливу параметрів мережі та методів навчання при вирішенні задачі класифікації. (ЛР. 6 – 2 год)	6-й тиж. семестру
7	Одно та багатошарові нейронні мережі для апроксимації та прогнозування (структура мереж методи навчання, приклади використання) Лекція 7. 2 год.	Лекція	2,6,14	Реалізація багатошарової нейронної мережі для класифікації даних. (ЛР. 7 – 2 год)	7 тиж. семестру
8	Одно та багатошарові нейронні мережі у випадку навчання без вчителя (структура мереж методи навчання, приклади використання) Лекція 6. 2 год.	Лекція	1,2,6	Реалізація нейронної мережі для вирішення задачі прогнозування. (ЛР. 8 – 2 год)	8 тиж. семестру
9	Класичні системи керування (класифікація систем керування, обернений зв'язок в системах керування, математичні моделі систем керування, моделювання систем керування в часовій і частот-	Лекція	3,5, 8,9,15,16	Управління зовнішніми пристроями з допомогою ЦАП мікроконтролерів PSoC 6. (ЛР. 9 – 2 год)	9 тиж. семестру

	<i>ній областях, дискретні і цифрові системи керування).</i> Лекція 9. 2 год.				
10	Ідентифікація об'єктів управління на основі нейронних мереж (ідентифікація динамічних систем, рекурентний багатошаровий перцептрон (RMLP), алгоритм навчання RMLP, приклади ідентифікації динамічних систем на основі RMLP). Лекція 10. 2 год.	Лекція	3,5,7,15,16,18	Введення аналогових сигналів в мікроконтролери PSoC 6 з допомогою АЦП. (ЛР. 10 – 2 год)	10 тиж. семестру
11	Послідовна і паралельна схема нейронного управління (структура послідовної і паралельної схем нейронного управління, алгоритми їх навчання). Лекція 11. 2 год.	Лекція	3,5,15,16	Ідентифікація динамічних об'єктів на основі мікроконтролера PSoC 6. (ЛР. 11 – 2 год)	11 тиж. семестру
12	Нейронне управління з автоматичним налаштуванням параметрів регулятора (структурна схема управління з самоналаштуванням тарівняння, що описують її роботу). Лекція 12. 2 год.	Лекція	3,5,15,16	Реалізація ПІД- регулятора на основі мікроконтролера PSoC 6. (ЛР. 12 – 2 год)	12 тиж. семестру
13	Нейронні мережі радіальних базисних функцій (приклад використання). Лекція 13. 2 год.	Лекція	2,6	Реалізація багатошарових нейронних мереж для вирішення задачі кластеризації даних. (ЛР. 13 – 2 год)	13 тиж. семестру
14	Рекурентні нейронні мережі (структура рекурентних мереж, функції активації, навчання мереж, області застосування). Лекція 14. 2 год.	Лекція	3,5,6,16	Реалізація нейромереж з РБФ для вирішення задачі прогнозування (ЛР. 14 – 2 год)	14 тиж. семестру
15	Використання рекурентних нейронних мереж для перекладу тексту. Лекція 15. 2 год.	Лекція	5,6,15,16	Реалізація рекурентної нейронної мережі для фільтрації даних. (ЛР. 15 – 2 год)	15 тиж. семестру
16	Згорткові нейронні мережі (структура, методи їх навчання та основні застосування). Лекція 16. 2 год.	Лекція	6,7	Використання загорткової нейронної мережі для розпізнавання зображень (ЛР. 16 – 2 год)	16 тиж. семестру