

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 № 15/24 від 29.08 2023 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	Zinovy.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/лабораторних занять (за попередньою домовленістю): ОЛ 1, корпус ф-ту електроніки та комп'ютерних технологій, вул. ген. Тарнавського, 107, м. Львів. 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 сьомому 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 багат шарових 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.

<p style="text-align: center;">Література для вивчення дисципліни</p>	<p style="text-align: center;">Основна література:</p> <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. Suresh N. Embedded systems design. – 141 p. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://mrcet.com/downloads/digital_notes/ECE/IV%20Year/EMBEDDED%20SYSTEMS%20DESIGN.pdf 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” – 2019. 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. Теорія систем керування: підручник / В.І. Корнієнко, О.Ю. Гусєв, О.В. Герасіна, В.П. Щокін; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Дніпро: НГУ, 2017. – 497 с. 13. Сучасна теорія управління. Частина 2. Прикладні аспекти сучасної теорії управління: підручник / Ю. М. Ковриго, О. В. Степанець, Т. Г. Баган, О. С. Бунке – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. –155с. 14. Розподілені мікропроцесорні системи: конспект лекцій / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Т. О. Терещенко – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 192 с.
<p style="text-align: center;">Обсяг курсу</p>	<p>Сумарно 150 годин. Із них 32 години лекцій, 32 години лабораторних робіт і 86 годин самостійної роботи.</p>

<p>Очікувані результати навчання</p>	<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. ЗК06. 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. ПРН4. Знати і застосовувати професійні стандарти і інші нормативно-правові документи в галузі інженерії програмного забезпечення. ПРН14. Застосовувати на практиці інструментальні програмні засоби доменного аналізу, проектування, тестування, візуалізації, вимірювань та документування програмного забезпечення.</p>
<p>Ключові слова</p>	<p>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.</p>
<p>Формат курсу</p>	<p>Очний</p>
<p>Теми</p>	<p>Див. СХЕМА КУРСУ</p>
<p>Підсумковий контроль, форма</p>	<p>Залік в кінці семестру</p>
<p>Пререквізити</p>	<p>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».</p>
<p>Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу</p>	<p>Інформаційні методи (лекції, презентації, лабораторні роботи, виконання індивідуальних завдань, робота у групі, обговорення, консультації для поглибленого розуміння тем, бесіда, ілюстрація, демонстрація); дедуктивні методи на основі узагальнень;</p>

	евристичні методи (проблемна лекція); інтерактивні методи (дискусія).
Необхідне обладнання	<p>Для проведення лекційних занять:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ноутбук HP Laptop 15 (процесор Intel(R) Core(TM) i5-1035, 8GB оперативної пам'яті, HDD 512GB); - мультимедійне обладнання (проектор, проєкційний екран, дошка настінна, звуковий підсилювач та аудіосистема); - комутатор мережевий для доступу до мережі Internet. <p>Для проведення лабораторних занять:</p> <p>-- програмне забезпечення:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ОС Windows 10 PRO; - IDE PSoC Creator 4.2; - IDE CodeBlocks v.13.12. <p>-- обладнання:</p> <ul style="list-style-type: none"> - комп'ютерна лабораторія з 15 робочими місцями; - монітори TFT 22"; - системні блоки (процесор Intel(R) Core(TM) i3-71000, 8GB оперативної пам'яті, HDD 512 GB) – 12 шт.; - системні блоки (процесор AMD Athlon 2800 MHz, 4GB оперативної пам'яті, HDD 512 GB) – 3 шт.; - комутатор мережевий для доступу до мережі Internet; - лабораторні стенди PSoC 6 BLE Pioneer Kit – 15 шт.; - цифрові осцилографи –DS1052E, DS1054Z; - генератори - UNI-T UTG1010A, FY6900; - блоки живлення - Б5 - 48; - мультиметри – MS8265, UNI-T UTM120B, MY65.
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	<p>Оцінювання проводиться упродовж семестру за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за такими видами робіт із таким співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> - лабораторні роботи: 70% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 70. - змістова контрольна робота 1: 15% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 15. - змістова контрольна робота 2: 15% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 15. <p>Підсумкова максимальна кількість балів 100.</p> <hr/> <p>Контрольні заміри знань проводять у формі практичних завдань з реалізацією їх на стендах PSoC 6 BLE Pioneer Kit 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 написанні завдань студентом є підставою для їх незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату або спроб обману. Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p> <p>Відвідування 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 всіх термінів, визначених для виконання всіх видів робіт, передбачених кур-</p>

сом.

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, зокрема наукової літератури, яких немає серед рекомендованих.

Політика виставлення балів. Враховуються бали, набрані за виконання контрольних робіт та бали за виконання лабораторних робіт. Обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час заняття; наголошується на недопустимості пропусків та запізнь на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом або іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях не пов'язаних з навчанням, списування та плагіат; несвочасне виконання поставлених завдань і т. ін.

Оцінювання лабораторних робіт (14 лабораторних робіт, максимальна кількість балів - 70) відбувається шляхом оцінки роботи студента під час проведення лабораторної роботи в лабораторії (0-3 бали за одну роботу) та захисту і оформленні звіту по виконаній лабораторній роботі (0-2 бали за одну роботу). Разом 5 балів – максимальна оцінка за виконання, оформлення звіту і захист лабораторної роботи. У підсумку максимальна кількість балів за виконані і захищені лабораторні роботи складає 70 балів.

Бали оцінювання лабораторних робіт нараховуються за наступним співвідношенням:

- *виконання лабораторної роботи:*

- 3 бали – студент повністю підготовлений і в повному об'ємі виконав дослідницьку частину лабораторної роботи;

- 2 бали - студент не повністю підготовлений і не повністю виконав дослідницьку частину лабораторної роботи;

- 1 бал - студент слабо підготовлений і тільки частково виконав дослідницьку частину лабораторної роботи.

- *захист лабораторної роботи та оформлення звіту про її виконання:*

- 2 бали – на високому рівні захищена теоретична та дослідницька частини лабораторної роботи, якісно і в повному об'ємі виконаний звіт;

- 1 бал - не достатній рівень захисту однієї з частин лабораторної роботи, є зауваження до оформлення звіту.

Оцінювання змістових контрольних робіт (2 змістові контрольні роботи, 15 балів за кожен). Пишуться студентами на лабораторних заняттях без використання допоміжних засобів (мобільні телефони, планшети та ін.); результат пересилається у файлі формату *.pdf до відповідної теки веб-сторінки дисципліни. Всі питання контрольних робіт поділяються на теоретичні і практичні. Практичні питання реалізуються в середовищі розробки Quartus II та запускаються на лабораторних стендах PSoC 6 BLE Pioneer Kit.

Бали оцінювання змістових модулів нараховуються за наступним співвідношенням:

15-12 балів - розглянуті теоретичні питання висвітлені в повному обсязі, містять аргументовані висновки. Реалізовані практичні завдання повністю робочі та запущені і продемонстровані викладачу на лабораторному стенді PSoC 6 BLE Pioneer Kit. Можуть бути присутні несуттєві помилки та невідповідності.

11-8 балів – висвітлені не повністю теоретичні питання. Виявлено знання і розуміння теоретичних питань, проте присутні неточності та/або невідповідності. Реалізовані не повністю практичні завдання та

	<p>не всі продемонстровані на лабораторному стенді PSoC 6 BLE Pioneer Kit.</p> <p>7-4 бали – відстежується загальне розуміння розглянутих теоретичних питань. Виявлені множинні неточності та невідповідності їх висвітлення. Реалізовані окремі практичні завдання та не всі продемонстровані на лабораторному стенді PSoC 6 BLE Pioneer Kit.</p> <p>3-1 бал – студент погано розуміє теоретичні питання. Виявлені суттєві неточності та невідповідності. Реалізовані практичні завдання містять суттєві помилки і не продемонстровані на лабораторному стенді PSoC 6 BLE Pioneer Kit.</p> <p>Критерії оцінювання результатів неформальної освіти:</p> <p>Нарахування балів відбувається за написання студентом тез доповідей на конференціях, наукових статей, участь у діяльності наукових гуртків, участь у наукових семінарах та круглих столах, конкурсах, участь у заходах неформальної освіти за отримання сертифікатів про проходження навчання на різних освітніх платформах (Coursera, Prometheus тощо), курсах на провідних ІТ компаніях за тематикою навчальної дисципліни. Кількість балів визначається відсотком покриття результатів відповідної активності до вимог результатів навчання з навчальної дисципліни.</p>
<p>Питання до контрольних робіт</p>	<p>Перелік питань і завдань для проведення підсумкової оцінки знань усіх тем курсу до контрольних робіт розміщено на веб-сторінці.</p>
<p>Опитування</p>	<p>Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.</p>

**Схема курсу “Вбудовані системи опрацювання даних та управління на основі нейромереж”
для студентів спеціальності 121 – Інженерія програмного забезпечення**

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	3,6,7,8	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 вбудованих 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.	Лекція	4,5,6,7,8	Вивчення системи введення/ виведення мікроконтролера PSoC 6. (ЛР. 2 – 2 год.)	2-й тиж. 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	3,6,8,14	Вивчення ШІМ, таймерів/ лічильників 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	3,6,8,14	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	1,2,6,9,10	Реалізація однею 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	1,2,9,10	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	Лекція	1,2,9,10,14	Реалізація багатошарової нейронної мережі для класифікації даних. (ЛР. 7 – 2 год)	7 тиж. семестру

	(структура мереж методи навчання, приклади використання) Лекція 7. 2 год.				
8	Одно та багат шарові нейронні мережі у випадку навчання без вчителя (структура мереж методи навчання, приклади використання) Лекція 6. 2 год.	Лекція	1,2,9,10	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 частотній областях, дискретні і цифрові системи керування). Лекція 9. 2 год.	Лекція	3,6, 8,12,13	Змістова контрольна робота №1. (2 год)	9 тиж. семестру
10	Ідентифікація об'єктів управління на основі нейронних мереж (ідентифікація динамічних систем, рекурентний багат шаровий перцептрон (RMLP), алгоритм навчання RMLP, приклади ідентифікації динамічних систем на основі RMLP). Лекція 10. 2 год.	Лекція	7,8,12,13	Управління зовнішніми пристроями з допомогою ЦАП мікроконтролерів PSoC 6. (ЛР. 9 – 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	7,8,12,13	Введення аналогових сигналів в мікроконтролери PSoC 6 з допомогою АЦП. (ЛР. 10 – 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	6,8,12,13	Ідентифікація динамічних об'єктів на основі мікроконтролера PSoC 6. (ЛР. 11 – 2 год)	12 тиж. семестру
13	Нейронні мережі радіальних базисних функцій (приклад використання). Лекція 13. 2 год.	Лекція	1,2,9,10	Реалізація багат шарових 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	1,2,9,10	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	1,2,10,11	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	1,10,11	Змістова контрольна робота №2. (2 год)	16 тиж. семестру
----	---	--------	---------	---	---------------------