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

Затверджено
На засіданні
кафедри радіоелектронних і комп'ютерних систем
факультету електроніки та комп'ютерних технологій
Львівського національного університету імені Івана Франка
(протокол №1/24 від 28.08. 2023 р.)

Завідувач кафедри:

_____ Ігор ОЛЕНИЧ

Силабус з навчальної дисципліни
"Fog/Edge Computing",
що викладається в межах ОПП
" Високопродуктивний комп'ютинг "
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти для здобувачів з спеціальності 121 – Інженерія програмного забезпечення

Львів 2023 р.

Назва дисципліни	Fog/Edge Computing
Адреса викладання дисципліни	Корпус факультету електроніки та комп'ютерних технологій, Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. Драгоманова 50, м. Львів, 79005, вул. Ген. Тарнавського 107, м. Львів, 79011
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Факультет електроніки та комп'ютерних технологій Кафедра радіоелектронних і комп'ютерних систем
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	12 – інформаційні технології 121 – Інженерія програмного забезпечення
Викладачі дисципліни	Бойко Я.В., кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри радіоелектронних і комп'ютерних систем
Контактна інформація викладачів	yaroslav.boyko@lnu.edu.ua, https://electronics.lnu.edu.ua/employee/bojko-ya-v/
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	Консультації в день проведення лекцій/лабораторних занять (за попередньою домовленістю): ауд. 110, корпус факультету електроніки та комп'ютерних технологій, вул. Драгоманова 50, м. Львів
Сторінка курсу	https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=5978
Коротка анотація дисципліни	Дисципліна "Fog/Edge Computing" є вибірковою дисципліною з спеціальності 121 – Інженерія програмного забезпечення для освітньої програми "Високопродуктивний комп'ютинг", яка викладається в 7-му семестрі в обсязі 4-ох кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Інформація про дисципліну	Курс розроблено для ознайомлення студентів з основними поняттями та методологіями Edge та Fog Computing – граничних та хмарних обчислень, які прийнято називати Extended Cloud, для розширення можливості хмарних обчислень.
Мета та цілі дисципліни	*Мета:* надати студентам основні поняття про методи та засоби Edge/Fog обчислень, які використовуються в сучасних інформаційних технологіях. *Цілі:* забезпечити знайомство студентів з загальною теорією методів Fog/Edge комп'ютингу і сформувати навички їх практичного використання; навчити студента аналізувати та вибирати підходи щодо перенесення обчислювальної потужності з хмари на джерело даних у загальній комплекції Інтернету речей.
Література для вивчення дисципліни	1) Вступ до Граничних обчислень в IIoT (Introduction to Edge Computing in IIoT). Технічна документація IIC– Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 25 с. 2) Гасько, Р.Т., Шаховська, Н.Б. (2019). Навчальна робототехнічна платформа для FOG/EDGE/AIOT. Біоніка інтелекту, 2(93), 34-38. 3) Svorobej, S., Takako Endo, P., Bendechache, M., Filelis-Papadopoulos, C., Giannoutakis, K. M., Gravvanis, G. A., ... & Lynn, T. (2019). Simulating fog and edge computing scenarios: An overview and research challenges. Future Internet,

	11(3), 55. 4) Mahmood, Z. (Ed.). (2018). Fog computing: concepts, frameworks and technologies. Springer. 5) Singh, S. P., Nayyar, A., Kumar, R., Sharma, A. (2019). Fog computing: from architecture to edge computing and big data processing. The Journal of Supercomputing, 75, 2070-2105. 6) Buyya, R., & Srirama, S. N. (Eds.). (2019). Fog and edge computing: principles and paradigms. John Wiley & Sons. 7) Gupta, H., Vahid Dastjerdi, A., Ghosh, S. K., Buyya, R. (2017). iFogSim: A toolkit for modeling and simulation of resource management techniques in the Internet of Things, Edge and Fog computing environments. Software: Practice and Experience, 47(9), 1275-1296. 8) Tuli, S., Mahmud, R., Tuli, S., Buyya, R. (2019). Fogbus: A blockchain-based lightweight framework for edge and fog computing. Journal of Systems and Software, 154, 22-36. 9) Hong, H. J. (2017). From cloud computing to fog computing: unleash the power of edge and end devices. 2017 IEEE international conference on cloud computing technology and science (CloudCom), 331-334. 10) Zhang, D., Haider, F., St-Hilaire, M., & Makaya, C. (2019). Model and algorithms for the planning of fog computing networks. IEEE Internet of Things Journal, 6(2), 3873-3884. 11) Singh, S., Chiu, Y. C., Tsai, Y. H., & Yang, J. S. (2016). Mobile edge fog computing in 5G era: Architecture and implementation. 2016 International Computer Symposium (ICS), 731-735.
Обсяг курсу	Загальний обсяг: 120 годин. Аудиторних занять: 64 год., з них 32 год. лекційних та 32 годин лабораторних робіт. Самостійної роботи: 56 год.
Очікувані результати навчання	У результаті вивчення даного курсу студент буде: **знати**: основні поняття, визначення і проблеми курсу; вимоги до постановки основних задач методів Edge/Fog обчислень; призначення й особливості застосування основних методів та засобів цих обчислень; **вміти**: володіти медами та засобами математичним Edge/Fog обчислень; застосовувати методи для розв'язування прикладних задач; реалізувати методи обчислень на сучасних системах. Після вивчення даного курсу "Edge/Fog Computing" здобувачі набудуть таких Загальних та Фахових компетентностей та Програмних результатів навчання: ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу. ЗК02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. ЗК04. Здатність спілкуватися іноземною мовою як усно, так і письмово. ЗК05. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями. ЗК06. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел. ЗК12. Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види та форми рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя. ФК14. Здатність брати участь у проектуванні програмного забезпечення,

	включаючи проведення моделювання (формальний опис) його структури, поведінки та процесів функціонування. ФК15. Здатність розробляти архітектури, модулі та компоненти програмних систем. ФК17. Здатність дотримуватися специфікацій, стандартів, правил і рекомендацій в професійній галузі при реалізації процесів життєвого циклу. ФК25. Здатність обґрунтовано обирати та освоювати інструментарій з розробки та супроводження програмного забезпечення. ФК26. Здатність до алгоритмічного та логічного мислення. ФК27. Здатність розробляти високопродуктивні програмні комплекси для вирішення завдань наук про дані, систем штучного інтелекту, вбудованих та інших інноваційних систем. ФК28. Володіння методами розроблення систем підвищеної продуктивності, серверними та розподіленими технологіями, інструментальними засобами проектування та розробки веб-застосувань і нових технологій. ФК29. Здатність здійснювати розробку програмного забезпечення використовуючи різні методології та засоби програмування з метою забезпечення їх високої надійності та продуктивності в роботі. ПРН01. Аналізувати, цілеспрямовано шукати і вибирати необхідні для вирішення професійних завдань інформаційно-довідникові ресурси і знання з урахуванням сучасних досягнень науки і техніки. ПРН04. Знати і застосовувати професійні стандарти і інші нормативно-правові документи в галузі інженерії програмного забезпечення. ПРН05. Знати і застосовувати відповідні математичні поняття, методи доменного, системного і об'єктно-орієнтованого аналізу та математичного моделювання для розробки програмного забезпечення. ПРН06. Вміння вибирати та використовувати відповідну задачі методологію створення програмного забезпечення. ПРН07. Знати і застосовувати на практиці фундаментальні концепції, парадигми і основні принципи функціонування мовних, інструментальних і обчислювальних засобів інженерії програмного забезпечення. ПРН13. Знати і застосовувати методи розробки алгоритмів, конструювання програмного забезпечення та структур даних і знань. ПРН18. Знати та вміти застосовувати інформаційні технології обробки, зберігання та передачі даних. ПРН21. Знати, аналізувати, вибирати, кваліфіковано застосовувати засоби забезпечення інформаційної безпеки (в тому числі кібербезпеки) і цілісності даних відповідно до розв'язуваних прикладних завдань та створюваних програмних систем. ПРН26. Знати засоби інтеграції, розгортання та підтримки спеціалізованих програмних компонентів, розроблених на основі інноваційних технологій для вирішення завдань високопродуктивних обчислень. ПРН27. Знати основи інженерії даних і конструювання конвеєрів даних та вміти обирати оптимальні алгоритми і технології розробки інноваційних рішень, зокрема для вирішення задач наук про дані та вбудованих систем.
Ключові слова	Методи Fog/Edge комп'ютингу, хмара, туман, шлюзи, інтелектуальні пристрої.
Формат курсу	Очний

Теми	Тема 1. *Вступ. Рівні Fog та Edge комп'ютингу та обчислень як розширення хмари у концепції IoT.* Тема 2. *Архітектурний дизайн Fog/Edge обчислень.* Тема 3. *Платформи хмарних та Fog/Edge обчислень для IoT* Тема 4. *Шлюзи в Fog/Edge комп'ютингу* Тема 5. *Надання ресурсів для Fog/Edge обчислень. Протоколи IoT* Тема 6. *Fog/Edge комп'ютинг в екосистемі хмарних обчислень для кінцевих інтелектуальних пристроїв* Тема 7. *Технології та протоколи передачі даних.* Тема 8. *Мобільні Fog/Edge комп'ютингу: архітектура та реалізація* Тема 9. *Моделі та алгоритми планування мереж для Fog та Edge обчислень* Тема 10. *Fog та Edge комп'ютинг з машинним навчанням* Тема 11. *Топології хмарних обчислень та Fog/Edge комп'ютингу* Тема 12. *Застосування Fog/Edge комп'ютингу у промисловому IoT, розумному будинку* Тема 13. *Туманні та Fog/Edge обчислення з підтримкою блокчейну* Тема 14. *Симуляція Edge та Fog обчислень* Тема 15. *Моделювання та симуляція Fog та Edge обчислень за допомогою інструментарію iFogSim* Тема 16. *Захист та конфіденційність у блокчейн включених Fog та Edge обчисленнях*
Підсумковий контроль, форма	Залік у кінці семестру
Пререквізити	Для вивчення даного курсу студентам потрібні базові знання з курсів: - архітектура комп'ютерів і комп'ютерна електроніка; - основи вбудованих систем
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(4 ядра/8 потоків), 8ГБ оперативної пам'яті, 50ГБ вільного місця на диску, доступ до мережі Internet, засоби мультимедіа (в т.ч. проектор). Для проведення лабораторних занять: комп'ютерна лабораторія з 12-14 робочими місцями; комп'ютер (мінімальні характеристики: процесор Intel Core i3(4 ядра/8 потоків), 8ГБ оперативної пам'яті, 50ГБ вільного місця на диску. Необхідне програмне забезпечення включає в себе ОС Windows 10, або Ubuntu 20.04 LTS, середовище розробки MS Visual Studio/PyCharm/Vim/VS Code, компілятор мови програмування C++/Python, доступ до мережі Internet, онлайн симулятори Wokwi, iFogSim, платформа ThingSpeak.
Критерії оцінювання (окремо для кож-	**Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою.** Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням: • Змістовий модуль 1: до 25 балів за виконання модульного завдання –

ного виду навчальної діяльності)	написання есе за обраною тематикою з переліку. • Змістовий модуль 2: до 25 балів за виконання модульного завдання – написання есе за обраною тематикою з переліку. • Виконання лабораторних робіт: до 50 балів. Підсумкова максимальна кількість балів 100. **Змістовий модуль** – самостійна робота студента оформлена у вигляді робочої програми та звіту – робота друкованим текстом, рекомендованим обсягом до 5 сторінок (шрифт Times New Roman, 14). Звіт включає в себе детальний розгляд завдання до модуля, приведення прикладів та лістингів коду програм, огляду технологій. Код програм повинен бути обов'язково прокоментований та пояснений, необхідно також продемонструвати його роботу у разі, якщо в якості прикладу наводяться не окремі елементи технології, а суцільна програма. Фінальна версія звіту у .pdf форматі разом з кодом завантажується на віддалений Git-репозиторій та/або Moodle. **Академічна доброчесність:** Очікується, що роботи студентів будуть оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Списування та втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в написанні завдань є підставою для її незарахуванння викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману. Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються. **Відвідання занять** є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції та лабораторні зайняття курсу. Студенти повинні інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов’язані дотримуватися термінів визначених для виконання всіх видів робіт, передбачених курсом. **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. **Політика виставлення балів.** Враховуються бали, набрані при поточному контролі та бали за виконання лабораторних робіт. При цьому обов’язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час практичного заняття; недопустимість пропусків та запізнень 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. **Оцінювання лабораторних робіт** (12 лабораторних робіт, максимальна кількість балів: 50, відбувається шляхом оцінки роботи студента під час проведення лабораторної роботи в аудиторії (0-5 балів за одну роботу) та захисту звіту по виконаній лабораторній роботі (0-5 балів за одну роботу). У підсумку, всі набрані бали множаться на коефіцієнт (0.416) для переведення у 50-ти бальну шкалу. Бали оцінювання лабораторних робіт нараховуються за наступним співвідношенням: 5 – студент в повному обсязі володіє навчальним матеріалом, має повне

	розуміння розглянутої теми, надає правильні відповіді на запитання по темі, код програми функціонує відповідно до завдання; 4 – студент достатньо розуміє розглянутий матеріал та принципи написаного ним коду програми, присутні неточності та незначні помилки у відповідях на запитання по темі, код програми функціонує відповідно до завдання (або з несуттєвими недоліками); 3 – студент не досить добре розуміє розглянутий матеріал та написаний ним код програми, вагається та надає неточні/не конкретні відповіді на запитання по темі, код програми функціонує неточно, або з помірними недоліками; 2 – студент погано розуміє розглянутий матеріал та написаний ним код програми, студент в більшості надає помилкові відповіді на питання по темі, код програми функціонує з суттєвими недоліками; 1 - студент погано розуміє розглянутий матеріал та написаний ним код програми, код програми не функціонує належним чином; 0 - студент зовсім не засвоїв розглянутий матеріал, написаний ним код програми не відповідає темі/не функціонує взагалі. **Оцінювання змістових модулів** (2 змістових модулі, 25 балів за кожний) — за результатами написаних студентом есе, тестів, програм, тощо. Бали оцінювання змістових модулів нараховуються за наступним співвідношенням: 25-20 - розглянута тема відтворюється в повному обсязі, правильно, обґрунтовано, логічно, містить аналіз і систематизацію, аргументовані висновки. Засвідчено глибоке володіння матеріалом. Наведені приклади коду повністю робочі та відповідають темі. Можуть бути присутні несуттєві помилки та невідповідності; 20-15 - відтворюється значна частина розглянутої теми. Виявлено знання і розуміння основних положень навчальної дисципліни, проте присутні неточності та/або невідповідності основній темі. Наведені приклади коду частково робочі, проте в загальному відповідають темі; 15-10 - відстежується загальне розуміння розглянутої теми. Виявлені множинні неточності та невідповідності, пояснення наведеного коду відсутні, код функціонує із значними неточностями (або відсутні приклади запуску коду на виконання взагалі); 10-5 – студент погано розуміє розглянуту тему. Виявлені суттєві неточності та невідповідності. Наведені приклади коду з суттєвими недоліками, або не відповідають темі; 5 – 0 – студент взагалі не розуміє розглянуту тему. Тему не розкрито, кількість викладеного матеріалу не відповідає загальним нормам обраного виду роботи. Наведений код не робочий, або відсутній як такий. **Критерії оцінювання результатів неформальної освіти:** 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 IT компаніях за тематикою навчальної дисципліни. Кількість балів визначається відсотком покриття результатів відповідної активності до вимог результатів навчання з навчальної дисципліни.

Питання до заліку чи екзамену.	Хмарні обчислення: основні переваги та недоліки для IoT. Особливості розширення хмари Fog та Edge рівнями. Fog/Edge комп'ютинг: відмінності від хмарних обчислень, переваги для IoT. Ієрархія Fog/Edge комп'ютингу. Застосування хмарних, Edge та Fog технологій. Аналіз впливу новітніх технологій та інновацій на розвиток мереж Fog/Edge комп'ютингу. Архітектура хмарних обчислень та її взаємозв'язок з IoT. Архітектура та ієрархія Fog/Edge обчислень та її взаємозв'язок з IoT. Визначення оптимального місця для розташування Edge-серверів та шлюзів. Комунікаційна структура між різними рівнями архітектури Fog/Edge обчислень. Принципи проектування Fog/Edge обчислень. Моделі сумісності IoT. Платформи та моделі хмарних обчислень: Microsoft Azure, Amazon Web Services (AWS), Google Cloud Platform (GCP), приклади використання в IoT. Платформи Fog/Edge комп'ютингу: Dell EMC, Cisco IOx, GE Predix. Платформа Linux Foundation. Платформа AggreGate. Платформа Everyware Cloud. Платформа ThingSpeak. Характеристики шлюзів для Fog/Edge комп'ютингу. Архітектура шлюзів для Fog/Edge комп'ютингу. Загальна схема роботи шлюзів. Особливості реалізації на різних рівнях. Застосування шлюзів для Fog/Edge комп'ютингу: сенсорні мережі, IoT, промислові мережі, мобільні пристрої. Шлюзи компаній Eurotech, Intel, Huawei , Cisco, NEXCOM, Edge Gateway, Dell, шлюзи Enterprise компанії Hewlett Packard. Ресурси для Fog/Edge комп'ютингу. Обладнання для обробки даних на місці (Edge). Хмара для розподіленого обчислення (Fog). Мережеві засоби зв'язку між компонентами розподіленої системи. Інтеграційні засоби для створення та управління розподіленою системою. Характеристики ресурсів для Fog/Edge комп'ютингу. Використання ресурсів для Fog/Edge комп'ютингу. Важливість використання ресурсів для Fog/Edge комп'ютингу. Перспективи розвитку розподілених систем. Протоколи інфраструктури. Протоколи виявлення сервісів. Протоколи рівня додатків. Інтелектуальні пристрої в Fog/Edge комп'ютингу. Види інтелектуальних пристроїв. Можливість обробки даних на місці збору (на пристрої). Підвищення ефективності використання мережі для кінцевих інтелектуальних пристроїв. Стандарти інтелектуальних пристроїв в Fog/Edge комп'ютингу. Технології та протоколи передачі даних на довгі відстані в IoT мережах. Технологія LoRaWAN. Технологія SigFox. Стандарт NB-IoT. Технологія Weightless-P. Технологія Z – Wave. Технологія NFC, RFID, Bluetooth Low Energy, Wi-Fi HaLow. Сенсорні мережі. Поєднання 4G LTE, 5G, Fog і хмарних обчислень. Архітектура мобільних Edge/Fog обчислень. Мобільні Edge/Fog обчислення в реальному часі, прогнозне технічне

	обслуговування та віддалений моніторинг Класифікація алгоритмів планування мереж для Fog/Edge комп'ютингу. Алгоритм мінімізації витрат. Алгоритм максимізації продуктивності. Алгоритм збалансованого планування. Алгоритми багатоадресної розсилки з підтримкою NFV у мобільних периферійних обчисленнях. Моделі планування мереж для Fog/Edge комп'ютингу. Класифікація моделей планування мереж для Fog/Edge комп'ютингу. Fog та Edge комп'ютинг у забезпеченні швидкої та ефективної обробки даних в контексті машинного навчання. Архітектури та технології Fog та Edge комп'ютингу з машинним навчанням. Моделі та алгоритми для машинного навчання на Fog та Edge пристроях. Моделі хмарних обчислень. Моделі Fog/Edge обчислень. Топології Fog/Edge комп'ютингу. Архітектура OpenFog RA. Amazon Greengrass і лямбда-функції. Fog/Edge комп'ютинг та Індустрія 4.0. Промисловий Інтернет. Технології Edge/Fog обчислень у Smart Factory. Fog/Edge комп'ютинг для віртуальної та доповненої реальності. Елементи «розумного будинку». Загрози та атаки «розумного будинку». Розподілена архітектура на основі блокчейну для Fog/Edge обчислювальних середовищ. Блокчейн та Fog обчислення для кібер-фізичних систем. Фреймворки блокчейну для промислових мереж IoT. Архітектура децентралізованих мікросервісів із підтримкою блокчейну для розумної громадської безпеки. FogBus: фреймворк на основі блокчейну для комп'ютингу. Моделювання рівня інфраструктури та мережі. Симулятори Edge та Fog обчислень: FogNetSim++, iFogSim, FogTorchII, EdgeCloudSim, IOTSim, EmuFog, Fogbed. iFogSim симулятор та його компоненти. Створення різних моделей. Розширений симулятор iFogSim для мобільності, кластеризації та керування мікросервісами в граничних і туманних обчислювальних середовищах. Безпека в Fog/Edge комп'ютингу. Сервіси безпечного пошуку та зберігання в хмарних і Edge/Fog обчисленнях. Уразливості Fog/Edge обчисленнях з точки зору архітектури.
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

Схема курсу “Edge/Fog Computing”
для студентів спеціальності 121 – Інженерія програмного забезпечення, що викладається в межах ОПП “Високопродуктивний комп’ютинг”

Тиж.	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття)* *лекція, самостійна, дискусія, групова робота)	Література.*** Ресурси в інтернеті	Завдання, год	Термін виконання
1	Вступ. Рівні Fog та Edge комп’ютингу та обчислень як розширення хмари у концепції IoT.	Лекція	[1], [2], [6], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
1	Робота в симуляторах Wokwi та iFogSim	Лабораторна робота	Сайт курсу, онлайн симулятор	2	кінець поточного тижня
2	Архітектурний дизайн Fog/Edge обчислень.	Лекція	[2], [6], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
2	Лаб.1. ESP32 як Edge-модуль: під'єднання до Wi-Fi	Лабораторна робота	Сайт курсу, онлайн симулятор	2	кінець поточного тижня
3	Платформи хмарних та Fog/Edge обчислень для IoT	Лекція	[1], [2], [4], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
3	Лаб.2. Реалізація Edge обчислень на ESP32+DHT 22 Sensor	Лабораторна робота	Сайт курсу, онлайн симулятор	2	кінець поточного тижня
4	Шлюзи в Fog/Edge комп’ютингу	Лекція	[1], [3], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
4	Лаб.3. Реалізація Edge обчислень на ESP32 NTP Clock	Лабораторна робота	Сайт курсу, онлайн симулятор	2	кінець поточного тижня
5	Надання ресурсів для Fog/Edge обчислень. Протоколи IoT	Лекція	[1], [3], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
5	Лаб.4. Реалізація Edge обчислень на Arduino UNO (Servo+Knob)	Лабораторна робота	Сайт курсу, онлайн симулятор	2	кінець поточного тижня
6	Fog/Edge комп’ютинг в екосистемі хмарних обчислень для кінцевих інтелектуальних пристроїв	Лекція	[1], [3], [9], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
6	Лаб.5. Детектор руху на Edge модулі	Лабораторна робота	Сайт курсу, онлайн симулятор	2	кінець поточного тижня
7	Технології та протоколи передачі даних	Лекція	[1], [6], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
7	Лаб. 6. Елементи Edge обчислень: детектор руху та позиціонування сервомотора у відповідь на рух	Лабораторна робота	Сайт курсу, онлайн симулятор	2	кінець поточного тижня
8	Мобільні Fog/Edge комп’ютингу: архітектура та реалізація	Лекція	[1], [3], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
8	Підсумкове заняття ЗМ 1	Лабораторна робота	Сайт курсу, онлайн симулятор	2	кінець поточного тижня

9	Моделі та алгоритми планування мереж для Fog та Edge обчислень	Лекція	[1], [10], Сайт курсу	2	Кінець поточного тижня
9	Лаб.7. Цифрове опрацювання даних на Edge-модулі	Лабораторна робота	Сайт курсу, онлайн симулятор	2	кінець поточного тижня
10	Fog та Edge комп'ютинг з машинним навчанням	Лекція	[1], [3], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
10	Лаб.8. Основи роботи з хмарною платформою ThingSpeak	Лабораторна робота	Сайт курсу, онлайн симулятор	2	кінець поточного тижня
11	Топології хмарних обчислень та Fog/Edge комп'ютингу	Лекція	[1], [3], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
11	Лаб.9. Робота з даними на платформі ThingSpeak	Лабораторна робота	Сайт курсу, онлайн симулятор	2	кінець поточного тижня
12	Застосування Fog/Edge комп'ютингу у промисловому IoT, розумному будинку	Лекція	[1], [3], [4], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
12	Лаб.10. Елементи Fog комп'ютингу із застосуванням платформи ThingSpeak	Лабораторна робота	Сайт курсу, онлайн симулятор	2	кінець поточного тижня
13	Туманні та Fog/Edge обчислення з підтримкою блокчейну	Лекція	[6], [8], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
13	Лаб.11. Інтегрування Edge-модуля та хмарної платформи	Лабораторна робота	Сайт курсу, онлайн симулятор	2	кінець поточного тижня
14	Симуляція Edge та Fog обчислень	Лекція	[1], [3], [7], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
14	Лаб.12. Моделювання та симуляція Fog та Edge обчислювальних середовищ за допомогою інструментарію iFogSim	Лабораторна робота	Сайт курсу, онлайн симулятор	2	кінець поточного тижня
15	Моделювання та симуляція Fog та Edge обчислень за допомогою інструментарію iFogSim	Лекція	[3], [6], [7], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
15	Підсумкове заняття ЗМ 2	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
16	Захист та конфіденційність у блокчейн включених Fog та Edge обчисленнях	Лекція	[7], Сайт курсу, онлайн симулятор	2	кінець поточного тижня
16	Підсумкове заняття	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня

https://e-learning.lnu.edu.ua/course/view.php?id=5978