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

Затверджено
На засіданні кафедри системного проектування
факультету електроніки та комп'ютерних технологій
Львівського національного університету імені Івана Франка
(протокол № 1 від 28.08 2023 р.)

Завідувач кафедри:
_____ Роман ШУВАР

Силабус з навчальної дисципліни
"Чисельні методи",
що викладається в межах ОПП "Комп'ютерні науки"
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти для здобувачів з спеціальності 122 – Комп'ютерні науки

Львів 2023 р.

Назва дисципліни	Чисельні методи
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 системного проектування
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	12 – інформаційні технології 122 – Комп'ютерні науки
Викладачі дисципліни	Бугрій О.М., доктор фізико-математичних наук, професор, професор кафедри системного проектування
Контактна інформація викладачів	oleh.buhrii@lnu.edu.ua , https://electronics.lnu.edu.ua/employee/buhrii-o-m
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	Консультації в день проведення лекцій/лабораторних занять (за попередньою домовленістю): ауд. 205, корпус факультету електроніки та комп'ютерних технологій, вул. Драгоманова 50, м. Львів, 79005
Сторінка курсу	https://electronics.lnu.edu.ua/course/chyselni-metody-2/, https://moodle.elct.lnu.edu.ua/course/view.php?id=74
Інформація про дисципліну	Дисципліна “Чисельні методи” є нормативною дисципліною з спеціальності 122 – Комп'ютерні науки для освітньої програми “Комп'ютерні науки”, яка викладається в 3-му семестрі в обсязі 4-ох кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	Курс розроблено для ознайомлення студентів з основними поняттями та методами сучасної теорії інтерполяції, чисельного розв’язування алгебричних та диференціальних рівнянь
Мета та цілі дисципліни	*Мета:* надати студентам основні поняття про чисельні методи обчислень і обчислювальні алгоритми, які використовуються в сучасних інформаційних технологіях *Цілі:* забезпечити знайомство студентів з загальною теорією чисельних методів і сформувати навички їх практичного використання; навчити студента вибирати і обґрунтувати чисельні методи розв’язування задач, вказувати область їх застосування, записувати алгоритм розв’язування, реалізовувати його на персональному комп’ютері і аналізувати точність отриманого результату
Література для вивчення дисципліни	1) Шахно С.М., Дудикевич А.Т., Левицька С.М. *Практикум з чисельних методів*. Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2013. 2) Ляшенко Б.М., Кривонос О.М., Вакалюк Т.А. *Методи обчислень*. Житомир: Вид-во ЖДУ, 2014. 3) Гончаров О.А., Васильєва Л.В., Юнда А.М. *Чисельні методи розв’язання прикладних задач*: Навч. посіб. – Суми: Сумський державний університет, 2020. 4) Лопушанська Г.П., Бугрій О.М., Лопушанський А.О. *Диференціальні*

	рівняння та рівняння математичної фізики. – Підручник. – Львів: видавець І. Е. Чижиков. (1-е видання: 2012) 2-е видання: 2017. 5) Костюшко І.А., Любашенко Н.Д., Третиник В.В. *Методи обчислень*: Підручник. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка». – 2021. 6) Brownlee J. *Basics of Linear Algebra for Machine Learning. Discover the Mathematical Language of Data in Python*, 2021. 7) Brownlee J. *Optimization for Machine Learning. Finding Function Optima with Python*, 2021. 8) Chapra S.C., Canale R.P. *Numerical Methods for Engineers*, 7th edition. New York: Mc Graw Hill Education, 2015. 9) Березовський В.Є., Ковальов Л.Є., Медведєва М.О. *Чисельні методи з прикладами реалізації мовою Python*. Умань: ВПЦ "Візаві", **2023**. 10) Андруник В.А., Висоцька В.А., Пасічник В.В., Чирун Л.Б., Чирун Л.В. *Чисельні методи в комп'ютерних науках*. Львів, Новий світ. Том 1 (2017), Том 2 (2018).
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 чисельних методів; призначення й особливості застосування основних чисельних методів обчислень; **вміти**: володіти математичним апаратом чисельних методів; застосовувати чисельні методи для розв'язування прикладних задач; реалізувати методи обчислень на сучасних персональних комп'ютерах. Після вивчення даного курсу здобувачі набудуть таких Загальних (ЗК), Спеціальних/Фахових (СК) компетентностей та Програмних результатів навчання (ПР): СК 1. Здатність до математичного формулювання та досліджування неперервних та дискретних математичних моделей, обґрунтовування вибору методів і підходів для розв'язування теоретичних і прикладних задач у галузі комп'ютерних наук, аналізу та інтерпретування. СК 3. Здатність до логічного мислення, побудови логічних висновків, використання формальних мов і моделей алгоритмічних обчислень, проектування, розроблення й аналізу алгоритмів, оцінювання їх ефективності та складності, розв'язності та нерозв'язності алгоритмічних проблем для адекватного моделювання предметних областей і створення програмних та інформаційних систем. СК 4. Здатність використовувати сучасні методи математичного моделювання об'єктів, процесів і явищ, розробляти моделі й алгоритми чисельного розв'язування задач математичного моделювання, враховувати похибки наближеного чисельного розв'язування професійних задач. ПР 2. Використовувати сучасний математичний апарат неперервного та дискретного аналізу, лінійної алгебри, аналітичної геометрії, в професійній діяльності для розв'язання задач теоретичного та прикладного характеру в процесі проектування та реалізації об'єктів інформатизації. ПР 3. Використовувати знання закономірностей випадкових явищ, їх

	властивостей та операцій над ними, моделей випадкових процесів та сучасних програмних середовищ для розв'язування задач статистичної обробки даних і побудови прогнозних моделей. ПР 5. Проектувати, розробляти та аналізувати алгоритми розв'язання обчислювальних та логічних задач, оцінювати ефективність та складність алгоритмів на основі застосування формальних моделей алгоритмів та обчислюваних функцій. ПР 6. Використовувати методи чисельного диференціювання та інтегрування функцій, розв'язання звичайних диференціальних та інтегральних рівнянь, особливостей чисельних методів та можливостей їх адаптації до інженерних задач, мати навички програмної реалізації чисельних методів. ПР 7. Розуміти принципи моделювання організаційно-технічних систем і операцій; використовувати методи дослідження операцій, розв'язання одно– та багатокритеріальних оптимізаційних задач лінійного, цілочисельного, нелінійного, стохастичного програмування.
Ключові слова	Чисельні методи, інтерполяція функції, чисельне розв'язування рівнянь та систем рівнянь.
Формат курсу	Очний
Теми	Тема 1. *Вступ до теорії сплайнів та інтерполяційних многочленів*. Тема 2. *Інтерполяційні многочлени Ньютона та їх застосування.* Тема 3. *Наближення функції факторіальними многочленами.* Тема 4. *Поняття про найкраще наближення функції в метричному просторі*. Тема 5. *Чисельне диференціювання функції однієї змінної.* Тема 6. *Чисельне інтегрування функції однієї змінної.* Тема 7. *Системи лінійних алгебраїчних рівнянь.* Тема 8. *Задачі лінійної алгебри та методи їх розв'язування*. Тема 9. *Нелінійні рівняння та методи їх розв'язування*. Тема 10. *Системи нелінійних рівнянь. Вступ до теорії оптимізації.* Тема 11. *Відшукання екстремумів функції однієї та багатьох змінних.* Тема 12. *Однокрокові методи розв'язування задачі Коші для звичайних диференціальних рівнянь першого порядку.* Тема 13. *Багатокрокові методи розв'язування задачі Коші для звичайних диференціальних рівнянь першого порядку* Тема 14. *Крайова задача для звичайних диференціальних рівнянь другого порядку.* Тема 15. *Задачі для диференціальних рівнянь з частинними похідними*. Тема 16. *Нейронні мережі неперервного часу (CTNN) в задачах розпізнавання образів*.
Підсумковий контроль, форма	Екзамен у кінці семестру
Пререквізити	Для вивчення даного курсу студентам потрібні базові знання з курсів: - вища математика; - дискретна математика; - теорія алгоритмів; - алгоритмізація і програмування.
Навчальні методи та техніки, які будуть ви-	Інформаційні методи (лекція, бесіда, ілюстрація, демонстрація); дедуктивні методи на основі узагальнень; евристичні методи (проблемна лекція);

користовуватися під час викладання курсу	інтерактивні методи (дискусія).
Необхідне обладнання	Для проведення лекційних занять: комп'ютер (мінімальні характеристики: процесор Intel Core i3, 4ГБ оперативної пам'яті), доступ до мережі Internet, засоби мультимедіа (в т.ч. проектор). Для проведення лабораторних занять: комп'ютер (мінімальні характеристики: процесор Intel Core i3, 4ГБ оперативної пам'яті). Необхідне програмне забезпечення включає в себе ОС Windows 10, додаток MS Teams, середовище Jupyter Notebook з вбудованим компілятором мови програмування Python.
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням: • Змістовий модуль 1: 13% семестрової оцінки за активну роботу на заняттях і виконання лабораторних завдань, 12% семестрової оцінки за самостійну роботу і виконання домашніх завдань, максимальна кількість балів 25. • Змістовий модуль 2: 13% семестрової оцінки за активну роботу на заняттях і виконання лабораторних завдань, 12% семестрової оцінки за самостійну роботу і виконання домашніх завдань, максимальна кількість балів 25. • екзамен: 50% семестрової оцінки, максимальна кількість балів 50. Підсумкова максимальна кількість балів 100. **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 підсумкового тестування. 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** (2 змістових модулі містять по 6 лабораторних робіт кожен, загалом 12 лабораторних робіт, максимальна

	кількість балів: 48) відбувається шляхом оцінки роботи студента під час проведення лабораторної роботи в аудиторії (0-2 балів за одну роботу) та захисту написаного студентом вдома звіту по виконаній лабораторній роботі (0-2 балів за одну роботу). До 2 балів студент отримує за коректне налаштування необхідного програмного забезпечення. Бали оцінювання аудиторного виконання лабораторних робіт нараховуються за наступним співвідношенням: 2 – 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; 1,5 – 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; 1 – 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 з помірними недоліками; 0,5 – студент погано розуміє розглянутий матеріал та написаний ним код програми, студент в більшості надає помилкові відповіді на питання по темі, код програми не функціонує належним чином; 0 - студент зовсім не засвоїв розглянутий матеріал, написаний ним код програми не відповідає темі/не функціонує взагалі. Бали оцінювання домашнього завершення виконання лабораторних робіт та написання звіту нараховуються за наступним співвідношенням: 2 – звіт цілком і повністю відображає індивідуальне завдання студента, містить правильні висновки, ілюстрований (за потреби) відповідними графіками і таблицями які правильно відображають суть виконаного завдання, студент має повне розуміння розглянутої теми, надає правильні відповіді на запитання по темі, код програми функціонує відповідно до завдання; 1,5 – звіт в достатній мірі відображає індивідуальне завдання студента, містить допустимі висновки, ілюстрований (за потреби) відповідними графіками і таблицями які частково відображають суть виконаного завдання, студент достатньо розуміє принципи написаного ним коду програми, присутні неточності та незначні помилки у відповідях на запитання по темі, код програми функціонує відповідно до завдання; 1 – звіт містить загальні формулювання завдання, висновки нечіткі, необхідні ілюстрації чи таблиці відсутні, студент не досить добре розуміє розглянутий матеріал та представлений код програми, надає неточні/не конкретні відповіді на запитання по темі, код програми функціонує з помірними недоліками; 0,5 – звіт не містить формулювання завдання, висновки необґрунтовані чи неповні, необхідні ілюстрації чи таблиці відсутні, студент погано розуміє розглянутий матеріал та представлений код програми, студент в більшості надає помилкові відповіді на питання по темі, код програми не функціонує належним чином; 0 - звіт відсутній/не відповідає темі, студент зовсім не засвоїв розглянутий матеріал, написаний ним код програми не відповідає темі/не функціонує взагалі.

	Оцінювання екзаменаційних робіт (2 завдання по одному з тематики кожного змістового модуля, по 25 балів за кожне завдання). Бали оцінювання кожного екзаменаційного завдання 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. Наведено приклади використання теоретичного матеріалу. Можуть бути присутні несуттєві описки 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. Приклади використання теоретичного матеріалу відсутні; 15-10 - відстежується загальне розуміння розглянутої теми. Виявлені множинні неточності та невідповідності, пояснення наведених формул відсутні чи частково помилкові; 10-5 – студент погано розуміє розглянуту тему. Виявлені суттєві неточності та невідповідності. Наведені факти майже не відповідають темі; 5 – 0 – студент взагалі не розуміє розглянуту тему. Тему не розкрито, кількість викладеного матеріалу не відповідає загальним нормам обраного виду роботи. Наведені приклади не відносяться до теми. **Критерії оцінювання результатів неформальної освіти:** Нарахування балів відбувається за публікацію студентом тез доповідей на конференціях, наукових статей, за участь студента у діяльності наукових гуртків, семінарів, круглих столів, конкурсів, участь у заходах неформальної освіти, за отримання сертифікатів про проходження навчання на різних освітніх платформах (Coursera, Prometheus тощо), курсах провідних IT компаній за тематикою навчальної дисципліни. Кількість балів визначається відсотком покриття результатів відповідної активності до вимог результатів навчання з навчальної дисципліни
Питання до модульного контролю	Інтерполяція функцій за допомогою кубічних сплайнів Розділені різниці. Властивості розділених різниць. Скінченні різниці. Факторіальні многочлени. Розклад функцій в ряд за факторіальними многочленами. Інтерполяційні многочлени Ньютона. Інтерполяційні многочлени Лагранжа. Точність інтерполяційних формул. Квадратичне наближення. Алгебраїчні многочлени найкращого квадратичного наближення. Ортогональні алгебраїчні многочлени на дискретних вузлах. Метод найменших квадратів побудови алгебраїчних многочленів найкращого квадратичного наближення. Побудова формул для чисельного диференціювання з використанням інтерполяційних многочленів Ньютона та за допомогою методу невизначених коефіцієнтів. Методи Рунге-Ромберга та Ейткена покращення точності формул для чисельного диференціювання.

	Точність формул для чисельного диференціювання. Процедура регуляризації по кроку. Метод побудови квадратурних формул з використанням інтерполяційних многочленів та за допомогою методу невизначених коефіцієнтів. Точність квадратурних формул наближеного обчислення інтегралів. Складові квадратурні формули. Точність складових квадратурних формул. Адаптивний алгоритм чисельного інтегрування з використанням квадратурної формули Сімпсона. Методи Рунге-Ромберга та Ейткена покращення точності квадратурних формул для обчислення інтегралів. Метод Гауса розв'язку системи лінійних алгебраїчних рівнянь. Алгоритм методу Гауса з вибором головного елементу по стовпцях Метод прогонки розв'язку системи лінійних алгебраїчних рівнянь з трьохдіагональною матрицею LU-розклад матриці. Ітераційні методи уточнення розв'язків системи лінійних алгебраїчних рівнянь Ітераційні методи розв'язання системи лінійних алгебраїчних рівнянь. Методи простої ітерації, метод Якобі, метод Гауса-Зейделя Задачі лінійної алгебри: обчислення визначника, знаходження оберненої матриці з використанням LU-розкладу матриці Задачі лінійної алгебри: знаходження власних значень та власних векторів матриць Однокрокові ітераційні методи розв’язку нелінійних рівнянь з одним невідомим: метод простої ітерації, метод Ньютона, метод Чебишова Однокрокові ітераційні методи розв’язку нелінійних рівнянь з одним невідомим: метод хорд, метод парабол, метод зворотної інтерполяції Обчислення швидкості збіжності ітераційних методів розв’язку нелінійних рівнянь з одним невідомим: метод простої ітерації, метод Ньютона, метод хорд Властивості коренів алгебраїчних рівнянь. Метод Ньютона по схемі Горнера знаходження дійсних коренів алгебраїчних рівнянь Властивості коренів алгебраїчних рівнянь. Метод Ліна знаходження комплексних коренів алгебраїчних рівнянь Метод золотого перетину одновимірної оптимізації Метод Фібоначчі одновимірної оптимізації Метод Хука-Дживса багатовимірної оптимізації Задача Коші для звичайних диференціальних рівнянь першого порядку: отримання формули Рунге-Кутта для розв’язку у випадку q=2 та s=2 Задача Коші для звичайних диференціальних рівнянь першого порядку: однокрокові методи Рунге-Кутта для розв’язку Задача Коші для звичайних диференціальних рівнянь першого порядку: методи оцінки локальної похибки методів Рунге-Кутта розв’язку задачі, алгоритм автоматичного вибору величини кроку Задача Коші для звичайних диференціальних рівнянь першого порядку: формули Адамса прогнозу та корекції розв’язку задачі Задача Коші для звичайних диференціальних рівнянь першого порядку: дослідження точності, збіжності та стійкості методу прогнозу та корекції Адамса другого порядку Задача Коші для звичайних диференціальних рівнянь першого порядку: метод невизначених коефіцієнтів побудови методів прогнозу та корекції чисельного розв’язку

	Крайова задача для звичайних диференціальних рівнянь другого порядку: чисельні методи розв'язку, метод скінченних різниць Крайова задача для звичайних диференціальних рівнянь другого порядку: точність різницевих рівнянь розв'язку, підвищення точності різницевих рівнянь, підвищення точності різницевої апроксимації крайових умов
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

Схема курсу “Чисельні методи”
для студентів спеціальності 122 – Комп'ютерні науки

Тиж.	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття)* *лекція, самостійна, дискусія, групова робота)	Література.** * Ресурси в інтернеті	Завдання, год	Термін виконання
1	Вступ до теорії сплайнів та інтерполяційних многочленів	Лекція	[1], [2], [3], [9], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
1	Робота в середовищі Google Colaboratory. Jupyter Notebook. Основні бібліотеки для візуалізації та аналізу даних	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
2	Інтерполяційні многочлени Ньютона та їх застосування	Лекція	[1], [2], [3], [10], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
2	Лаб.1. Інтерполяція кубічними сплайнами	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
3	Наближення функції факторіальними многочленами	Лекція	[1], [2], [10], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
3	Лаб.2. Розділені різниці. Інтерполяційні многочлени Ньютона	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
4	Поняття про найкраще наближення функції в метричному просторі	Лекція	[1], [2], [10], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
4	Лаб.3. Скінченні різниці. Факторіальні многочлени	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
5	Чисельне диференціювання функції однієї змінної	Лекція	[1], [2], [3], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
5	Лаб.4. Знаходження алгебраїчних многочленів найкращого квадратич-ного наближення методом найменших квадратів	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
6	Чисельне інтегрування функції однієї змінної	Лекція	[1], [2], [3], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
6	Лаб.5. Чисельне диференціювання. Методи підвищення точності	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
7	Системи лінійних алгебраїчних рівнянь	Лекція	[1], [2], [3], [5], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
7	Лаб. 6. Складові квадратурні формули для чисельного інтегрування. Методи підвищення точності. Адаптивний алгоритм	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
8	Задачі лінійної алгебри та методи їх розв’язування	Лекція	[1], [2], [6], [10], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня

8	Підсумкове заняття ЗМ 1	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
9	Нелінійні рівняння та методи їх розв’язування	Лекція	[1], [2], [3], [10], Сайт курсу	2	Кінець поточного тижня
9	Лаб.7. LU-розклад	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
10	Системи нелінійних рівнянь. Вступ до теорії оптимізації	Лекція	[1], [2], [3], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
10	Лаб.8. Ітераційні методи розв’язування системи лінійних алгебраїчних рівнянь	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
11	Відшукання екстремумів функції однієї та багатьох змінних	Лекція	[1], [2], [10], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
11	Лаб.9. Однокрокові та багатокрокові чисельні методи розв’язування нелінійних рівнянь з одним невідомим. Метод Ньютона по схемі Горнера та метод Ліна розв’язування алгебраїчних рівнянь	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
12	Однокрокові методи розв'язування задачі Коші для звичайних диференціальних рівнянь першого порядку	Лекція	[1], [2], [4], [8], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
12	Лаб.10. Метод Хука Дживса	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
13	Багатокрокові методи розв'язування задачі Коші для звичайних диференціальних рівнянь першого порядку	Лекція	[1], [2], [4], [8], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
13	Лаб.11. Метод Рунге-Кутта розв’язування задачі Коші для звичайних диференційних рівнянь першого порядку	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
14	Крайова задача для звичайних диференціальних рівнянь другого порядку	Лекція	[1], [2], [4], [8], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
14	Лаб.12. Методи прогнозу і корекції для розв’язування задачі Коші для звичайних диференційних рівнянь першого порядку	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
15	Задачі для диференціальних рівнянь з частинними похідними	Лекція	[1], [2], [4], [10] Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
15	Підсумкове заняття ЗМ 2	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
16	Нейронні мережі неперервного часу (CTNN) в задачах розпізнавання образів	Лекція	[4], [7], Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
16	Підсумкове заняття	Лабораторна робота	[1]-[10] Сайт курсу	2	кінець поточного тижня