



ЕВОЛЮЦІЙНІ 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>124 «Системний аналіз»</i>
Освітня програма	<i>Системний аналіз і управління</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити ЕКТС, 120 год. (лекції - 36 год., практичні - 18 год., СРС - 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	Лектор: <i>к.т.н. Савченко Ілля Олександрович, savil.ua@gmail.com</i> Практичні заняття: <i>к.т.н. Савченко Ілля Олександрович, savil.ua@gmail.com</i>
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com/c/NjYxMjgzNjEzMzA5?cjc=fn4bcq5</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Курс «Еволюційні методи оптимізації» є важливим предметом у підготовці системних аналітиків з уміння ставити і розв'язувати складні оптимізаційні задачі, підбирати і модифікувати методи оптимізації відповідно до поставлених задач.

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів здатностей вибору між класичними та метаевристичними методами оптимізації для поставлених задач, підбору і налаштування еволюційних методів оптимізації для досягнення найкращої якості оптимізації; прищеплення навиків творчого використання сучасних еволюційних та метаевристичних методів оптимізації для складних багатопараметричних, багатоекстремальних задач.

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни студенти після засвоєння кредитного модуля мають продемонструвати такі результати навчання:

- **знання:**

теоретичних основ метаевристичних методів оптимізації; широкого спектру еволюційних підходів, методів, алгоритмів оптимізації для складних задач однокритеріальної оптимізації (в тому числі комбінаторних задач) і багатокритеріальної оптимізації; особливостей, сильних і слабких сторін різних еволюційних методів оптимізації; програмних засобів моделювання та ін.

- **уміння:**

вибрати найбільш раціональний метод оптимізації для розв'язання поставленої задачі; перевірити якість роботи методу оптимізації на спеціальних функціях; варіювати і підібрати найбільш ефективні параметри для роботи еволюційного методу оптимізації; знайти глобальне оптимальне рішення складної багатопараметричної задачі оптимізації, використовуючи різні метаевристичні підходи, методи, алгоритми оптимізації; та ін.

- **досвід:**

розв'язання задач однокритеріальної оптимізації (в тому числі комбінаторних), багатокритеріальної оптимізації широким спектром еволюційних методів оптимізації; дослідження якості оптимізації різними метаевристичними методами при варіюванні їх параметрів.

Згідно з вимогами освітньо-наукової програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі результати навчання:

Загальні компетентності (ЗК):

1. Здатність застосовувати знання в практичних ситуаціях (ЗК 1).
2. Здатність планувати і управляти часом (ЗК 2).
3. Здатність абстрактно мислити, застосовувати методи аналізу і синтезу (ЗК 3).
4. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел (ЗК 7).
5. Здатність до адаптації та дії в новій ситуації (ЗК 9).
6. Здатність генерувати нові ідеї (креативність) (ЗК 11).
7. Здатність працювати в команді та автономно виконувати командні рішення (ЗК 12).
8. Здатність забезпечувати та оцінювати якість виконуваних робіт (ЗК 14).

Фахові компетентності спеціальності (ФК):

1. Здатність використовувати системний аналіз в якості сучасної міждисциплінарної методології, заснованої на прикладах математичних методів та сучасних інформаційних технологіях, і орієнтована на вирішення задач аналізу і синтезу технічних, економічних, соціальних, екологічних та інших складних систем (ФК 1).
2. Здатність формалізувати проблеми, описані природною мовою, у тому числі за допомогою математичних методів, застосовувати загальні підходи до математичного моделювання конкретних процесів (ФК 2).
3. Здатність формулювати задачі оптимізації при проектуванні систем управління та прийняття рішень, а саме: математичні моделі, критерії оптимальності, обмеження, цілі управління; обирати раціональні методи та алгоритми розв'язання задач оптимізації та оптимального керування (ФК 5).
4. Здатність до комп'ютерної реалізації математичних моделей реальних систем і процесів; проектувати, застосовувати і супроводжувати програмні засоби моделювання, прийняття рішень, оптимізації, обробки інформації, інтелектуального аналізу даних (ФК 6).
5. Здатність використовувати сучасні інформаційні технології для комп'ютерної реалізації математичних моделей та прогнозування поведінки конкретних систем, а саме: об'єктно-орієнтований підхід при проектуванні складних систем різної природи, прикладні математичні пакети, застосування баз даних і знань (ФК 7).
6. Здатність організовувати роботу з аналізу та проектування складних систем, створення відповідних інформаційних технологій та програмоного забезпечення (ФК 8).

Програмні результати навчання (ПР):

1. Знати та вміти застосовувати основні методи постановки та вирішення задач системного аналізу в умовах невизначеності цілей, зовнішніх умов і конфліктів (ПР 06).
2. Знати основи теорії оптимізації, оптимального керування, теорії прийняття рішень, вміти застосовувати їх на практиці для розв'язування прикладних задач управління і проектування складних систем (ПР 07).
3. Володіти сучасними методами розробки програм і програмних комплексів та прийняття оптимальних рішень щодо складу програмного забезпечення, алгоритмів процедур і операцій (ПР 08).
4. Застосовувати методи і засоби роботи з даними і знаннями, методи математичного, логіко-семантичного, об'єктного та імітаційного моделювання, технології системного і статичного аналізу (ПР 12).
5. Розуміти і застосовувати на практиці методи статичного моделювання і прогнозування, оцінювати вихідні дані (ПР 14).

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

Пререквізити: викладання навчальної дисципліни базується на знаннях і уміннях працювати з задачами оптимізації, математичними моделями, розв'язувати і досліджувати математичні рівняння і системи рівнянь; вміннях створювати програмні компоненти для імплементації відповідних процедур. Ці компетентності отримуються у результаті вивчення попередніх навчальних дисциплін, зокрема: «Методи оптимізації і дослідження операцій», «Математичний аналіз», «Дискретна математика», «Алгебра і геометрія», «Програмування та алгоритмічні мови».

Постреквізити: знання і уміння розв'язувати складні задачі оптимізації є необхідною навичкою для опанування деяких розділів дисципліни «Основи системного аналізу» та ряду вибіркових дисциплін, також можуть бути застосовані у дипломному проектуванні.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Генетичний алгоритм і його модифікації

Розділ 2. Метаевристичні методи, що базуються на популяціях розв'язків

Тема 2.1. Метод рою часток.

Тема 2.2. Імунний алгоритм.

Розділ 3. Метаевристичні методи оптимізації у комбінаторних задачах

Тема 3.1. Метод імітації відпалу.

Тема 3.2. Метод табу-пошуку.

Тема 3.3. Мурашиний алгоритм.

Розділ 4. Сучасні метаевристичні методи, основані на метафорах

Тема 4.1. Гармонійний пошук.

Тема 4.2. Метод гравітаційного пошуку.

Тема 4.3. Алгоритм змагання імперій.

Тема 4.4. Алгоритми з різними біологічними метафорами.

Тема 4.5. Алгоритм оптимізації спіральним пошуком.

Тема 4.6. Алгоритми з мікробіологічними метафорами.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Whitley, Darrell (1994). "A genetic algorithm tutorial". *Statistics and Computing*. 4 (2): 65–85.
2. Schmitt, Lothar M. (2001). "Theory of Genetic Algorithms". *Theoretical Computer Science*. 259 (1–2): 1–61.
3. Storn, R., Price, K. *Differential Evolution – A Simple and Efficient Heuristic for global Optimization over Continuous Spaces*. *Journal of Global Optimization* 11, 341–359 (1997).
4. Srinivas, N. & Deb, Kalyanmoy. (2000). *Multiobjective Function Optimization Using Nondominated Sorting Genetic Algorithms*.
5. Bonyadi, M. R.; Michalewicz, Z. (2017). "Particle swarm optimization for single objective continuous space problems: a review". *Evolutionary Computation*. 25 (1): 1–54.
6. Köster, M., Grauel, A., Klene, G., Convey, H. (2003). *A New Paradigm of Optimisation by Using Artificial Immune Reactions*. In: Palade, V., Howlett, R.J., Jain, L. (eds) *Knowledge-Based Intelligent Information*

and Engineering Systems. KES 2003. *Lecture Notes in Computer Science()*, vol 2773. Springer, Berlin, Heidelberg.

7. Kirkpatrick, S.; Gelatt Jr, C. D.; Vecchi, M. P. (1983). "Optimization by Simulated Annealing". *Science*. 220 (4598): 671–680.

8. Fred Glover (1989). "Tabu Search – Part 1". *ORSA Journal on Computing*. 1 (2): 190–206.

9. Dorigo, Gambardella, M, L.M. (1997). "Learning Approach to the Traveling Salesman Problem". *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*. 1 (1): 214.

Допоміжна література:

10. Sörensen, K. (2015), *Metaheuristics—the metaphor exposed*. *Intl. Trans. in Op. Res.*, 22: 3-18.

11. Černý, V. (1985). "Thermodynamical approach to the traveling salesman problem: An efficient simulation algorithm". *Journal of Optimization Theory and Applications*. 45: 41–51.

12. Fred Glover (1990). "Tabu Search – Part 2". *ORSA Journal on Computing*. 2 (1): 4–32.

13. Zong Woo Geem; Joong Hoon Kim; Loganathan, G.V. (2016). "A New Heuristic Optimization Algorithm: Harmony Search". *Simulation*. 76 (2): 60–8.

14. X. Z. Gao, V. Govindasamy, H. Xu, X. Wang, and K. Zenger (2015). "Harmony Search Method: Theory and Applications". *Computational Intelligence and Neuroscience*. 2015, 10 p.

15. Rashedi, Esmat; Nezamabadi-Pour, Hossein; Saryazdi, Saeid (2009). "GSA: A Gravitational Search Algorithm". *Information Sciences*. 179 (13): 2232.

16. Mittal, H., Tripathi, A., Pandey, A.C. et al. (2021). "Gravitational search algorithm: a comprehensive analysis of recent variants". *Multimedia Tools and Applications*. 80: 7581–7608.

17. Atashpaz-Gargari, E.; Lucas, C (2007). "Imperialist Competitive Algorithm: An algorithm for optimization inspired by imperialistic competition". *IEEE Congress on Evolutionary Computation*. Vol. 7. pp. 4661–4666.

18. Seyedmohsen Hosseini, Abdullah Al Khaled (2014). "A survey on the Imperialist Competitive Algorithm metaheuristic: Implementation in engineering domain and directions for future research". *Applied Soft Computing*. 24: 1078–1094.

19. Yang, Xin-She. (2010). *Nature-Inspired Metaheuristic Algorithms*.

20. Yang, X. S. (2010). "A New Metaheuristic Bat-Inspired Algorithm, in: *Nature Inspired Cooperative Strategies for Optimization (NISCO 2010)*". *Studies in Computational Intelligence*. 284: 65–74.

21. Parpinelli, Rafael & Lopes, Heitor. (2011). "New inspirations in swarm intelligence: A survey". *International Journal of Bio-Inspired Computation*. 3:1–16.

22. K. N. Krishnanand and D. Ghose. (2005). "Detection of multiple source locations using a glowworm metaphor with applications to collective robotics". *Proceedings 2005 IEEE Swarm Intelligence Symposium, 2005*, pp. 84-91.

23. Tamura, K.; Yasuda, K. (2011). "Spiral Dynamics Inspired Optimization". *Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics*. 132 (5): 1116–1121.

24. Tamura, K.; Yasuda, K. (2016). "Spiral Optimization Algorithm Using Periodic Descent Directions". *SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration*. 9 (3): 134–143.

25. Passino, Kevin. (2002). "Biomimicry of Bacterial Foraging for Distributed Optimization and Control". *IEEE Control Systems Magazine* 22(3), 52–67.

26. Shimin Li, Huiling Chen, Mingjing Wang, Ali Asghar Heidari, Seyedali Mirjalili (2020). "Slime mould algorithm: A new method for stochastic optimization". *Future Generation Computer Systems*. Volume 111: 300–323.

27. Moscato, P. (1989). "On Evolution, Search, Optimization, Genetic Algorithms and Martial Arts: Towards Memetic Algorithms". Caltech Concurrent Computation Program (report 826).

28. Moscato, P., Mathieson, L. (2019). "Memetic Algorithms for Business Analytics and Data Science: A Brief Survey". In: Moscato, P., de Vries, N. (eds) Business and Consumer Analytics: New Ideas.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

№	Назва теми лекції та перелік основних питань
1-2	<p>Поняття про метаявристичні алгоритми оптимізації.</p> <p>Поняття метаявристичних алгоритмів оптимізації. Відмінності у підходах між еволюційними і класичними методами оптимізації. Переваги і недоліки метаявристичних методів оптимізації. Особливості задач, для яких доцільне використання метаявристичних методів. Проблема глобальної оптимізації і балансу між пошуком і уточненням.</p> <p>Рекомендована література [1, 2, 3, 10].</p> <p>Завдання на СРС: Багатоекстремальні тестові функції.</p>
3-4	<p>Генетичний алгоритм.</p> <p>Ідея і розвиток генетичного алгоритму оптимізації. Елементи генетичного алгоритму. Типи кодувань для неперервного простору: двійкове, природне. Приклади функцій кросоверу і мутації. Оператори відбору. Параметри алгоритму і їх вплив на ефективність оптимізації.</p> <p>Рекомендована література: [1, 2, 3].</p> <p>Завдання на СРС: Підхід генетичного програмування.</p>
5	<p>Додаткові можливості генетичного алгоритму.</p> <p>Проблема генерації початкової популяції. Генерація початкових популяцій на основі послідовності Холтона. Застосування генетичного алгоритму в комбінаторних задачах. Застосування генетичного алгоритму для багатокритеріальної оптимізації.</p> <p>Рекомендована література: [3, 4].</p> <p>Завдання на СРС: Метод диференційованої еволюції як різновид генетичного алгоритму.</p>
6-7	<p>Метод рою часток.</p> <p>Оптимізація функції методом рою часток. Адаптивні варіанти методу. Варіації методу з різними топологіями рою. Алгоритми з подібними метафорами: метод колонії бджіл, метод зграї риб.</p> <p>Рекомендована література: [5].</p> <p>Завдання на СРС: Метод множинних роїв часток.</p>
8	<p>Імунний алгоритм.</p> <p>Ідея представлення точок як клітин, і екстремумів як антигенів. Підхід до оптимізації функцій на основі імунного алгоритму. Параметри алгоритму і їх вплив на ефективність оптимізації.</p> <p>Рекомендована література: [6].</p> <p>Завдання на СРС: Приклади використання імунного алгоритму у різних задачах.</p>

9	<p>Метод імітації відпалу.</p> <p>Випадкове блукання Монте-Карло. Метод оптимізації шляхом імітації відпалу. Ідея використання стрибків точки пошуку для подолання локальних екстремумів. Вплив графіку зниження температури на ефективність алгоритму. Термодинамічна імітація відпалювання.</p> <p>Рекомендована література: [7, 11].</p> <p>Завдання на СРС: Метод квантового відпалу.</p>
10	<p>Метод табу-пошуку.</p> <p>Метод оптимізації шляхом табу-пошуку. Ідея запобігання передчасного збігу до локального екстремуму шляхом списку заборон. Варіанти формування списку заборон. Функція прагнення. Короткострокова, середньострокова і довгострокова пам'ять в задачах оптимізації.</p> <p>Рекомендована література: [8, 12].</p> <p>Завдання на СРС: Модифікації алгоритму з використанням середньострокової і довгострокової пам'яті.</p>
11	<p>Мурашиний алгоритм.</p> <p>Ідея підходу штучних феромонів в задачах оптимізації. Використання мурашиного алгоритму в комбінаторних задачах. Метод мурашиної колонії і його відмінності від базового алгоритму.</p> <p>Рекомендована література: [9].</p> <p>Завдання на СРС: Паралельний алгоритм мурашиної колонії.</p>
12	<p>Гармонійний пошук.</p> <p>Використання гармонійного пошуку в задачах оптимізації. Ідея генерації нового рішення як поєднання всіх попередніх рішень у «гармонійній пам'яті». Параметри алгоритму і їх вплив на ефективність оптимізації. Доповнення і модифікації методу.</p> <p>Рекомендована література: [13, 14].</p> <p>Завдання на СРС: Приклади використання гармонійного пошуку у різних задачах.</p>
13	<p>Метод гравітаційного пошуку.</p> <p>Метафора центрів тяжіння як напрямків пошуку екстремуму. Формулювання методу гравітаційного пошуку в задачах оптимізації. Параметри алгоритму і їх вплив на ефективність оптимізації. «Розумний» гравітаційний пошук.</p> <p>Рекомендована література: [15, 16].</p> <p>Завдання на СРС: Багатокритеріальний гравітаційний пошук.</p>
14	<p>Алгоритм змагання імперій.</p> <p>Метафора імперій, що змагаються за колонії як процесу оптимізаційного пошуку. Алгоритм змагання імперій для пошуку екстремуму функції. Еволюційні оператори асиміляції, захоплення колоній.</p> <p>Рекомендована література: [17, 18].</p> <p>Завдання на СРС: Модифікації методу.</p>

15	<p>Алгоритми з різними біологічними метафорами. Алгоритми кажана, світлячка, рою світлячків.</p> <p>Використання алгоритму кажана для пошуку екстремуму функції. Метафора світимості як індикатора значення цільової функції. Алгоритм світлячка. Алгоритм рою світлячків.</p> <p>Рекомендована література: [19–22].</p> <p>Завдання на СРС: Приклади використання алгоритмів у різних задачах.</p>
16	<p>Алгоритм оптимізації спіральним пошуком.</p> <p>Застосування алгоритму спірального пошуку для задач оптимізації. Двовимірний і N-вимірний випадки. Модифікація спірального алгоритму з періодичними напрямками спуску. Стохастичний спіральний пошук. Адаптивний спіральний пошук.</p> <p>Рекомендована література: [23, 24].</p> <p>Завдання на СРС: Гібридизація спірального пошуку з іншими еволюційними алгоритмами.</p>
17	<p>Алгоритми з мікробіологічними метафорами.</p> <p>Алгоритм бактеріального збирання. Еволюційні оператори хемотаксису, репродукції, очищення і поширення. Модифікація алгоритму на основі міжклітинної взаємодії. Алгоритм слизової цвілі.</p> <p>Рекомендована література: [25, 26].</p> <p>Завдання на СРС: Приклади використання алгоритмів у різних задачах.</p>
18	<p>Меметичні алгоритми як розширення еволюційних методів.</p> <p>Підхід до поліпшення якості еволюційних алгоритмів і запобігання передчасному збігу за рахунок меметичних алгоритмів. Ідея навчання агентів у процесі пошуку екстремуму. Перше і друге покоління меметичних алгоритмів.</p> <p>Рекомендована література: [27, 28].</p> <p>Завдання на СРС: Використання меметичних алгоритмів у різних задачах.</p>

Практичні заняття

№	Тема практичного заняття
1	Застосування генетичного алгоритму в задачах однокритеріальної оптимізації.
2	Застосування генетичного алгоритму в задачах багатокритеріальної оптимізації.
3	Застосування методів рою часток, імунного алгоритму в задачах оптимізації.
4	Застосування методів імітації відпалу, табу-пошуку, мурашиного алгоритму в комбінаторних задачах оптимізації.
5	Застосування методів гармонійного пошуку, гравітаційного пошуку в задачах оптимізації.
6	Застосування алгоритмів змагання імперій, кажана в задачах оптимізації.
7	Застосування алгоритмів світлячка, рою світлячків в задачах оптимізації.
8	Застосування алгоритмів спірального пошуку, бактеріального збирання, слизової цвілі в задачах оптимізації.
9	Залік

6. Самостійна робота здобувача вищої освіти

Самостійна робота студента складається з опрацювання тем, винесених на самостійне вивчення в п. 5, а також виконання індивідуального завдання – імплементації і дослідження еволюційних алгоритмів оптимізації в задачах однокритеріальної і багатокритеріальної оптимізації.

Результати побудови і аналізу моделі оформлюються у вигляді звітів, що відповідають трьом практичним роботам.

№	Назва комп'ютерного практикуму
1	Дослідження генетичного алгоритму в задачах однокритеріальної оптимізації.
2	Дослідження генетичного алгоритму в задачах багатокритеріальної оптимізації.
3	Дослідження еволюційних методів в задачах однокритеріальної оптимізації.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які ставляться перед студентом:

- при написанні екзамену забороняється використання засобів зв'язку для пошуку інформації в Інтернеті;
- на заняттях бажано відключати телефони;
- роботи мають бути виконані з дотриманням академічної доброчесності.

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

Поточний контроль: виконання комп'ютерних практикумів (3 роботи), модульної контрольної роботи.

Критерії нарахування балів за комп'ютерні практикуми (КП):

– за умови правильно оформленого звіту з бездоганним виконанням завдання КП – 30 балів (КП1), 25 балів (КП2, КП3);

– за наявності зауважень в процедурі виконання КП – 24–29 балів (КП1), 20–24 бали (КП2, КП3);

– за наявності серйозних зауважень в процедурі виконання КП, неповного або неточного виконання КП – 18–23 бали (КП1), 15–19 балів (КП2, КП3).

За кожний тиждень запізнення з поданням роботи на перевірку нараховується штрафний –1 бал, але підсумкова оцінка за прийняту роботу не може бути менше 18 балів (КП1), 15 балів (КП2, КП3).

Максимальна кількість балів за всі КП кредитного модулю дорівнює: $30 + 25 \cdot 2 = 80$ балів.

Модульна контрольна робота (МКР) проводиться у тестовій формі і складається з набору тестових питань практичного характеру.

Максимальна кількість балів за МКР дорівнює 20 балів.

Календарний контроль: Умовою успішного проходження першого календарного контролю є виконання комп'ютерного практикуму №1. Умовою успішного проходження другого календарного контролю є виконання комп'ютерних практикумів №1 і №2.

Семестровий контроль: залік

Умови допуску до семестрового контролю: Умовою допуску до заліку є зарахування всіх комп'ютерних практикумів та стартовий рейтинг не менше 50 балів.

Сума рейтингових балів, отриманих студентом протягом семестру, переводиться до підсумкової оцінки згідно з таблицею. Якщо сума балів менш ніж 60, то студент виконує залікову контрольну роботу. Студент не допущений до заліку, якщо не виконані умови допуску: комп'ютерні практикуми не зараховано, або рейтинг менший 50 балів. Залікова контрольна робота оцінюється у 100 балів, при цьому бали, набрані за семестр, ігноруються.

Студент, який у семестрі отримав не менш ніж 60 балів, може взяти участь у заліковій контрольній роботі. У цьому разі, бали отримані ним на заліковій контрольній роботі є остаточними.

Залікова контрольна робота складається з трьох питань, що відповідають кожному з виконаних комп'ютерних практикумів, і за потреби додаткових теоретичних питань. Оцінювання відповіді:

- студент бездоганно орієнтується в матеріалі комп'ютерних практикумів, правильно відповідає на додаткові питання: 95–100 балів;
- студент добре орієнтується в матеріалі комп'ютерних практикумів, правильно відповідає на додаткові питання з несуттєвими неточностями: 85–94 бали;
- студент добре орієнтується в матеріалі комп'ютерних практикумів, частково правильно відповідає на додаткові питання, або не може відповісти на окремі додаткові питання: 75–84 бали;
- студент в цілому орієнтується в матеріалі комп'ютерних практикумів, але з певними неточностями або помилками, частково правильно відповідає на додаткові питання, або не може відповісти на окремі додаткові питання: 65–74 бали;
- студент в цілому орієнтується в матеріалі комп'ютерних практикумів, але з суттєвими неточностями або помилками, не відповідає на більшість додаткових питань, але може відповісти на прості додаткові питання: 60–64 бали;
- студент не орієнтується в матеріалі комп'ютерних практикумів (менше 60% потрібної інформації), не може відповісти на додаткові питання: 0–59 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
Не виконані умови допуску	Не допущено

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцент ММСА, к.т.н. Савченко Ілля Олександрович

Ухвалено кафедрою ММСА (протокол № 13 від 05.06.2024)

Погоджено Методичною комісією НН ІПСА (протокол № 10 від 24.06.2024)