



СУЧАСНІ МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>12 – Інформаційні технології</i>
Спеціальність	<i>122 Комп'ютерні науки</i>
Освітня програма	<i>Комп'ютерні технології в біології та медицині</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>III курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредитів ECTS (120 год). Лекції - 28 год. Практичні заняття - 26 год. СР - 66 год.</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік/МКР</i>
Розклад занять	<i>schedule.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: асистент, Коломоєць Сергій Олексійович Практичні: асистент, Коломоєць Сергій Олексійович</i>
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com/c/Nzg4MDMONTg2Nzkz?cjc=3auhcrxh</i>

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Дисципліна надає фундаментальні та практичні знання з чисельних методів оптимізації, що дають змогу ефективно розв'язувати складні задачі в економіці, фінансах, інформаційних технологіях та інших сферах. Студенти отримають глибокі знання сучасних методів оптимізації, навчаться аналізувати та проектувати ефективні алгоритми, зможуть застосовувати методи оптимізації для прийняття оптимальних рішень, аналізу даних і навчання нейромереж. Практичні заняття допоможуть оволодіти інструментами чисельної оптимізації та отримати практичні навички застосування методів під час розв'язання актуальних задач оптимізації, включаючи машинне навчання, фінансова аналітика, інженерне проектування тощо.

Метою навчальної дисципліни є формування та закріплення у студентів наступних здатностей: (K01) Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу; (K02) Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях; (K03) Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності; (K04) Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово; (K06) Здатність вчитися й оволодівати сучасними знаннями; (K07) Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

Предмет навчальної дисципліни – теорія чисельної оптимізації з орієнтиром на сучасні здобутки напряму та прикладні задачі оптимізації.

Програмні результати навчання, на формування та покращення яких спрямована дисципліна: (PRO2) 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; (ПР07) Розуміти принципи моделювання організаційно-технічних систем і операцій, використовувати методи дослідження операцій, розв'язання одно- та багатокритеріальних оптимізаційних задач лінійного, цілочисельного, нелінійного, стохастичного програмування; (ПР22) Формалізувати змістовну задачу дослідження операцій, побудувати її математичну модель та виконати оцінку адекватності розробленої математичної моделі, застосовувати методи та моделі дослідження операцій в інтелектуальних системах підтримки прийняття рішень в різних предметних областях; (ПР23) Вибирати та застосовувати відповідний метод розв'язування задачі оптимізації, знаходити її оптимальний розв'язок, коригувати модель й розв'язок на основі отриманих нових знань про задачу, обґрунтовано вибрати відповідний метод оптимізації прийняття рішень в залежності від класу моделей і розробити відповідний алгоритм.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти дисциплінами “Математичний аналіз”, “Лінійна алгебра”, “Обчислювальна математика” та “Проектування та аналіз обчислювальних алгоритмів”. Компетенції, знання та уміння, одержані в процесі вивчення кредитного модуля є необхідними для подальшого вивчення дисциплін “Нейронні мережі”, “Методи та системи штучного інтелекту” і “Основи комп'ютерного зору”.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Основи чисельної оптимізації.

Тема 1.1. Вступ. Аналітична та чисельна оптимізація.

Тема 1.2. Основи теорії гладкого опуклого аналізу.

Розділ 2. Методи безумовної оптимізації.

Тема 2.1. Одновимірна оптимізація.

Тема 2.2. Оптимізація методами прямого пошуку.

Тема 2.3. Стохастична оптимізація. Градієнтні методи.

Тема 2.4. Адаптивні стохастичні градієнтні методи.

Тема 2.5. Оптимізація методами другого порядку.

Тема 2.6. Квазі-Ньютонівська оптимізація.

Розділ 3. Методи глобальної оптимізації.

Тема 3.1. Основи багатоекстремальної оптимізації.

Тема 3.2. Метаевристичні методи. Алгоритми на основі траєкторії.

Тема 3.3. Метаевристичні методи. Алгоритми на основі популяції.

Тема 3.4. Методи еволюційного програмування.

Розділ 4. Методи умовної оптимізації.

Тема 4.1. Оптимізація штрафними функціями.

Тема 4.2. Оптимізація з обмеженнями методом Лагранжа.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основна література

1. Методи оптимізації : підручник / В. В. Ладогубець, Т. С. Ладогубець, О. Д. Фіногенов – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018.
2. Методи оптимізації без використання похідних: практикум з дисципліни «Дослідження операцій»: навч. посіб. / Т. С. Ладогубець, О. Д. Фіногенов. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 45 с.
3. Математичні методи дослідження операцій : підручник / Є. А. Лавров, Л. П. Перхун, В. В. Шендрік та ін. – Суми : Сумський державний університет, 2017. – 212 с.
4. Duchi, J. (2018). Introductory lectures on stochastic optimization. IAS/Park City Mathematics Series. DOI: 10.1090/pcms/025/03.

5. Wright, S. J., & Recht, B. (2022). *Optimization for Data Analysis*. DOI: 10.1017/9781009004282.
6. Оптимізаційні методи та моделі: підручник / В. С. Григорків, М.В. Григорків – Ч.: ЧНУ, 2016. – 400 с.
7. Комп'ютерне моделювання процесів і систем. Методи оптимізації / С. П. Вислоух, О. В. Волошко, Г. С. Тимчик, М. В. Філіппова ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2023. – 268 с.
8. Nesterov, Y. (2018). *Lectures on convex optimization*. Springer Optimization and Its Applications. DOI: 10.1007/978-3-319-91578-4.

Додаткова література

1. Оптимізаційні методи і моделі. Моделювання засобами MS Excel : навч. посіб. / А. І. Кузьмичов. - Київ : Ліра-К, 2018. - 214 с.
2. Khamis, A. M. (2024). *Optimization algorithms: AI techniques for design, planning, and Control Problems*. Manning Publications Co. ISBN: 9781633438835.
3. Fox, W. P. (2021). *Nonlinear optimization: Models and applications*. Chapman and Hall/CRC. ISBN: 9780367561116.
4. Stripinis, L., & Paulavičius, R. (2023). *Derivative-free direct-type global optimization*. SpringerBriefs in Optimization. DOI: 10.1007/978-3-031-46537-6.
5. Boumal, N. (2023). *An introduction to optimization on smooth manifolds*. Cambridge University Press. ISBN: 9781009166171.
6. Norkin, V., Kozyriev, A., Norkin, B.: *Modern stochastic quasi-gradient optimization algorithms*. International Scientific Technical Journal "Problems of Control and Informatics" 69(2), 71–83 (Mar 2024). DOI: 10.34229/1028-0979-2024-2-6.
7. Mikhalevich, V.S., Gupal, A.M., Norkin, V.I.: *Methods of nonconvex optimization (2024)*, DOI: 10.48550/arXiv.2406.10406.
8. Hazan, E. (2022). *Introduction to online convex optimization*. MIT Press. ISBN: 9780262370127.
9. Tsai, C.-W., & Chiang, M.-C. (2023). *Handbook of Metaheuristic Algorithms*, DOI: 10.1016/c2022-0-00638-3.
10. Kozyriev, A. and Norkin, V. (2025) "Robust clustering on high-dimensional data with stochastic quantization", International Scientific Technical Journal "Problems of Control and Informatics", 70(1), pp. 32–48. doi: 10.34229/1028-0979-2025-1-3.
11. Walkington N.J. *Nesterov's method for convex optimization*. SIAM Review. 2023. Vol. 65, N 2. P. 539–562. DOI: 10.1137/21M1390037.
12. Bottou, L., Curtis, F. E., & Nocedal, J. (2018). *Optimization methods for large-scale machine learning*. SIAM Review, 60(2), 223–311. DOI: 10.1137/16m1080173.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Навчальна дисципліна охоплює 28 годин лекцій та 26 годин комп'ютерного практикуму, а також виконання домашньої контрольної роботи та модульної контрольної роботи тривалістю в одну акад. год.

Під час лекційних занять студенти ознайомляться з теоретичними основами сучасних методів оптимізації, що охоплюватиме відповідні математичні моделі, докази збіжності та аналіз швидкості збіжності тощо. Ці теоретичні знання будуть доповнені практичними прикладами коду, що демонструють реалізацію чисельної оптимізації, таким чином поглиблюючи розуміння студентами того, коли і як ці методи слід застосовувати належним чином.

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
-------	---

1	<p>Тема 1.1. Вступ. Аналітична та чисельна оптимізація.</p> <p>Основні питання: основні визначення теорії оптимізації; багатокритеріальна оптимізація; парето-оптимальність; характеристики аналітичної та чисельної оптимізації; необхідна та достатня умова існування екстремуму; ітераційні методи; швидкість збіжності.</p>
2	<p>Тема 1.2. Основи теорії гладкого опуклого аналізу.</p> <p>Основні питання: евклідів та афінний простір; лінійні оператори; множини; опуклі функції та їх головні властивості; критерії опуклості.</p>
3	<p>Тема 2.1. Одновимірна оптимізація.</p> <p>Основні питання: унімодальні функції; правило виключення інтервалів; метод дихотомії; метод золотого перерізу; метод Фібоначчі; збіжність методів за правилом виключення інтервалів; метод квадратичної інтерполяції; метод ДСК; метод Пауелла; збіжність методів інтерполяції; метод дотичних; метод хорд; збіжність методів на основі похідної.</p>
4	<p>Тема 2.2. Оптимізація методами прямого пошуку.</p> <p>Основні питання: симплекс-градієнт; метод Нелдера-Міда; метод Хука-Дживса; збіжність методів прямого пошуку; багатонаправлений пошук; задача Вебера.</p>
5	<p>Тема 2.3. Стохастична оптимізація. Градієнтні методи.</p> <p>Основні питання: градієнт аналітичної функції; властивості градієнта; поліном Тейлора; метод градієнтного спуску; метод найшвидшого спуску; збіжність градієнтного метода; задача стохастичної оптимізації; метод Поляка; метод Нестерова; збіжність прискорених методів; задача логістичної регресії.</p>
6	<p>Тема 2.4. Адаптивні стохастичні градієнтні методи.</p> <p>Основні питання: момент імовірнісного розподілу; математичне сподівання; дисперсія; незміщена оцінка моментів; метод адаптивного градієнта (AdaGrad); метод середньоквадратичного адаптивного кроку (RMSProp); метод адаптивної оцінки моментів (ADAM) та модифікації (ADAMAX; ADAMW); збіжність адаптивних градієнтних методів; алгоритм зворотного розповсюдження помилки (Backpropagation); навчання штучних нейронних мереж.</p>
7	<p>Тема 2.5. Оптимізація методами другого порядку.</p> <p>Основні питання: квадратична оптимізація; матриця Гессе та її визначеність; метод Ньютона; метод Макварда; метод Гаусса-Ньютона; збіжність методів другого порядку; задача лінійної регресії.</p>
8	<p>Тема 2.6. Квазі-Ньютонівська оптимізація.</p> <p>Основні питання: спряжені вектори; лінійна залежність; Q-ортогоналізація; метод спряжених градієнтів; метод Девідона-Флетчера-Пауелла (DFP); метод Бroyдена-Флетчера-Гольдфарба-Шанно (BFGS); квазі-Ньютонівська оптимізація з обмеженим використанням пам'яті; метод L-BFGS; збіжність методів квазі-Ньютонівської оптимізації.</p>
9	<p>Тема 3.1. Основи багатоекстремальної оптимізації.</p> <p>Основні питання: глобальні екстремуми; дискретна оптимізація; метод розгалуження і меж (B&B); метод розгалуження та розрізу (B&C); глобальні методи на основі апроксимацій; метод довірчого інтервалу.</p>
10	<p>Тема 3.2. Метаевристичні методи. Алгоритми на основі траєкторії.</p> <p>Основні питання: концепція метаевристичних методів; локальний пошук; випадковий</p>

	<i>пошук; метод вектора спуска; пошук у змінних околах; метод імітації відпалювання; критерій Метрополіса; табу-пошук; аспіраційні критерії; ітеративний локальний пошук; налаштування гіперпараметрів в методах на основі траєкторії; збіжність методів на основі траєкторії.</i>
11	Тема 3.3. Метаевристичні методи. Алгоритми на основі популяції. <i>Основні питання: популяція; метод рою частинок; диференціальна еволюція; алгоритм бджолиних колоній; алгоритм мурашиних колоній; збіжність методів на основі популяції.</i>
12	Тема 3.4. Методи еволюційного програмування. <i>Основні питання: базова схема генетичного алгоритма; простір пошуку; генотип; фітнес-функція; оператори схрещування; оператори мутації; оператори селекції; бінарна/числова репрезентація; дробова репрезентація; задача пакування рюкзака.</i>
13	Тема 4.1. Оптимізація штрафними функціями. <i>Основні питання: умова регулярності Слейтера; методи зовнішніх штрафних функцій; методи внутрішніх штрафних функцій; методів можливих напрямів; методи центрів; збіжність методів штрафних функцій.</i>
14	Тема 4.2. Оптимізація з обмеженнями методом Лагранжа. <i>Основні питання: задачі оптимізації з обмеженнями у формі рівностей; дуальність задачі; функція Лагранжа; умова регулярності; умови мінімуму; збіжність метода Лагранжа; транспортні задачі.</i>

Основна мета комп'ютерного практикуму для студентів - застосувати знання теорії оптимізації та методів, отримані на попередніх лекціях, для реалізації довільної сучасної оптимізаційної моделі та презентації результатів перед аудиторією. Додаткову інформацію щодо підготовки та презентації можна знайти в наступному розділі.

Практичні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
1	Практичне заняття №1. Задачі аналітичної оптимізації. <i>Основні питання: оптимізація математичних моделей аналітичним методом з використанням необхідної та достатньої умови існування мінімуму.</i>
2	Практичне заняття №2. Задачі одновимірної оптимізації. <i>Основні питання: оптимізація математичних моделей методами одновимірної оптимізації.</i>
3	Практичне заняття №3. Задачі стохастичної оптимізації. <i>Основні питання: оптимізація стохастичних математичних моделей градієнтними методами або методами прямого пошуку; вибір оптимального кроку градієнтного спуску методами одновимірної оптимізації.</i>
4	Практичне заняття №4. Задачі оптимізації великої розмірності. <i>Основні питання: оптимізація задач великої розмірності адаптивними градієнтними методами або методами другого порядку.</i>
5	Практичне заняття №5. Задачі квазі-Ньютонівської оптимізації. <i>Основні питання: оптимізація задач великої розмірності методами квазі-Ньютонівської оптимізації та порівняння результатів методами другого порядку.</i>

6	Практичне заняття №6. Задачі багатоекстремальної оптимізації. Основні питання: оптимізація задач з неопуклими цільовими функціями методами глобальної оптимізації.
7	Практичне заняття №7. Задачі оптимізації з використанням метаевристичних методів. Основні питання: оптимізація задач з неопуклими цільовими функціями за допомогою метаевристичних методів на основі траєкторії або на основі популяції.

6. Самостійна робота здобувача вищої освіти

Комп'ютерний практикум

Основною самостійною роботою здобувача освіти є підготовка індивідуального дослідження до комп'ютерного практикуму, в якому необхідно застосувати теоретичні основи методів, представлені на лекціях, для розв'язання реальних оптимізаційних задач, таким чином закріплюючи своє розуміння основних принципів обраного методу. Після кожної **непарної лекції** добровільно (або випадковим чином) **обираються чотири студенти** для проведення досліджень до наступного практичного заняття. Одночасно кожному студенту призначається **випадково обраний опонент** з-поміж усіх інших студентів, роль якого полягає в тому, щоб дебатувати з доповідачем щодо теми та результатів дослідження. Обрані студенти проведуть індивідуальне дослідження протягом наступного тижня, що буде складатись з чотирьох основних етапів:

1. Узгодження теми та методу: кожен студент обирає та узгоджує метод оптимізації з викладачем, представлений на лекції;
2. Дослідження потенційних задач оптимізації: кожен студент визначає конкретну задачу, яка є найбільш релевантною для обраного методу оптимізації. Студенти за бажанням можуть проконсультуватися з викладачем, щоб отримати добірку відповідних оптимізаційних задач;
3. Реалізація алгоритму та моделі: кожен студент розробляє реалізацію обраного методу та моделі або вручну (в текстовому редакторі або в зошиті), або за допомогою відкритого програмного забезпечення. Під час процесу розробки студентам дозволяється консультуватися з викладачем щодо додаткової літератури або загальних рекомендацій в асинхронному режимі, тобто поза лекційними годинами, використовуючи завчасно узгоджені засоби зв'язку;
4. Презентація: проводиться безпосередньо під час комп'ютерного практикуму, де кожному з чотирьох обраних студентів буде надано 20 хвилин, з яких 12 хвилин присвячено представленню доповідачем отриманих результатів, а решта 8 хвилин - дебатам доповідача з опонентом. Презентація повинна включати короткі теоретичні нотатки обраного методу, опис оптимізаційної моделі з обґрунтуванням вибору та демонстрацію результатів. Під час презентації опонент оцінює презентацію і готує питання для майбутніх дебатів. Сам процес дебатів являє собою дискусію, де опонент висуває потенційні зауваження щодо результатів дослідження та обраної задачі, а доповідач захищає свої висновки.

Індивідуальне завдання спрямоване на заохочення творчого підходу до вирішення задач оптимізації, тому студент немає обмежень щодо тематики обраної задачі (від простої логістичної моделі до багаторозмірної моделі машинного навчання), формату презентації, середовища розробки або мови програмування (якщо презентація включає програмне забезпечення). Єдиними вимогами до дослідження є наступні:

1. Дослідження повинне містити теоретичне обґрунтування відповідності між оптимізаційною моделлю та обраним алгоритмом;

2. Якщо дослідження включає дані, на яких навчалася модель, такі дані не повинні бути штучними, а взяті з публічних репозиторіїв з дійсною ліцензією відкритих даних, які не порушують жодних авторських прав або угод про нерозголошення;
3. Якщо презентація включає програмне забезпечення, що використовується для отримання результатів, таке програмне забезпечення має бути загальнодоступним на основних платформах хостингу коду або завантажене на **освітній платформі** (Google Classroom);
4. Студенти не можуть обирати модель оптимізації, яка вже була розглянута в лекційних матеріалах або була обрана іншим студентом **серед чотирьох обраних**; кожна має бути унікальною.

Результати презентації кожного студента будуть розміщені на **освітній платформі** після комп'ютерного практикуму, включаючи остаточну оцінку та додаткові зауваження щодо викладу теми. Важливо зазначити, що студенти повинні планувати свою презентацію відповідно до власного розкладу, оскільки кожному студенту дозволяється **лише одна презентація** протягом семестру. У випадках, коли студент, який представляє презентацію, не може взяти участь у комп'ютерному практикумі з поважних причин, він/вона може обмінятися виступом з іншим студентом, повідомивши про це викладача за 24 години до початку комп'ютерного практикуму. Під час дебатів, якщо опонент відсутній на практичному занятті або немає питань до доповідача, викладач може взяти на себе роль опонента. Перед презентацією кожен обраний студент повинен завантажити результати дослідження та додаткові матеріали (дані, вихідний код програмного забезпечення тощо) на освітню платформу для попереднього ознайомлення не пізніше, ніж за 24 години до початку комп'ютерного практикуму.

Домашня контрольна робота

Метою домашньої контрольної роботи (ДКР) є проведення студентами самостійного дослідження на тему недиференційованої оптимізації та закріплення отриманих знань за допомогою супровідного завдання. Дисципліна передбачає єдину ДКР, яка проводиться через **освітню платформу**. Іспит буде доступний протягом чотирьох тижнів до заліку, що дає студентам достатньо часу, щоб провести дослідження на задані теми та виконати завдання.

Модульна контрольна робота

Метою контрольної роботи є закріплення та перевірка теоретичних знань із кредитного модуля, набуття студентами практичних навичок самостійного вирішення задач. Дисципліна передбачає виконання однієї модульної контрольної роботи (МКР), яка триває в одну академічну годину та проводиться на **освітній платформі**. Кожен студент отримує індивідуальне завдання, на яке необхідно надати письмові відповіді та надіслати на **освітню платформу**. МКР проводиться після Розділу 2 і присвячена методам безумовної оптимізації, їхнім характеристикам, та основам опуклого аналізу.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Відвідування занять. Відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях.

Пропущені контрольні заходи оцінювання. Кожен студент має право відпрацювати пропущені з поважної причини (лікарняний, мобільність тощо) контрольні заходи. Ознайомитись з положенням про контрольні заходи детальніше за [посиланням](#).

Процедура оскарження результатів контрольних заходів оцінювання. Студент може поставити будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто згідно із наперед визначеними процедурами. Студенти мають право

аргументовано оскаржити результати контрольних заходів, пояснивши з яким критерієм не погоджуються відповідно до оціночного.

Академічна доброчесність. Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Порушення академічної доброчесності може призвести до анулювання робіт студента. Ознайомитись з Кодексом честі детальніше за [посиланням](#).

Інклюзивне навчання. Засвоєння знань та умінь в ході вивчення дисципліни «Сучасні методи оптимізації» може бути доступним для більшості осіб з особливими освітніми потребами, окрім здобувачів з серйозними вадами зору, які не дають змогу виконувати завдання за допомогою персональних комп'ютерів, ноутбуків та/або інших технічних засобів.

Норми етичної поведінки. Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Призначення заохочувальних та штрафних балів. Відповідно до [Положення про систему оцінювання результатів](#) навчання сума всіх заохочувальних балів не може перевищувати 10% рейтингової шкали оцінювання.

Заохочувальні бали	
Критерій	Ваговий бал
Наявність призових місць у змаганнях за темою дисципліни на онлайн-платформі Kaggle, у хакатонах або олімпіадах за темою дисципліни	10 балів

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Семестровий контроль проводиться у вигляді заліку. Для оцінювання результатів навчання застосовується 100-бальна рейтингова система та університетська шкала.

Поточний контроль: опитування на лекційних заняттях, доповіді на практикумах, ДКР, МКР.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Умовою позитивної атестації є значення поточного рейтингу студента не менше 50% від максимально можливого на час атестації.

Семестровий контроль: залік.

Рейтингова система основана на наступному розподілі контрольних заходів:

Контрольний захід оцінювання	Ваговий бал	Кількість	Разом
Фронтальне опитування на лекційних заняттях	1	10	10
Перемога в дебатах комп'ютерного практикуму в ролі опонента	1	10	10
Доповідь на комп'ютерному практикумі	1	40	40
Модульна контрольна робота	1	20	20
Домашня контрольна робота	1	20	20
Разом			100

Умови допуску до семестрового контролю: семестровий рейтинг більше 30 балів. Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Менше 30	Не допущено

Опитування по матеріалам лекційних занять

Ваговий бал – 1. Максимальна кількість балів за фронтальне опитування – 1 бал × 10 опитувань = 10 балів. Опитування, що проводиться безпосередньо під час лекції в усній формі за матеріалом з поточного та попередніх занять, мають подвійну мету: закріпити знання студентів про алгоритми оптимізації для подальшого застосування в індивідуальних дослідженнях, а також сприяти спільному обговоренню питань, що виникають під час лекцій. Вибір студента для оцінювання проводиться за бажанням або випадковим чином.

Критерії оцінювання. Запитання у фронтальному опитуванні відносяться до відкритого типу та оцінюються однозначно:

- студент правильно відповів на запитання – 1 бал;
- студент неправильно відповів на запитання – 0 балів.

Комп'ютерний практикум

Ваговий бал – 40. Максимальна кількість балів за всі практичні заняття – 40 балів × 1 доповідь на практикумі = 40 балів. Метою індивідуального завдання комп'ютерного практикуму є закріплення теоретичних знань про алгоритми оптимізації шляхом застосування їх до реальної оптимізаційної моделі за вибором студента. Таким чином, студент може вирішити практичні завдання та розробити проект в рамках своїх інтересів або професійної діяльності, наприклад, інженерії, аналітики, медицини, досліджень тощо. Під час комп'ютерних практикумів студенти доповідають **в усній формі** результати індивідуального дослідження у форматі презентації. Попередньо для зарахування доповіді студент має надіслати усі додаткові матеріали (файли презентації, вихідних код, тощо) на **освітню платформу** не пізніше, ніж за 24 години до початку комп'ютерного практикуму.

Критерії оцінювання. Доповідь студента оцінюється за критеріями правильності теоретичних відомостей на основі лекційного матеріалу, детальності огляду обраної оптимізаційної задачі та застосуванні теорії для її розв'язання, обґрунтуванні чому саме обраний метод підходить для задачі, коректності отриманих результатів, а також захисту під час дебатів з опонентом:

- презентація була своєчасно завантажена на **освітню платформу**, демонструє теоретичне підґрунтя та достовірні результати, містить всебічне теоретичне висвітлення обраної оптимізаційної моделі, пропонує теоретичне обґрунтування належності моделі для даного метода оптимізації, а також студент точно відповів на всі запитання опонента – 40 балів;
- презентація була своєчасно завантажена на **освітню платформу**, має повне теоретичне підґрунтя з незначними неточностями, пропонує теоретичне обґрунтування належності моделі для даного метода оптимізації, практичні результати містять незначні неточності, студент відповів на майже всі запитання опонента – 36-39 балів;
- презентація була своєчасно завантажена на **освітню платформу**, має часткове теоретичне підґрунтя з незначними неточностями, пропонує часткове теоретичне обґрунтування належності моделі для даного метода оптимізації, практичні

результати містять незначні неточності, студент відповів на більшість запитань опонента – 32-35 балів;

- презентація завантажена на **освітню платформу** менше ніж за 24 години до початку комп'ютерного практикуму, має часткове теоретичне підґрунтя з помилками, практичні результати містять помилки, студент не відповів на більшість запитань опонента – 28-31 балів;
- презентація завантажена на **освітню платформу** менше ніж за 24 години до початку комп'ютерного практикуму, має теоретичне підґрунтя із значними помилками, практичні результати містять значні помилки, студент не зміг відповісти на питання опонента – 24-27 балів;
- студент не був присутній на доповіді або не завантажив презентацію на **освітню платформу**, теоретичний зміст повністю не відповідає обраній темі дослідження, модель не має відношення до методу оптимізації або студент не надає обґрунтування відповідності метода до моделі оптимізації, відсутні практичні результати – 0 балів.

Модульна контрольна робота

Ваговий бал – 20. Максимальна кількість балів за всі практичні заняття – 20 балів × 1 робота = 20 балів. МКР проводиться в кінці першого календарного контролю та містить 5 питань тестового типу по 2 бали та 2 питання відкритого типу по 5 балів. У питанні тестового типу студенту необхідно обрати одну (чи більше) відповідей з наявних на запитання. У питанні відкритого типу студенту необхідно надати повну розгорнуту відповідь на запитання. Якщо відкритим питанням є теорема, студенту необхідно надати зміст теореми та обов'язково її розгорнуте доведення. МКР проводиться на **освітній платформі**, де кожному студенту надається індивідуальне завдання. Відповіді для тестового запитання студент надає безпосередньо на **освітній платформі**, а для відкритого запитання - завантаживши текстовий документ (MS Word або Latex) у відповідну файлову форму у завданні.

Критерії оцінювання. Для тестового запитання відповіді оцінюються однозначно:

- обрані усі правильні варіанти відповідей – 2 бали;
- обрано жодної правильної відповіді – 0 балів.

Для питання з відкритою відповіддю оцінка залежить від повноти наданої відповіді та наявності доведення якщо питанням є теорема:

- надано повну розгорнуту відповідь на запитання, присутнє повне доведення якщо запитання є теоремою – 5 бали;
- надано часткову відповідь на запитання з незначними помилками, присутнє часткове доведення якщо запитання є теоремою – 3-4 балів;
- надано часткову відповідь на запитання зі значними помилками, доведення відсутнє якщо запитання є теоремою – 1-2 бали;
- надано неправильну відповідь або відповідь відсутня – 0 балів.

Домашня контрольна робота

Ваговий бал – 20. Максимальна кількість балів за всі практичні заняття – 20 балів × 1 робота = 20 балів. Завдання до ДКР завантажується в якості індивідуального завдання до **освітньої платформи** за чотири тижні до заліку. ДКР містить 4 питання відкритого типу по 5 балів. Аналогічно до завдання МКР, необхідно надати повну розгорнуту відповідь на запитання. Якщо питанням є теорема, необхідно надати зміст теореми та обов'язково її розгорнуте доведення. Якщо питанням є задача, необхідно описати покроковий розв'язок. Індивідуальне завдання до ДКР представляє текстовий документ MS Word зі списком питань, на які студенту необхідно дати відповідь та завантажити на **освітню платформу**.

Критерії оцінювання. Для питання з відкритою відповіддю оцінка залежить від повноти наданої відповіді та наявності доведення якщо питанням є теорема:

- надано повну розгорнуту відповідь на запитання, присутнє повне доведення якщо запитання є теоремою – 5 бали;

- надано часткову відповідь на запитання з незначними помилками, присутнє часткове доведення якщо запитання є теоремою – 3-4 балів;
- надано часткову відповідь на запитання зі значними помилками, доведення відсутнє якщо запитання є теоремою – 1-2 бали;
- надано неправильну відповідь або відповідь відсутня – 0 балів.

Участь у дебатах в ролі опонента

Ваговий бал – 10. Максимальна кількість балів за всі практичні заняття – 10 балів × 1 участь у дебатах = 10 балів. Після завершення виступу доповідача на комп'ютерному практикумі, опонент висуває потенційні зауваження щодо результатів дослідження та обраної задачі. Опонент також має можливість опитувати доповідача за матеріалом лекційного заняття, що стосується безпосередньо обраного методу оптимізації. Якщо опонент відсутній на практичному занятті або немає питань до доповідача, викладач може взяти на себе роль опонента; але в цьому випадку результат самого опонента оцінюється у 0 балів.

Критерії оцінювання. Результати дебатів оцінюються за відповідністю питань опонента до теоретичних положень, практичних результатів та програмі презентації. Також оцінюється правильність тез, викладених опонентом:

- опонент надав правильні розгорнуті тези до презентації, які переважають аргументи доповідача – 10 бали;
- опонент надав правильні тези до презентації з незначними помилками, які переважають аргументи доповідача – 8-9 балів;
- опонент надав тези до презентації з суттєвими помилками або тези, які не переважають аргументам доповідача – 6-7 бали;
- опонент відсутній на практичному занятті або немає тез до презентації – 0 балів.

Форма семестрового контролю - залік

Максимальна сума балів складає 100. Необхідною умовою допуску до заліку є зарахована доповідь на комп'ютерних практикумах. Для отримання заліку з кредитного модулю "автоматом" необхідно мати рейтинг не менше 60 балів, а також виконані умови допуску до заліку. Студенти, які наприкінці семестру мають рейтинг менше 60 балів, а також ті, хто хоче підвищити свою оцінку в системі ECTS, виконують залікову контрольну роботу. При цьому набрані бали студентом анулюються, а оцінка за залікову контрольну роботу є остаточною.

Залікова робота. Залікова робота проводиться на останньому лекційному занятті. Студент проходить тестування на **освітній платформі**. На тестуванні пропонується 20 тестових та 12 відкритих питань з градацією оцінювання ідентичною до оцінювання в МКР. Для отримання оцінки зарахування необхідно набрати 60 балів і вище. Час тестування зазвичай складає 120 хвилин, але може бути скоригований викладачем.

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- Для проходження дисципліни студентам рекомендовано мати попередній досвід програмування. За відсутності відповідного досвіду, викладач в асинхронному режимі може надати додаткові консультації з програмування та рекомендації щодо використання інструментів розробки для виконання завдань;
- Визнання результатів навчання, набутих у неформальній освіті, в межах освітнього компоненту не передбачено;
- Комунікація з викладачем будується за допомогою використання інформаційної системи "Електронний Кампус", **освітньої платформи "Google Classroom"**, а також такими інструментами комунікації, як електронна пошта.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено асистент, Козирев А. Ю.

Ухвалено кафедрою штучного інтелекту НН ІПСА (протокол № 14 від 24.06.2025)

Погоджено Методичною комісією НН ІПСА (протокол № протокол № 7 від 25.06.2025)