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

Затверджено
На засіданні
кафедри оптоелектроніки та інформаційних технологій
факультету електроніки та комп'ютерних технологій
Львівського національного університету імені Івана Франка
(протокол №6 від 29.08. 2023 р.)

Завідувач кафедри:

_____ Олег КУШНІР

Силабус з навчальної дисципліни
"Еволюційні, генетичні, евристичні та метаевристичні алгоритми",
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	Еволюційні, генетичні, евристичні та метаевристичні алгоритми
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 оптоелектроніки та інформаційних технологій
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	12 – інформаційні технології 121 – Інженерія програмного забезпечення
Викладачі дисципліни	Франів В.А., кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри оптоелектроніки та інформаційних технологій
Контактна інформація викладачів	volodymyr.franiv@lnu.edu
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	Консультації в день проведення лекцій/лабораторних занять (за попередньою домовленістю): ауд. 214, корпус факультету електроніки та комп'ютерних технологій, вул. Ген. Тарнавського 107, м. Львів, 79011
Сторінка курсу	
Коротка анотація дисципліни	Дисципліна “Еволюційні, генетичні, евристичні та метаеврестичні алгоритми ” є вибірковою дисципліною з спеціальності 121 – Інженерія програмного забезпечення для освітньої програми “Високопродуктивний комп’ютинг”, яка викладається в 7-му семестрі в обсязі 6.5-ох кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Інформація про дисципліну	Курс розроблено для ознайомлення студентів з основними підходами та практикамаи які використовуються у еволюційних, генетичних, евристичниз та метаеврестичних алгоритмах
Мета та цілі дисципліни	*Мета:* Мета курсу полягає в підготовці студентів до впровадження та вдосконалення ефективних оптимізаційних стратегій за допомогою еволюційних та генетичних алгоритмів, а також розуміння їхнього використання в різноманітних областях науки та техніки. *Цілі:* Ознайомлення студентів із теоретичними основами та принципами роботи еволюційних, генетичних, евристичних та метаеврестичних алгоритмів. Розвиток розуміння процесів еволюції та природних механізмів у контексті їх застосування для оптимізації проблем різного характеру. Навчання практичному використанню цих алгоритмів для вирішення реальних задач оптимізації та пошуку рішень. Формування у студентів навичок вибору та обґрунтування вибору конкретного алгоритму для різних типів завдань. Розширення уявлень про можливості застосування еволюційних алгоритмів у сучасних областях, включаючи штучний інтелект, оптимізацію параметрів та моделювання складних систем.
Література для вивчення дисципліни	1) "Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning" / David E. Goldberg // 1989 2) "Evolutionary Computation: A Unified Approach" / Kenneth De Jong / 2006

	3) "Introduction to Evolutionary Algorithms" / Xinjie Yu / 2010 4) "A Field Guide to Genetic Programming" / Riccardo Poli, William B. Langdon, Nicholas Freitag McPhee // 2008 5) "Ant Colony Optimization" / Marco Dorigo, Thomas Stützle // 2004 6) "Simulated Annealing: Theory and Applications" / Earl D. Wiener, William P. Dunne // 1989 7) "Particle Swarm Optimization" / Maurice Clerc, James Kennedy // 2008 8) "Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs" / Zbigniew Michalewicz // 1992 9) "Handbook of Metaheuristics" / Michel Gendreau, Jean-Yves Potvin //2010 10) "Evolutionary Multiobjective Optimization: Theoretical Advances and Applications" / Carlos A. Coello Coello, Gary B. Lamont, David A. Van Veldhuizen // 2005
Обсяг курсу	Загальний обсяг: 195 годин. Аудиторних занять: 64 год., з них 32 год. лекційних та 32 годин лабораторних робіт. Самостійної роботи: 131 год.
Очікувані результати навчання	У результаті вивчення даного курсу студент буде: **знати**: Про принципи та механізми генетичних та еволюційних алгоритмів, їхні основні компоненти та взаємодію. Розуміння концепцій евристичних та метаевристичних алгоритмів, включаючи їхні переваги та обмеження. Аналіз та оптимізація параметрів алгоритмів. Хрестоматійні приклади застосування найбільш вживаних генетичних, еволюційних, евристичних та метаевристичних алгоритмів; **вміти**: Написати програмний код для реалізації різних еволюційних, генетичних та евристичних алгоритмів. Вибирати та налаштовувати алгоритми для вирішення конкретних завдань оптимізації. Аналізувати та оцінювати результати застосування алгоритмів з точки зору ефективності та досягнення мети. Оптимізувати параметри алгоритмів для досягнення оптимальної продуктивності. Використовувати спеціалізовані бібліотеки та інструменти для розробки та відлагодження алгоритмів. Приймати обґрунтовані рішення щодо вибору конкретного алгоритму для різних задач. Застосовувати вивчені алгоритми для розв'язання реальних задач у своїй області інтересів чи професійній сфері. Підготовлювати звітів та презентацій, які засвідчують розуміння та здатність пояснювати застосування алгоритмів. Після вивчення даного курсу «Еволюційні, генетичні, евристичні та метаеврестичні алгоритми» 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. ФК13. Здатність ідентифікувати, класифікувати та формулювати вимоги до програмного забезпечення. 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. ФК16. Здатність формулювати та забезпечувати вимоги щодо якості програмного забезпечення у відповідності з вимогами замовника, технічним завданням та стандартами. ФК19. Володіння знаннями про інформаційні моделі даних, здатність створювати програмне забезпечення для зберігання, видобування та опрацювання даних. ФК21. Здатність оцінювати і враховувати економічні, соціальні, технологічні та екологічні чинники, що впливають на сферу професійної діяльності. 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. ПРН01. Аналізувати, цілеспрямовано шукати і вибирати необхідні для вирішення професійних завдань інформаційно-довідникові ресурси і знання з урахуванням сучасних досягнень науки і техніки. 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. ПРН09. Знати та вміти використовувати методи та засоби збору, формулювання та аналізу вимог до програмного забезпечення. ПРН10. Проводити передпроектне обстеження предметної області, системний аналіз об’єкта проектування. ПРН11. Вибирати вихідні дані для проектування, куруючись формальними методами опису вимог та моделювання. ПРН13. Знати і застосовувати методи розробки алгоритмів, конструювання програмного забезпечення та структур даних і знань. ПРН14. Застосовувати на практиці інструментальні програмні засоби доменного аналізу, проектування, тестування, візуалізації, вимірювань та документування програмного забезпечення. ПРН25. Вміти застосовувати сучасні технологічні рішення щодо розробки програмно-апаратних систем та їх компонентів. 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	Програмне забезпечення, еволюційні, генетичні, евристичні та метаевристичні алгоритми, розробка.
Формат курсу	Очний
Теми	Див. **Схема курсу**

Підсумковий контроль, форма	Залік у кінці семестру
Пререквізити	Для вивчення даного курсу студентам потрібні базові знання з курсів: - вища математика; - дискретна математика; - основи програмування; - алгоритми і структури даних; - об'єктно-орієнтоване програмування.
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	Комп'ютер (мінімальні характеристики: процесор Intel Core i3(4 ядра/8 потоків), 8ГБ оперативної пам'яті, 50ГБ вільного місця на диску, відеокарта Nvidia GEFORCE GT1030 2048MB), онлайн-доступ до кластера паралельних та розподілених обчислень та до GP GPU-сервера факультету. Необхідне програмне забезпечення включає в себе ОС Ubuntu 16 LTS, середовище розробки, Python.
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за наступним співвідношенням: • Змістовий модуль 1: до 25 балів за виконання модульного завдання (есе, тест, написання програми, тощо). • Змістовий модуль 2: до 25 балів за виконання модульного завдання (есе, тест, написання програми, тощо). • Виконання лабораторних робіт: до 50 балів. Підсумкова максимальна кількість балів 100. Звітність за курс – залік в кінці семестру. **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 мобі-

	льними пристроями під час заняття в цілях не пов'язаних з навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін. **Оцінювання лабораторних робіт** (7 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 (0.71) 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) відбувається шляхом написання студентом есе, тесту, написання програми, тощо. Бали оцінювання змістових модулів нараховуються за наступним співвідношенням: 25-20 - розглянута тема відтворюється в повному обсязі, правильно, обґрунтовано, логічно, які містять 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 отримання додаткових балів:** написання тез, статті, участь у міжнародних, всеукраїнських конкурсах, навчання в школах та курсах за тематикою навчальної дисципліни. Кількість балів визначається процентом покриття змісту навчальної дисципліни.
Питання до заліку чи екзамену.	1. Які базові концепції лежать в основі еволюційних алгоритмів? 2. Як визначити функцію вартості в оптимізаційній задачі? 3. Як відрізнити генетичний алгоритм від інших еволюційних підходів? 4. Як впливає вибір параметрів на ефективність генетичного алгоритму? 5. Які основні компоненти генетичного алгоритму та яку роль вони виконують? 6. Які є типи відбору в генетичних алгоритмах та в чому їхня різниця? 7. Яким чином можна оптимізувати гіперпараметри моделей машинного навчання за допомогою генетичних алгоритмів? 8. Як використовуються алгоритми з роєм часток у задачах оптимізації? 9. Які є переваги та обмеження використання евристичних методів в оптимізації? 10. Як можна застосовувати еволюційні алгоритми в машинному навчанні? 11. Як визначити оптимальні параметри алгоритму з допомогою еволюційних підходів? 12. Які можливості надає гібридизація різних еволюційних алгоритмів? 13. Як вибрати підходящий еволюційний алгоритм для конкретної задачі? 14. Які методи адаптації параметрів алгоритмів можуть бути застосовані? 15. Як еволюційні алгоритми використовуються в задачах синтезу та проектування складних систем? 16. Яким чином генетичні алгоритми можуть бути використані для оптимізації гіперпараметрів нейронних мереж? 17. Як визначити та аналізувати функцію вартості в оптимізаційній задачі? 18. Як еволюційні алгоритми можуть бути застосовані для оптимізації задач великого масштабу? 19. Яким чином алгоритми пошуку з роєм часток можуть бути модифіковані для різних задач? 20. Які підходи до оцінки ефективності алгоритмів оптимізації існують? 21. Як визначити критерії вибору алгоритмів оптимізації для конкретного завдання? 22. Як еволюційні алгоритми можуть бути використані для задач оптимізації параметрів систем та процесів? 23. Які аспекти життєвого циклу програмного забезпечення важливі для розробників? 24. Як ви оцінюєте та аналізуєте результати застосування алгоритмів оптимізації? 25. Яким чином алгоритми оптимізації можуть бути використані для розв'язання задач многокритеріальної оптимізації? 26. Які вимоги до функцій вартості для ефективного використання еволюційних алгоритмів? 27. Як забезпечити стійкість та збалансованість генетичного алгоритму при різних умовах? 28. Як використовувати еволюційні алгоритми для оптимізації великої

	кількості параметрів? 29. Яким чином адаптивні стратегії можуть покращити ефективність еволюційних алгоритмів в змінних умовах?
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

Схема курсу " Еволюційні, генетичні, евристичні та метаевристичні алгоритми " для студентів спеціальності 121 – Інженерія програмного забезпечення

Тиж.	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття)* *лекція, самостійна, дискусія, групова робота)	Література.** * Ресурси в інтернеті	Завдання, год	Термін виконання
1	**Вступ до Еволюційних Алгоритмів** Огляд базових понять, історія розвитку, та основні принципи роботи еволюційних алгоритмів.	Лекція	[1], [2] Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
1	Лаб.1. Створення простого еволюційного алгоритму	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
2	**Генетичні Алгоритми: Основи та Ключові Елементи** Розгляд структури генетичних алгоритмів, включаючи популяції, відбір, кросовер та мутації.	Лекція	[1], [2-5] Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
2	Лаб.1. Створення простого еволюційного алгоритму	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
3	**Евристичні Методи в Оптимізації** Вивчення різних евристичних методів та їх застосування в оптимізаційних задачах.	Лекція	[1], [2-5] Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
3	Лаб.2. Реалізація алгоритму підйом на гірку (Hill climbing algorithm)	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
4	**Метаеврестичні Алгоритми: Поняття та Приклади** Розгляд класу метаевристичних алгоритмів та їх застосування в різних галузях.	Лекція	[1], [2-5] Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
4	Лаб.2. Реалізація алгоритму підйом на гірку (Hill climbing algorithm)	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
5	**Порівняння та Вибір Алгоритмів Оптимізації** Аналіз основних характеристик алгоритмів, визначення критеріїв	Лекція	[1], [2-10] Сайт курсу	2	кінець поточного тижня

	вибору та порівняння ефективності.				
5	Лаб.3. Реалізація модифікованого алгоритму підйом на гірку.	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
6	**Гібридні Методи оптимізації** Дослідження гібридних підходів, які комбінують різні алгоритми для досягнення оптимальних результатів.	Лекція	[1], [2-10] Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
6	Підсумкове заняття ЗМ 1	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
7	**Застосування Генетичних Алгоритмів в Машинному Навчанні** Розгляд використання генетичних алгоритмів у завданнях класифікації та навчання з учителем.	Лекція	[1], [2-10] Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
7	Лаб.4. Зіставлення різних еволюційних алгоритмів.	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
8	**Адаптація та Оптимізація Параметрів** Вивчення методів адаптації та оптимізації параметрів алгоритмів для покращення їхньої ефективності.	Лекція	[1], [2-10] Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
8	Лаб.4 Зіставлення різних еволюційних алгоритмів.	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
9	**Алгоритми Синтезу та Проекційного Проектування** Застосування еволюційних алгоритмів для задач синтезу та проектування складних систем.	Лекція	[1], [2-10] Сайт курсу	2	Кінець поточного тижня
9	Лаб.5 Оптимізація параметрів еволюційних алгоритмів.	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
10	**Методи Визначення та Робота з Функціями Вартості** Вивчення різних методів визначення та взаємодії з функціями вартості в оптимізаційних задачах.	Лекція	[1], [2-10] Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
10	Лаб.5 Оптимізація параметрів еволюційних алгоритмів.	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
11	**Алгоритми Пошуку з Роєм Часток** Огляд та застосування алгоритмів пошуку з роєм часток (Particle Swarm Optimization).	Лекція	[1], [2-10] Сайт курсу	2	кінець поточного тижня

11	Лаб.5 Оптимізація параметрів еволюційних алгоритмів.	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
12	**Вибір та Оптимізація Гіперпараметрів Моделей Машинного Навчання** Вивчення та практичне застосування еволюційних алгоритмів для оптимізації гіперпараметрів моделей машинного навчання.	Лекція	[1], [2-10] Сайт курсу	4	кінець поточного тижня
12	Лаб.6 Використання Алгоритмів З Роєм Часток для Задач Оптимізації	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
13	**Застосування в Реальних Проектах: Практичні Аспекти** Поглиблення у вивченні реальних випадків застосування еволюційних та генетичних алгоритмів у різних проектах та галузях.	Лекція	[1], [2-10] Сайт курсу	6	кінець поточного тижня
14	Лаб.6 Використання Алгоритмів З Роєм Часток для Задач Оптимізації	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
15	Лаб.6 Використання Алгоритмів З Роєм Часток для Задач Оптимізації	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
16	Лаб.7 Застосування Евристичних Методів для Оптимізації Функцій Вартості	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня
17	Підсумкове заняття ЗМ 2	Лабораторна робота	Сайт курсу	2	кінець поточного тижня