

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«Еволюційні методи моделювання та оптимізації складних систем»



Ступінь освіти	магістр
Освітня програма	Інженерія програмного забезпечення
Тривалість викладання	3, 4 чверть
Заняття:	весняний семестр
лекції:	2 година
практичні заняття:	1 години
Мова викладання	українська

Сторінка курсу в СДО НТУ «ДП»: <https://do.nmu.org.ua/>

Кафедра, що викладає Програмного забезпечення комп'ютерних систем



Викладач:
Бердник Михайло Геннадійович
Професор, д.т.н.

Персональна сторінка
<https://pzks.nmu.org.ua/ua/teachers/teachers.php>

E-mail: Berdnyk.m.g@nmu.one

1. Анотація до курсу

Дисципліна присвячена вивченню сучасних парадигм штучного інтелекту, що базуються на імітації природних еволюційних процесів та колективної поведінки живих організмів. У межах курсу розглядаються теоретичні засади та практичні інструменти розв'язання складних багатоекстремальних, нелінійних та багатокритеріальних задач оптимізації, де класичні точні методи є неефективними або непридатними через високу розмірність простору пошуку.

Особливу увагу зосереджено на практичній реалізації цих алгоритмів для моделювання складних систем у різних сферах ІТ:

- еволюційний алгоритм автоматизованого проектування нечіткого контролера;
- еволюційний алгоритм автоматизованого проектування експертної системи на нечіткій логіці;
- вибір ефективної конфігурації багатопроцесорних систем обробки інформації та управління генетичними алгоритмами;
- задача оптимізації роботи електростанції на паливних елементах у стаціонарному режимі;

- прогнозування деградації електричних характеристик сонячних батарей космічного апарату нейромережевими моделями;
- задача формування кредитного портфеля банку: знаходження оптимального набору кредитних заявок при узгодженому вигляді структури активів-пасивів;
- задача прийняття рішень під час управління інноваційними процесами реструктурованого підприємства ОПК.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета дисципліни – полягає у формуванні у магістрів системи глибоких теоретичних знань і практичних навичок із сучасних еволюційних обчислень, методів моделювання та оптимізації складних систем, а також їх застосування для розв'язання складних прикладних задач у галузі інформаційних технологій.

Завданнями дисципліни є:

- засвоєння базових понять еволюційного моделювання, принципу природного відбору та еволюційних обчислень як потужної парадигми пошуку;
- вивчення сучасних еволюційних алгоритмів для розв'язання умовних, багатокритеріальних, безумовних, нестационарних та самонастроюваних завдань оптимізації, а також імовірнісних генетичних алгоритмів;
- ознайомлення з методологією генетичного програмування, гібридними еволюційними алгоритмами та їх застосуванням для пошуку приватних розв'язків диференціальних рівнянь.
- вивчення методів автоматизованого генерування та проєктування штучних нейронних мереж, нечітких контролерів та експертних систем на основі генетичного програмування.
- набуття навичок практичного розв'язання прикладних завдань: вибору ефективної конфігурації багатопроекторних систем, оптимізації роботи електростанцій на паливних елементах, прогнозування деградації сонячних батарей космічних апаратів, формування банківських портфелів та управління інноваційними процесами.

3. Компетентності та результати навчання

4.

Після завершення курсу магістри зможуть:

- Розробляти та адаптувати еволюційні алгоритми під конкретні бізнес- та технічні задачі.
- Проводити експериментальні дослідження ефективності моделей оптимізації.
- Інтегрувати сучасні інтелектуальні методи в програмні комплекси та інформаційні системи.

4. Структура курсу

ОБСЯГ І РОЗПОДІЛ ЗА ФОРМАМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ ТА ВИДАМИ НАВЧАЛЬНИХ ЗАНЯТЬ

Вид навчальних занять	Обсяг, години	Розподіл за формами навчання, години					
		денна		вечірня		заочна	
		аудиторні заняття	самостійна робота	аудиторні заняття	самостійна робота	аудиторні заняття	самостійна робота
лекційні	74	34	40				
практичні	40	17	23				
Контр. заходи	6	6	-				
РАЗОМ	120	51	63				

5. ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ ЗА ВИДАМИ НАВЧАЛЬНИХ ЗАНЯТЬ

Види та тематика навчальних занять	Обсяг складових, години
ЛЕКЦІЇ	76
Тема 1. Вступ до еволюційного моделювання та оптимізації. Поняття складних систем. Принцип природного відбору та еволюційні обчислення як парадигма пошуку. Генетичне програмування. Модифіковані еволюційні алгоритми. Моделювання та оптимізації складних систем.	15
Тема 2. Сучасні еволюційні алгоритми. Еволюційні алгоритми рішення завдань умовної оптимізації. Еволюційні алгоритми рішення завдань багатокритеріальної безумовної оптимізації. Еволюційні алгоритми рішення нестационарних завдань оптимізації. Самонастроюючі еволюційні алгоритми оптимізації. Ймовірнісний генетичний алгоритм.	15
Тема 3. Застосування еволюційних алгоритмів у задачах автоматизації проектування інтелектуальних інформаційних технологій. Гібридний алгоритм генетичного програмування Алгоритм генетичного програмування для пошуку приватних розв'язків диференціальних рівнянь.	15
Тема 4. Еволюційний алгоритм автоматизованого генерування нейронної мережі. Автоматичне формування нейронної мережі методом генетичного програмування.	14

Види та тематика навчальних занять	Обсяг складових, години
Тема 5. Приклади вирішення практичних задач еволюційними алгоритмами. Еволюційний алгоритм автоматизованого проектування нечіткого контролера. Еволюційний алгоритм автоматизованого проектування експертної системи на нечіткій логіці. Вибір ефективної конфігурації багатопроцесорних систем обробки інформації та управління генетичними алгоритмами. Задача оптимізації роботи електростанції на паливних елементах у стаціонарному режимі. Прогнозування деградації електричних характеристик сонячних батарей космічного апарату нейросетельні моделі. Задача формування кредитного портфеля банку: знаходження оптимального набору кредитних заявок при узгодженому вигляді структури активів – пасивів. Задача прийняття рішень під час управління інноваційними процесами реструктурованого підприємства ОПК.	15
РАЗОМ	74
Практичне заняття №1 Тема заняття: Реалізація та дослідження базових операторів класичного генетичного алгоритму (ГА). Мета: Опанування базових принципів кодування рішень, операторів селекції (рулетки, турнірної), кросоверу та мутації для простих оптимізаційних задач. Завдання: 1. Розробка схеми бінарного кодування для функції з однією або кількома змінними. 2. Програмна реалізація операторів схрещування (одноточкового, двоточкового) та мутації. 3. Дослідження впливу розміру популяції та ймовірностей операторів на швидкість збіжності ГА.	7
Практичне заняття №2 Тема заняття: Реалізація класичного генетичного алгоритму «з нуля» Мета: Збагнути внутрішню механіку роботи еволюційних операторів без використання готових фреймворків. Завдання: 1. Написати власний код на мові програмування для представлення популяції у двійковому або дійсного кодуванні. 2. Програмно реалізувати оператори: рулеткову/турнірну селекцію, одноточковий/однорідний кросовер та бітову мутацію. 3. Провести еволюційний цикл (ітерації поколінь) для пошуку мінімуму тестової математичної функції (наприклад, функції Растрегіна чи Сфери). Результат: Робоча консольна програма, що демонструє збіжність популяції до глобального мінімуму.	7

Види та тематика навчальних занять	Обсяг складових, години
Практичне заняття №3 Тема заняття: Використання сучасних бібліотек еволюційних обчислень (DEAP / PyGAD) Мета: Ознайомитися з промисловими інструментами для еволюційного моделювання. Завдання: 1. Налаштувати бібліотеку DEAP (Distributed Evolutionary Algorithms in Python) або PyGAD. 2. Вирішити задачу багатовимірної оптимізації за допомогою готових модулів фреймворку. 3. Налаштувати параметри еволюції (імовірність кросоверу, мутації, розмір популяції). Результат: Звіт з графіками залежності якості рішення від кількості поколінь	7
Практичне заняття №4 Тема заняття: Багатокритеріальна оптимізація та метод NSGA-II Мета: Навчитися знаходити компромісні рішення в умовах суперечливих критеріїв (множина Парето). Завдання: 1. Сформулювати дво- або трикритеріальну задачу (наприклад, мінімізація вартості та максимізація продуктивності хмарних серверів). 2. Застосувати алгоритм NSGA-II (Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II) за допомогою бібліотеки pymoo. Результат: Побудова та візуалізація фронту Парето на графіку.	7
Практичне заняття №5 Тема заняття: Автоматичне формування архітектури нейронної мережі методом генетичного програмування. Мета: Проектування оптимальної топології та вагів штучної нейронної мережі за допомогою еволюційних підходів. Завдання: 1. Визначення способу кодування структури нейронної мережі (кількість шарів, нейронів, функції активації) у хромосомі. 2. Реалізація еволюційного циклу пошуку ефективної мережі для заданого набору даних. 3. Оцінка продуктивності згенерованої мережі (валідація точності).	7

Види та тематика навчальних занять	Обсяг складових, години
Практичне заняття №6 Тема заняття: Оптимізація складних організаційно-технічних та економічних систем (на прикладі управління портфелем або конфігурацією систем). Мета: Розв’язання прикладної задачі великої розмірності (на вибір: формування оптимального набору кредитних заявок банку або вибір конфігурації багатопроцесорних систем). Завдання: 1. Формалізація критеріїв ефективності та обмежень для обраної прикладної задачі (наприклад, баланс активів-пасивів або продуктивність багатопроцесорної системи). 2. Налаштування параметрів еволюційного алгоритму для роботи в умовах дискретних і комбінаторних обмежень. 3. Аналіз та інтерпретація отриманих оптимізованих рішень.	5
Контр. заходи	6
Разом	120

6. Система оцінювання та вимоги

6.1. Навчальні досягнення студентів за результатами вивчення курсу оцінюватимуться за шкалою, що наведена нижче:

Рейтингова	Конвертаційна
90...100	відмінно / Excellent
74...89	добре / Good
60...73	задовільно / Satisfactory
0...59	незадовільно / Fail

6.2. Здобувач другого (магістерського) рівня вищої освіти може отримати підсумкову оцінку з навчальної дисципліни на підставі поточного оцінювання знань за умови, якщо набрана кількість балів з поточного тестування та самостійної роботи складатиме не менше 60 балів. Поточна успішність складається з успішності за теоретичну частину курсу (максимум – 20 балів) та оцінок за виконання лабораторних робіт (максимум 5 балів за кожну роботу та максимальною сумарною оцінкою за всі роботи – 40 балів). Отримані бали за теоретичну частину курсу та лабораторні роботи додаються і є підсумковою оцінкою за вивчення навчальної дисципліни. Максимально за курс здобувач вищої освіти може набрати 100 балів.

Шкала оцінювання (зазначено максимально можливі бали):

Теоретична частина	Лабораторні роботи		Екзамен	Разом
	При своєчасному складанні	При несвоєчасному складанні		
20	40	20	40	100

6.3 Критерії оцінювання поточного та підсумкового контролю:

- підсумкове оцінювання відбувається у формі екзамену у форматі тесту, який складається з питань із вибором варіанту відповіді;
- поточне оцінювання лабораторних робіт відбувається шляхом захисту звіту з відповідної роботи (максимальний бал – 5, який формується наступним чином: 3 бали – правильність і повнота викладення матеріалу в звіті, 2 бали – захист лабораторної роботи шляхом відповіді на контрольні питання).

7. Політика курсу

7.1. Політика щодо академічної доброчесності. Академічна доброчесність студентів є важливою умовою для опанування результатами навчання за дисципліною і отримання задовільної оцінки з поточного та підсумкового контролів. Академічна доброчесність базується на засудженні практик списування (виконання письмових робіт із залученням зовнішніх джерел інформації, крім дозволених для використання), плагіату (відтворення опублікованих текстів інших авторів без зазначення авторства), фабрикації (вигадування даних чи фактів, що використовуються в освітньому процесі). У НТУ «Дніпровська політехніка» політика щодо академічної доброчесності регламентується положенням "Положення про систему запобігання та виявлення плагіату у Національному технічному університеті "Дніпровська політехніка" (<https://bit.ly/3ExtVKY>).

У разі порушення студентом академічної доброчесності (списування, плагіат, фабрикація), робота оцінюється незадовільно та має бути виконана повторно. При цьому викладач залишає за собою право змінити тему завдання.

7.2. Комунікаційна політика.

Студенти повинні мати активовану університетську пошту.

Усі письмові запитання до викладачів стосовно курсу мають надсилатися на університетську електронну пошту.

7.3. Політика щодо перескладання.

Роботи, які здаються із порушенням термінів без поважних причин оцінюються на нижчу оцінку. Перескладання відбувається із дозволу деканату за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний).

7.4. Відвідування занять.

Для студентів денної форми відвідування занять є обов'язковим. Поважними причинами для неявки на заняття є хвороба, участь в університетських заходах, відрядження, які необхідно підтверджувати документами у разі тривалої (два тижні) відсутності. Про відсутність на занятті та причини відсутності студент має повідомити викладача або особисто, або через старосту. Студентам, чий стан здоров'я є незадовільним і може вплинути на здоров'я інших студентів, буде пропонуватися залишити заняття (така відсутність вважатиметься пропуском з причини хвороби).

7.5. Участь в анкетуванні. Наприкінці вивчення курсу та перед початком сесії студентам буде запропоновано анонімно заповнити електронні анкети (Microsoft Forms Office 365), які буде розіслано на університетські поштові скриньки. Заповнення анкет є важливою складовою навчальної активності, що дозволить оцінити дієвість застосованих методів викладання та врахувати пропозиції стосовно покращення змісту навчальної дисципліни «Модифікація та тестування програмного забезпечення».

8. Технічне обладнання та/або програмне забезпечення.

Технічні засоби навчання: мультимедійні та комп'ютерні пристрої.

Засоби дистанційної освіти: Moodle, MS Teams.

Пакети приладних програм: Python, Jupyter Notebook та GNU Octave (всі безкоштовні, поширюються через публічну ліцензію).

Безкоштовні версії:

- GNU Octave 4.2.1;
- Euler - компактний безкоштовний мультиплатформний пакет чисельної математики, сумісний із Matlab;
- FreeMat - відкритий безкоштовний клон Matlab.

9. Методи навчання

Під час занять будуть застосовані такі методи навчання: інтерактивні, пояснювально-ілюстративні, проблемного навчання і візуалізації.

10. Рекомендовані джерела інформації

Базова:

1. Еволюційні методи оптимізації. Комп'ютерний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. / І. О. Савченко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електрон. текст. дані (1 файл). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2025. – 47 с.
2. Січко Т. В., Нескородєва Т. В. Методичні вказівки щодо виконання лабораторних робіт з дисципліни «Методи оптимізації та дослідження операцій» спеціальностей 122 «Комп'ютерні науки», 113 «Прикладна математика». Вінниця: ДонНУ імені Василя Стуса. 2020, 104 с.
3. Субботін С.О., Олійник А.О., Олійник О.О. Ітеративні, еволюційні та мультиагентні методи синтезу нечіткологічних і нейромережних моделей: Монографія // Під заг. ред. С. О. Субботіна. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2009. – 375 с.
4. Мороз О. Г. Аналіз застосування генетичних алгоритмів в задачах глобальної оптимізації. Control systems and computers. 2018. № 2. С. 68–79.
5. Гриник Р. О. Застосування генетичного алгоритму для вирішення задач криптоаналізу. Інформаційно-комунікаційні технології в сучасній освіті: досвід, проблеми, перспективи: матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції. 21–22 жовт. 2015 р.: зб. наук. пр. Ч. 1. Львів, Вид-во ЛДУ БЖД, 2015. С. 168–170.
6. Мельник А. М., Босько В. В., Резніченко В. А. Дослідження сучасних методів роботи та напрямків застосування генетичних алгоритмів. Інформаційні технології в економіці, медицині та освіті: матеріали VI Міжнародної науковопрактичної конференції (м. Кропивницький, 20–21 квітня 2023). Кропивницький, 2023. С. 75–76.

Додаткова:

1. Бердник М.Г., **Стародубський І.П.**, Захаров Д.І. (2024). Еволюційні операції та особливості їх застосування для вирішення задачі генерації тестових даних. Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення. <http://www.konferenciaonline.org.ua/ua/article/id-1657/>
2. Бердник М.Г., **Стародубський І.П.**, Захаров Д.І. (2023). Застосування генетичного алгоритму для формування наборів вхідних тестових даних. Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення. <http://www.konferenciaonline.org.ua/ua/article/id-1250/>
3. Бердник М.Г., **Стародубський І.П.** (2025). Use of genetic algorithms in adaptive compilers for cross-platform optimization. Radio Electronics, Computer Science, Control. 4 (75), 185-193. DOI: <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2025-4-16>