

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Факультет прикладної математики та інформатики
Кафедра теорії оптимальних процесів

Затверджено

На засіданні
кафедри теорії оптимальних процесів
факультету прикладної математики та
інформатики Львівського національного
університету імені Івана Франка
(протокол № 1 від 18 серпня 2025 р.)

Завідувач кафедри:




_____ Степан Шахно

Силабус з навчальної дисципліни
“Недиференційована оптимізація”,
що викладається в межах ОПП
“Системний аналіз і управління. Інтелектуальний аналіз даних”
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти для здобувачів
зі спеціальності 124 – системний аналіз

| | |
|--|--|
| Назва дисципліни | Недиференційована оптимізація |
| Адреса викладання дисципліни | Головний корпус ЛНУ ім. І. Франка м. Львів, вул. Університетська 1 |
| Факультет та кафедра, за якою акріплена дисципліна | Факультет прикладної математики та інформатики, кафедра теорії оптимальних процесів |
| Галузь знань, шифр та назва спеціальності | 12 – інформаційні технології 124 – системний аналіз |
| Викладачі дисципліни | Демидюк Мирослав Васильович, д.т.н., професор кафедри теорії оптимальних процесів |
| Контактна інформація викладачів | myroslav.demydyuk@lnu.edu.ua , https://ami.lnu.edu.ua/employee/demydiuk-myroslav-vasylovych , Головний корпус ЛНУ ім. І. Франка, каб. 269, вул. Університетська, 1, м. Львів |
| Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються | Консультації в день проведення лекцій/лабораторних занять (за попередньою |
| Сторінка курсу | https://ami.lnu.edu.ua/course/nydyferentsiyovana-optymizatsiia-systemnyy-analiz |
| Інформація про дисципліну | Дисципліна “Недиференційована оптимізація” є дисципліною вільного вибору зі спеціальності “124 – системний аналіз” для освітньої програми “Системний аналіз і управління. Інтелектуальний аналіз даних”, яка викладається в 6-му семестрі в обсязі 5 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною системою ECTS). |
| Коротка анотація дисципліни | Курс розроблено для ознайомлення студентів з основними принципами, методами та алгоритмами недиференційованої оптимізації як важливого інструменту в інженерному проектуванні, а також у багатьох інших галузях науки та техніки. У курсі подано застосування методів мінімізації до недиференційованих функцій багатьох змінних. Основну частину курсу займає розгляд теоретичних та практичних аспектів методів та їх алгоритмічна реалізація. |
| Мета та цілі дисципліни | Метою вивчення дисципліни “Недиференційована оптимізація” є освоєння студентами теоретичних та практичних основ методів мінімізації недиференційованих функцій (багатьох змінних) та їх алгоритмічна реалізація. Ціль дисципліни – вироблення у студентів таких навичок: – параметричний аналіз задачі мінімізації недиференційованої функції; – вибір алгоритму мінімізації; – програмна реалізація алгоритму; – аналіз результатів мінімізації. |

| | |
|--|---|
| <p>Література для вивчення дисципліни</p> | <p>Основна література:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Бартіш М.Я. Методи оптимізації. Теорія і алгоритми. – Львів: Вид. центр ЛНУ імені Івана Франка, 2006. – 231 с. 2. Бартіш М.Я., Дудзяний І.М. Дослідження операцій. Частина 4. Нелінійне програмування. – Львів: Вид. центр ЛНУ імені Івана Франка, 2011. – 208 с. 3. Бейко І.В., Зінько П.М., Наконечний О.Г. Задачі, методи і алгоритми оптимізації: Навч. посібник. – Рівне: НУВГП, 2011. – 624с. 4. Жалдак М.І., Триус Ю.В. Основи теорії і методів оптимізації: Навч. посібник. – Черкаси: Брама-Україна, 2005. – 608 с. 5. Кісельова О.М., Шевельова А.Є. Чисельні методи оптимізації: Навч. посібник. – Дніпропетровськ: Вид-во ДНУ, 2008. – 208 с. 6. Мовчан А.П., Степанець О.В. Методи статичної оптимізації. Навч. посібник. – Київ: НТУУ «КПІ», 2012. – 138 с. 7. Нефьодов Ю.М., Балицька Т.Ю. Методи оптимізації в прикладах і задачах: Навч. посібник. – Київ: Кондор, 2011. – 324 с. 8. Шор Н.З. Методы минимизации недифференцируемых функций и их приложения. – Киев: Наукова думка, 1979. – 201с. <p>Допоміжна література:</p> <ol style="list-style-type: none"> 9. Ладогубець Т.С., Фіногенов О.Д. Методи оптимізації без використання похідних: практикум з дисципліни «Дослідження операцій» [Електронний ресурс]: Навч. посібник для студ. спец. 113 «Прикладна математика». – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 45 с. |
| <p>Обсяг курсу</p> | <p>Загальний обсяг – 150 год. Обсяг аудиторних занять – 64 год., з них 32 год. лекцій та 32 год. лабораторних робіт. Обсяг самостійної роботи – 86 год.</p> |
| <p>Очікувані результати навчання</p> | <p>Після завершення цього курсу студент буде знати:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ітераційні методи оптимізації нульового порядку; - теорію узагальненого градієнта; - алгоритми оптимізації з використання субградієнта; <p>вміти:</p> <ul style="list-style-type: none"> - будувати алгоритми мінімізації функції, які не потребують використання похідних; - обчислювати узагальнений градієнт недиференційованої функції; - програмно реалізувати алгоритми оптимізації нульового порядку. <p>Курс забезпечує набуття таких компетентностей та програмних результатів навчання:</p> <p>а) загальні компетентності (ЗК) і спеціальні (фахові, предметні) компетентності (СК):</p> <p>ЗК1 – здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;</p> <p>ЗК3 – здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;</p> <p>СК1 – здатність інтегрувати знання та здійснювати системні дослідження, застосовувати методи математичного та інформаційного моделювання складних систем та процесів різної природи;</p> <p>СК8 – здатність розробляти і реалізовувати наукові та прикладні проекти в галузі інформаційних технологій та дотичні до неї міждисциплінарні проекти;</p> <p>СК10 – здатність до самоосвіти та професійного розвитку.</p> |

| | <p>б) результати навчання (РН):</p> <p>РН1 – спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки у сфері системного аналізу та інформаційних технологій і є основою для оригінального мислення та проведення досліджень;</p> <p>РН10 – зрозуміло і недвозначно доносити власні знання, висновки та аргументацію до фахівців і нефахівців, зокрема до осіб, які навчаються;</p> <p>РН11 – вільно презентувати та обговорювати усно і письмово результати досліджень та інновацій, інші питання професійної діяльності державною та англійською мовами.</p> <p>РН12 – застосовувати, модифікувати і досліджувати чисельні методи для розв'язування прикладних нелінійних задач.</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---------------------------------|----------------|-------------------------------|--|--|---------------------------------|--|-------|---|--------|---|----------|------------|---|-------|---|------------|---|-------|-------|---|-------|---|------------|---|-------|-----------|----|-------|---|--------------|---------------|
| Ключові слова | Оптимізація недиференційованої функції, ітераційний процес оптимізації, алгоритми оптимізації нульового порядку, спряжені напрямки, опуклі функції, субградієнт. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Формат курсу | Очний (необхідне обладнання – ноутбук та мультимедійний проектор). | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Теми | Подано нижче у таблиці Схема курсу «Недиференційована оптимізація» | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Підсумковий контроль | Залік у кінці семестру, форма проведення – письмова відповідь на питання в білеті. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Пререквізити | Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з таких дисциплін: математичного аналізу; методів оптимізації; чисельних методів; програмування, достатніх для сприйняття категоріального апарату методів мінімізації недиференційованих функцій. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Навчальні методи | Лекції та лабораторні роботи, виконання індивідуальних завдань. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Необхідне обладнання | Комп'ютер з операційною системою Microsoft Windows 10 та офісними пакетами MS Office 365, доступ до мережі Internet. Для виконання індивідуальних завдань необхідне програмне забезпечення (на вибір студента): MATLAB, Visual Studio Community 2022 (C#), JetBrains PyCharm (Python 3.12). | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності) | <p>Оцінювання проводиться за 100-бальною шкалою:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Оцінка ЄКТС</th> <th rowspan="2">Оцінка в балах</th> <th colspan="3">Оцінка за національною шкалою</th> </tr> <tr> <th colspan="2">Екзамен, диференційований залік</th> <th>Залік</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>90-100</td> <td>5</td> <td>відмінно</td> <td rowspan="4">зараховано</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>81-89</td> <td rowspan="2">4</td> <td>дуже добре</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>71-80</td> <td>добре</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>61-70</td> <td rowspan="2">3</td> <td>задовільно</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td>51-60</td> <td>достатньо</td> </tr> <tr> <td>FX</td> <td>21-50</td> <td>2</td> <td>незадовільно</td> <td>не зараховано</td> </tr> </tbody> </table> | Оцінка ЄКТС | Оцінка в балах | Оцінка за національною шкалою | | | Екзамен, диференційований залік | | Залік | A | 90-100 | 5 | відмінно | зараховано | B | 81-89 | 4 | дуже добре | C | 71-80 | добре | D | 61-70 | 3 | задовільно | E | 51-60 | достатньо | FX | 21-50 | 2 | незадовільно | не зараховано |
| Оцінка ЄКТС | Оцінка в балах | | | Оцінка за національною шкалою | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Екзамен, диференційований залік | | Залік | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | 90-100 | 5 | відмінно | зараховано | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| B | 81-89 | 4 | дуже добре | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| C | 71-80 | | добре | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| D | 61-70 | 3 | задовільно | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| E | 51-60 | | достатньо | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| FX | 21-50 | 2 | незадовільно | не зараховано | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | |
|---|------|---|--|---|
| F | 0-20 | 2 | незадовільно (без права перездачі) | не зараховано (без права перездачі) |
|---|------|---|--|---|

Впродовж семестру студент може отримати 100 балів, з яких:

- **за роботу на лабораторних заняттях:** максимальна кількість – 50 балів, які можна отримати за виконання п'яти індивідуальних завдань (по 10 балів за кожне завдання). Для кожного завдання встановлено терміни здачі. Роботи, які здаються із порушенням цих термінів без поважних причин, оцінюються на нижчу кількість балів (за кожний додатковий день на 1 бал менше);
- **залік:** максимальна кількість – 50 балів, письмова відповідь на п'ять питань по 10 балів кожне.

Індивідуальні роботи: протягом семестру кожен студент виконує п'ять індивідуальних завдань (з відповідним захистом). Кожне індивідуальне завдання полягає в програмній реалізації відповідного методу мінімізації функцій багатьох змінних. Під час захисту завдання студент демонструє (коментує) роботу розробленої комп'ютерної програми для різних тестових функцій.

Критерії оцінювання індивідуальних завдань (10 балів)

| бали | критерії оцінювання |
|-----------|--|
| 10 балів | студент повністю виконав умови завдання, правильно коментує структуру розробленої програми та правильно відповідає на всі запитання, пов'язані з тематикою завдання; |
| 8-9 балів | студент повністю виконав умови завдання, на деякі запитання, пов'язані з тематикою завдання, відповідає з незначними неточностями; |
| 6-7 балів | студент виконав завдання з незначними помилками, але самостійно їх виправляє, якщо на них вкаже викладач, на деякі запитання, пов'язані з тематикою завдання, відповідає з неточностями; |
| 4-5 бали | студент виконав завдання частково, побудовану комп'ютерну програму коментує з певними неточностями, на запитання відповідає з помилками; |
| 2-3 бали | студент виконав завдання частково, алгоритм та побудовану програму описує з помилками, переважно не відповідає на запитання; |
| 1 бал | студент виконав завдання частково з грубими помилками, які самостійно не може виправити, демонструє незнання матеріалу; |
| 0 балів | завдання не виконано. |

Критерії оцінювання питань заліку (всього 5 питань)

| бали | критерії оцінювання |
|-----------|---|
| 10 балів | відповідь правильна; |
| 8-9 балів | відповідь в цілому правильна, але містить окремі незначні неточності; |
| 6-7 балів | відповідь частково правильна, містить певні неточності; |
| 4-5 бали | відповідь містить окремі помилки принципового характеру; |

| | |
|----------|-----------------------------------|
| 2-3 бали | відповідь містить значні помилки; |
| 1 бал | відповідь з грубими помилками; |
| 0 балів | студент не відповів на питання. |

Політика виставлення балів. Враховуються бали набрані за контрольні роботи, індивідуальні завдання та бали підсумкового тестування (залік). При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час лабораторних занять.

Не допускається: пропуск та запізнення на заняття; користування мобільним телефоном чи ноутбуком під час заняття в цілях, не пов'язаних з навчанням; списування та плагіат.

Відвідування занять: очікується, що всі студенти відвідають усі лекційні та лабораторні заняття. У разі, коли студент не може бути (з поважних причин) присутнім на занятті, він повинен повідомити викладача.

Академічна доброчесність: очікується, що роботи студентів будуть їх оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, списування, втручання в роботу інших студентів становлять (але не обмежують) приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності під час виконання індивідуальних завдань студентами є підставою для її не зарахування. Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.

Література: вивчення дисципліни студентами передбачає вміння використовувати різні інформаційні ресурси, в тому числі: підручники, навчальні посібники, конспекти лекцій, наукові статті, Internet джерела. Уся література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем виключно в освітніх цілях без права її передачі третім особам.

Питання до заліку

1. Задача мінімізації функції багатьох змінних, локальний та глобальний мінімум, поверхні постійного значення функції, недиференційовані функції.
2. Чисельний ітераційний процес мінімізації функцій, його збіжність та швидкість збіжності, критерії завершення ітераційного процесу.
3. Метод циклічного покоординатного спуску мінімізації функцій багатьох змінних.
4. Метод Хука - Дживса (метод конфігурацій) мінімізації функцій.
5. Метод Розенброка для мінімізації функцій.
6. Методи пошуку по симплексу, простий симплекс у задачі мінімізації функцій.
7. Метод деформованого симплекса (метод Нелдера - Міда).
8. Метод спряжених напрямків (метод Пауелла) у задачі мінімізації.
9. Адаптивні методи випадкового пошуку мінімуму функцій: алгоритм прямої вибірки, алгоритм групової вибірки зі зменшенням інтервалу.
10. Метод випадкового пошуку, що повторюється (для мінімізації функцій).
11. Метод локальних варіацій у задачі мінімізації функцій багатьох змінних.
12. Опуклі функції та їх основні властивості.
13. Субградієнт і субдиференціал опуклої функції та їх властивості.
14. Методи узагальненого градієнтного спуску: алгоритми вибору покрокового множника.
15. Узагальнений градієнтний спуск з розтягом простору в напрямку субградієнта.
16. R-алгоритм Шора мінімізації недиференційованих функцій.
17. Метод відтинання з розтягом простору (метод еліпсоїдів) для мінімізації

| | |
|-------------------|--|
| | функцій. |
| Опитування | Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенні курсу. |

Схема курсу “Недиференційована оптимізація”

| Тиж-день | Тема, план, короткі тези | Форма заняття | Літера-тура | Завдання, год. | Термін викона-ння |
|----------|---|-----------------------------|---------------------|---|--------------------------|
| 1 | Тема 1. Вступ до навчальної дисципліни “Недиференційована оптимізація”. Задача мінімізації функції багатьох змінних, локальний та глобальний мінімум, поверхні постійного значення функції, недиференційовані функції. | лекція (2 год.) | [1–3] | Опрацювання лекційного матеріалу (2 год.) | 1 тиждень |
| | Чисельний ітераційний процес мінімізації функцій, його збіжність та швидкість збіжності, критерії завершення ітераційного процесу. | лаб. заняття (2 год.) | [3–5] | Опрацювання матеріалу лаб. заняття (2 год.) | 1 тиждень |
| 2 | Тема 2. Метод циклічного покоординатного спуску. Модифікація Хука-Дживса (метод конфігурацій). | лекція (2 год.) | [3, 5] | Опрацювання лекційного матеріалу (2 год.) | 1 тиждень |
| | Розв’язування задачі мінімізації функції двох змінних методом Хука-Дживса, графічна інтерпретація алгоритму мінімізації, побудова структурної схеми відповідної програми. <i>Індивідуальне завдання №1: програмно реалізувати метод Хука-Дживса.</i> | лаб. заняття (2 год.) | [3, 7] [5] | Розв’язування задач (2 год) Виконання завдання №1 (4 год.) | 1 тиждень 2 тижні |
| 3 | Тема 3. Метод Розенброка мінімізації функцій багатьох змінних. | лекція (2 год.) | [3–6] | Опрацювання лекційного матеріалу (2 год.) | 1 тиждень |
| | Алгоритм ортогоналізації Грама-Шмідта, приклади. <i>Індивідуальне завдання №2: програмно реалізувати метод Розенброка.</i> | лаб. заняття (2 год.) | [1, 5] [3–7] | Розв’язування задач (2 год) Виконання завдання №1 (5 год.) | 1 тиждень 2 тижні |
| 4 | Тема 4. Метод спряжених напрямків (метод Пауелла) мінімізації функцій багатьох змінних. | лекція (2 год.) | [3, 5] | Опрацювання лекційного матеріалу (2 год.) | 1 тиждень |
| | <i>Здача індивідуального завдання №1.</i> | лаб. заняття (2 год.) | | Демонстрація роботи програми. | під час заняття |

| | | | | | |
|-----------|---|-----------------------|-----------|---|-----------------|
| | <i>Індивідуальне завдання №3: програмно реалізувати метод Пауелла.</i> | | [3, 5] | Виконання завдання №3 (5 год.) | 2 тижні |
| 5 | Тема 5. Методи пошуку по симплексу в задачі мінімізації функцій, простий симплекс, алгоритм побудови простого симплексу. | лекція (2 год.) | [5–7] | Опрацювання лекційного матеріалу (2 год.) | 1 тиждень |
| | <i>Здача індивідуального завдання №2.</i> | лаб. заняття (2 год.) | | Демонстрація роботи програми | під час заняття |
| 6 | Тема 6. Метод деформованого симплекса (метод Нелдера - Міда) мінімізації функцій багатьох змінних. | лекція (2 год.) | [3, 5, 9] | Опрацювання лекційного матеріалу (2 год.) | 1 тиждень |
| | Алгоритм побудови деформованого симплекса для функції двох змінних, побудова структурної схеми відповідної програми. | лаб. заняття (2 год.) | [3, 5] | Розв'язування задач (2 год.) | 1 тиждень |
| | <i>Індивідуальне завдання №4: програмно реалізувати метод деформованого симплекса.</i> | | [9] | Виконання завдання №1 (4 год.) | 2 тижні |
| 7 | Тема 7. Адаптивні методи випадкового пошуку мінімуму функцій багатьох змінних: алгоритм прямої вибірки, алгоритм групової вибірки зі зменшенням інтервалу. | лекція (2 год.) | [3, 5, 9] | Опрацювання лекційного матеріалу (2 год.) | 1 тиждень |
| | Числове розв'язання задачі мінімізації функцій двох змінних методом випадкового пошуку, генератори випадкових чисел. | лаб. заняття (2 год.) | [7, 9] | Опрацювання матеріалу лаб. заняття (2 год.) | 1 тиждень |
| 8 | Тема 8. Метод випадкового пошуку, що повторюється. | лекція (2 год.) | [3, 9] | Опрацювання лекційного матеріалу (2 год.) | 1 тиждень |
| | <i>Здача індивідуального завдання №3.</i> | лаб. заняття (2 год.) | | Демонстрація роботи програми | під час заняття |
| 9 | Тема 9. Метод локальних варіацій. | лекція (2 год.) | [3, 4, 5] | Опрацювання лекційного матеріалу (2 год.) | 1 тиждень |
| | <i>Здача індивідуального завдання №4.</i> | лаб. заняття (2 год.) | | Демонстрація роботи програми | під час заняття |
| 10 | Тема 10. Елементи опуклого аналізу, опуклі функції та їх основні властивості. | лекція (2 год.) | [1, 2, 5] | Опрацювання лекційного матеріалу (2 год.) | 1 тиждень |
| | Розв'язування задач на дослідження опук- | лаб. | [7] | Розв'язування | 1 |

| | | | | | |
|-----------|--|-----------------------------|----------------------------|---|--------------------------|
| | лості функцій. | заняття (2 год.) | | задач (2 год.) | тиждень |
| 11 | Тема 11. Субградієнт і субдиференціал опуклої функції та їх властивості. | лекція (2 год.) | [3–5, 8, 9] | Опрацювання лекційного матеріалу (3 год.) | 1 тиждень |
| | Приклади побудови субградієнтів для окремих класів недиференційованих функцій. | лаб. заняття (2 год.) | [5, 7] | Опрацювання матеріалу лаб. заняття (3 год.) | 1 тиждень |
| 12 | Тема 12. Методи узагальненого градієнтного спуску для мінімізації недиференційованої функції багатьох змінних. | лекція (2 год.) | [3, 5, 8] | Опрацювання лекційного матеріалу (3 год.) | 1 тиждень |
| | Алгоритм узагальненого градієнтного спуску та побудова відповідної структурно-функціональної схеми програми. <i>Індивідуальне завдання №5: програмно реалізувати метод узагальненого градієнтного спуску.</i> | лаб. заняття (2 год.) | [3, 8, 9] [3, 8, 9] | Розв'язування задач (3 год) Виконання завдання №5 (6 год.) | 1 тиждень 2 тижні |
| 13 | Тема 13. Алгоритми вибору покрокового множника у методі узагальненого градієнтного спуску. | лекція (2 год.) | [5, 8, 9] | Опрацювання лекційного матеріалу (3 год.) | 1 тиждень |
| | Чисельне дослідження задачі мінімізації недиференційованої функції (однієї змінної) з використанням алгоритму узагальненого градієнтного спуску. | лаб. заняття (2 год.) | [7, 8] | Розв'язування задач (3 год) | 1 тиждень |
| 14 | Тема 14. Узагальнений градієнтний спуск з розтягом простору в напрямку субградієнта. | лекція (2 год.) | [5] | Опрацювання лекційного матеріалу (3 год.) | 1 тиждень |
| | <i>Задача індивідуального завдання №5</i> | лаб. заняття (2 год.) | | Демонстрація роботи програми | під час заняття |
| 15 | Тема 15. R-алгоритм Шора мінімізації недиференційованих функцій. | лекція (2 год.) | [5, 8] | Опрацювання лекційного матеріалу (3 год.) | 1 тиждень |
| | Розв'язання задачі мінімізації недиференційованої функції однієї змінної з допомогою R-алгоритму Шора. | лаб. заняття (2 год.) | [7, 8] | Опрацювання матеріалу лаб. заняття (3 год.) | 1 тиждень |
| 16 | Тема 16. Метод відтинання з розтягом простору (метод еліпсоїдів). | лекція (2 год.) | [5] | Опрацювання лекційного матеріалу (3 год.) | 1 тиждень |

| | | | | | |
|--|------------------------------------|-----------------------------|--|--|--------------------|
| | <i>Залікова контрольна робота.</i> | лаб. заняття (2 год.) | | | під час заняття |
|--|------------------------------------|-----------------------------|--|--|--------------------|