

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Декан ФІТ Тетяна ГОВОРУЩЕНКО
 5 09 2024 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
Методи оптимізації в наукових дослідженнях та експериментах

Галузь знань 12 Інформаційні технології
 (шифр) (назва)

Спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія очна денна форма здобуття освіти
 (шифр) (назва)

Освітня програма Комп'ютерна інженерія

Шифр дисципліни ОСП.06

Статус дисципліни: обов'язкова
 (назва)

Факультет інформаційних технологій

Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

| Форма здобуття освіти | Курс | Семестр | Загальне навантаження | | Кількість годин | | | | | | Курсовий проект | Курсова робота | Форма семестрового контролю | |
|-----------------------|------|---------|-----------------------|--------|-------------------|--------|--------------------|-------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|----------------|-----------------------------|-------|
| | | | Кредити ЄКТС | Години | Аудиторні заняття | | | | Індивідуальна робота студента | Самостійна робота, в т.ч. ІРС | | | Залік | Іспит |
| | | | | | Разом | Лекції | Лабораторні роботи | Практичні заняття | | | | | | |
| ОД | 1 | 1 | 4 | 120 | 51 | 17 | 17 | 17 | | 69 | | | + | |

Робоча програма складена згідно стандарту вищої освіти зі спеціальності 123 комп'ютерна інженерія для третього рівня вищої освіти, освітньо-наукової програми та навчального плану

Програма складена Олег САВЕНКО.
 Підпис Ініціали, прізвище викладача(ів)

Схвалена на засіданні кафедри комп'ютерної інженерії та інформаційних систем
 Протокол № 2 від 30 08 2024 р.

Зав. кафедри комп'ютерної інженерії та інформаційних систем Ірина ЗАСОРНОВА
 Підпис Ім'я, прізвище

Робоча програма розглянута та схвалена Вченою радою факультету інформаційних технологій

Протокол № 1 від 05 09 2024 р.

Голова Вченої ради Тетяна ГОВОРУЩЕНКО
 Підпис Ім'я, прізвище

Хмельницький 2024

ВСТУП

Мета викладання дисципліни. Дисципліна "*Методи оптимізації в наукових дослідженнях та експериментах*" є дисципліною з циклу поглибленої професійної підготовки в галузі інформаційних технологій.

Метою дисципліни є: 1) ознайомити студентів з методами оптимізації в наукових дослідженнях і експериментах; 2) надати глибокі знання методів оптимізації, які необхідні для подальшої наукової та професійної діяльності; 3) ознайомити студентів з теоретичною базою, що використовується при розв'язуванні наукових задач; 4) виробити у студентів вміння використовувати набуті знання; 5) навчити здійснювати планування та постановку експерименту і обробку його результатів; 6) підготувати студентів до провадження дослідницької та/або інноваційної діяльності в галузі інформаційних технологій; 7) ознайомити студентів з основами академічної доброчесності при застосуванні методів оптимізації.

Предмет дисципліни. Методи оптимізації в наукових дослідженнях і експериментах.

Завдання дисципліни. Надати студентам знання і практичні навички із застосування методів оптимізації в наукових дослідженнях і експериментах, які необхідні для подальшої наукової та професійної діяльності.

Після вивчення дисципліни "*Методи оптимізації в наукових дослідженнях та експериментах*" студент має досягти таких результатів навчання (сукупність знань, умінь, навичок, компетентностей):

Інтегральна. Здатність продукувати нові ідеї, розв'язувати комплексні проблеми в галузі професійної та/або дослідницько-інноваційної діяльності у сфері комп'ютерної інженерії та комп'ютерних технологій, застосовувати методологію наукової та педагогічної діяльності, а також проводити власне наукове дослідження, результати якого мають наукову новизну, теоретичне та практичне значення.

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу.

ЗК4. Здатність розв'язувати комплексні проблеми у сфері комп'ютерної інженерії на основі системного наукового світогляду та загального культурного кругозору із дотриманням принципів професійної етики та академічної доброчесності.

ЗК5. Здатність набуття універсальних навичок дослідника, зокрема, усної чи письмової презентації власного наукового дослідження українською та англійською мовами, пошуку та критичного аналізу інформації, управління науковими проєктами та/або складання пропозицій щодо фінансування наукових досліджень, реєстрації прав інтелектуальної власності, здатність творчо і креативно мислити.

ЗК6. Здатність працювати як індивідуально, так і в команді.

ФК5. Здатність ефективно застосовувати методи аналізу, математичне моделювання, виконувати натурні та обчислювальні експерименти при проведенні наукових досліджень у сфері комп'ютерної інженерії. ФК6. Здатність інтегрувати знання з різних галузей, застосовувати системний підхід та враховувати нетехнічні аспекти при розв'язанні інженерних задач та проведенні досліджень.

ФК7. Здатність генерувати нові ідеї щодо розвитку теорії та практики комп'ютерної інженерії, виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень.

ФК8. Здатність аргументувати вибір методу розв'язання наукової задачі, критично оцінювати отримані результати та захищати прийняті рішення.

ФК9. Здатність використовувати методи фундаментальних і прикладних дисциплін для опрацювання, аналізу й синтезу результатів досліджень.

ПРН1. Мати передові концептуальні та методологічні знання з комп'ютерної інженерії і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з комп'ютерної інженерії, ІТ-інфраструктур та інформаційних технологій, отримання нових знань та/або здійснення інновацій.

ПРН2. Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з комп'ютерної інженерії та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасних інструментів та дотриманням норм професійної і академічної етики, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблем.

ПРН3. Глибоко розуміти загальні принципи та методи комп'ютерної інженерії а також методологію наукових досліджень, застосувати їх у власних дослідженнях у сфері інформаційних технологій та у викладацькій практиці.

ПРН5. Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні літературні данні.

знати:

- об'єкт (методи оптимізації в наукових дослідженнях і експериментах в галузі ІТ), предмет, задачі, проблематику дисципліни та її основні розділи;
- базові поняття й визначення, використовувані при оптимізації в наукових дослідженнях і експериментах в галузі інформаційних технологій;
- роль та значення методів оптимізації, їх особливості застосування та вплив на дослідницьку складову в ІТ проєктах та наукових проєктах;

уміти:

- роз'язувати наукові задачі із застосуванням різних методів оптимізації;
- здійснювати планування дослідницького експерименту та обробку його результатів;
- визначати, аналізувати проблематику наукових задач в галузі ІТ та застосовувати відповідні методи оптимізації;
- здійснювати постановку наукових задач та підготовку вхідних даних для відповідних методів оптимізації;
- обґрунтовувати вибір методології застосування методів оптимізації в дослідницьких проєктах;
- оцінювати, порівнювати та обирати методи оптимізації, необхідні для розв'язування наукових задач;
- критично аналізувати, оцінювати, порівнювати та аргументовано доводити вибір і застосування відповідних методів оптимізації;
- застосовувати існуючі спеціалізовані програмні засоби та розробляти власні програмні засоби для автоматизації отримання результатів застосовуваними методами оптимізації та обробки результатів експериментів;
- підвищувати професійний рівень шляхом опрацювання сучасних англійських джерел предметної галузі;
- адаптуватися до нових умов, самостійно приймати рішення;
- розробляти моделі проблемних задач наукових досліджень та експериментів і знаходити розв'язки поставлених наукових задач використовуючи методи пошуку та прийняття оптимальних рішень;

бути здатним:

- виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру в сфері комп'ютерних наук із застосуванням методів оптимізації;
- аналізувати проблемні задачі наукових досліджень та експериментів і знаходити розв'язки поставлених наукових задач використовуючи методи пошуку та прийняття оптимальних рішень;
- вибрати необхідний метод оптимізації або застосувати комбінацію методів для поставлених наукових задач дотичних галузей;
- креативно реалізовувати рішення складної наукової проблеми, що існує в рамках дослідження.

Анотація дисципліни

МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ В НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАХ

| | |
|--|---------------------------|
| Тип дисципліни | Обов'язкова |
| Рівень вищої освіти | Третій (доктор філософії) |
| Мова викладання | Українська |
| Семестр | 1 |
| Кількість встановлених кредитів ЄКТС | 4,0 |
| Форми навчання, для яких викладається дисципліна | Денна |

Результати навчання

Студент, який успішно завершив вивчення дисципліни, повинен отримати такі результати навчання:

ПРН1. Мати передові концептуальні та методологічні знання з комп'ютерної інженерії і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з комп'ютерної інженерії, ІТ-інфраструктур та інформаційних технологій, отримання нових знань та/або здійснення інновацій.

ПРН2. Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з комп'ютерної інженерії та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасних інструментів та дотриманням норм професійної і академічної етики, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблем.

ПРН3. Глибоко розуміти загальні принципи та методи комп'ютерної інженерії а також методологію наукових досліджень, застосувати їх у власних дослідженнях у сфері інформаційних технологій та у викладацькій практиці.

ПРН5. Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні літературні данні.

Зміст навчальної дисципліни. Постановка і формулювання умов задач оптимізації при розв'язуванні наукових задач; методи лінійного, нелінійного, стохастичного та динамічного програмування, теорії ігор, генетичні алгоритми, мурашині алгоритми, бджолині алгоритми, методи теорії планування експериментів та їх використання при розв'язуванні наукових задач в галузі інформаційних технологій.

Запланована навчальна діяльність: лекції - 17 год., практичні заняття - 17 год., лабораторні заняття – 17 год., самостійна робота - 69 год.; разом – 120 год.

Форми (методи) навчання: лекції (з використанням методів проблемного навчання і візуалізації); практичні та лабораторні заняття (з використанням тренінгів, майстер-класів, практикумів), самостійна робота (індивідуальні завдання).

Форми оцінювання результатів навчання: усне опитування, контрольна робота, захисти лабораторних робіт

Вид семестрового контролю: залік

Навчальні ресурси:

1. Математичні методи дослідження операцій: підручник / Є.А. Лавров, Л.П. Перхун, В.В. Шендрікта ін. – Суми: Сумський державний університет, 2017. – 212 с.
2. Нефьодов Ю. М. Методи оптимізації в прикладах і задачах: навчальний посібник / Ю. М. Нефьодов, Т. Ю. Балицька. –Київ: Кондор, 2011. –324 с.
3. Математичне програмування: теорія та практикум: навч. посібн. / М. Л. Вдовин, Л. Г. Данилюк. – Львів: “Новий Світ-2000”, 2015. – 160 с. – ISBN 978-966-418-100-3.
4. Моделювання та оптимізація систем [Текст] : підручник / В. М. Дубовой, Р. Н. Кветний, О. І. Михальов, А. В. Усов. – Вінниця: ПП «ТД«Едельвейс», 2017. – 804 с. – ISBN 978-617-7237-23-4.
5. Погорілий С.Д. Застосування генетичних алгоритмів у комп'ютерних системах: монографія / С. Д. Погорілий, Р. В. Білоус, І. В. Білоконь; за ред. С. Д. Погорілого ; М-во освіти і науки України, Київ. нац. ун-т ім. Т. Шевченка. - Київ: Київський університет, 2014. - 319 с.: іл.
6. Електронна бібліотека університету. Доступ до ресурсу: http://lib.khnu.km.ua/asp/php/f/page_lib.php.

Викладач: д.т.н., проф. Олег САВЕНКО.

2. Структура залікових кредитів дисципліни

| Назва теми | Кількість годин, відведених на: | | | |
|--|---------------------------------|--------------------|------------------|-------------------|
| | лекції | лабораторні роботи | практичні роботи | самостійну роботу |
| <i>Перший семестр</i> | | | | |
| Тема 1. <i>Тема 1. Поняття оптимізації в наукових задачах з інформаційних технологій. Детерміновані задачі, їх використання при розв'язуванні наукових задач</i> | 6 | 4 | 2 | 12 |
| Тема 2. <i>Задачі динамічного та стохастичного програмування в наукових задачах з інформаційних технологій</i> | 4/2 | 2 | 2 | 16 |
| Тема 3. <i>Генетичні алгоритми оптимізації в наукових задачах з інформаційних технологій</i> | 6 | 8 | 8 | 32 |
| Тема 4. <i>Методи оптимізації в експериментальних дослідженнях</i> | 2 | 4/2 | 6/4 | 9 |
| Разом за 1-ий семестр: | 18/16 | 18/16 | 18/16 | 69 |

3. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

3.1 Зміст лекційного курсу

| Номер лекції | Перелік змістових модулів, тем лекцій, їх анотації | Кількість годин |
|-----------------------|---|-----------------|
| <i>Перший семестр</i> | | |
| 1 | <p><i>Тема 1. Поняття оптимізації в наукових задачах з інформаційних технологій. Детерміновані задачі, їх використання при розв'язуванні наукових задач.</i></p> <p>Лекція 1. Постановка оптимізаційної наукової задачі. Детерміновані задачі, їх використання при розв'язуванні наукових задач.</p> <p>Поняття наукової задачі. Постановка оптимізаційної наукової задачі, її структура: цільова функція, обмеження як спосіб опису множини допустимих планів. Класифікація задач. Етапи розв'язання прикладних задач оптимізації. Побудова математичних моделей прикладних задач (прикладні моделі задач лінійного програмування: задача планування виробництва, транспортна задача, задача про мінімізацію, задача про призначення, задача оптимального використання, матричне планування). Загальна постановка задач лінійного програмування, форми її запису. Геометрична інтерпретація задач лінійного програмування та її адаптація для розв'язування наукових задач з інформаційних технологій. Графічний метод розв'язування задач лінійного програмування з двома змінними. Правила переходу від загальної задачі лінійного програмування до канонічної та стандартної. Поняття опорного плану. Геометричні властивості опорного та неопорного планів. Симплекс-метод. Основи симплекс-методу розв'язування задачі лінійного програмування: базис, допустимий базис; взаємозв'язок між базисами та опорними планами; ознаки оптимальності або необмеженості цільової функції на множині допустимих планів; правила з покращення неоптимального допустимого базису. Алгоритм симплекс - методу та його реалізація на основі симплекс - таблиць. Поняття про вродженість у лінійному програмуванні. Запобігання зациклованню у випадку вродженості. Поняття про модифікований алгоритм симплекс - методу. Двоїстість у лінійному програмуванні. Теорія двоїстості для випадку симетричної пари взаємодвоїстих задач: означення прямої задачі та двоїстої до неї у симетричному випадку, взаємозв'язок між ними; співвідношення між допустимими значеннями цільових функцій прямої та двоїстої задач. Перша та друга теореми двоїстості. Знаходження розв'язку однієї з пар симетричних взаємно двоїстих задач за відомим розв'язком іншої задачі. Двоїстий симплекс - метод. Математична постановка транспортної задачі та методи її розв'язування. Використання детермінованих задач при знаходженні розв'язків наукових задач з інформаційних технологій. Формалізація та приведення наукових задач або їх підзадач до класу детермінованих задач. Засоби автоматизації для знаходження розв'язків детермінованих задач. Літ.: [1], с. 8-48; [2]; [4]-[5]; [6], с. 20-49; [7]-[11]; [12], с. 6-25, с. 115-127; [17]-[20]</p> | 2 |

| | | |
|---|---|---|
| 2 | <p>Лекція 2. Цілочислове програмування та елементи теорії ігор, їх використання при розв'язуванні наукових задач.</p> <p>Виділення підзадач в наукових задачах та їх зведення до відомих задач цілочислового програмування і теорії ігор. Цілочислове програмування. Класифікація задач цілочислового програмування, математична постановка задач цілочислового (дискретного) програмування. Метод відтинань, метод Гоморі, поняття про метод гілок та меж розв'язування задач цілочислового лінійного програмування. Елементи теорії ігор. Основні поняття теорії ігор. Гра двох гравців з нульовою сумою, правила гри, ціна гри, пара оптимальних стратегій для двох осіб. Платіжна матриця. Основна теорема теорії ігор. Принцип мінімаксу. Розв'язання ігор у чистих та змішаних стратегіях. Геометрична інтерпретація гри 2×2 ($2 \times n, n \times 2$). Зведення матричної гри до задачі лінійного програмування. Приклади задач теорії ігор. Приклади наукових задач із застосуванням при їх розв'язуванні методів цілочислового програмування та теорії ігор. Літ.: [2]-[5]; [6], с. 50-69; [11]</p> | 2 |
| 3 | <p>Лекція 3. Нелінійне програмування і його використання при розв'язуванні наукових задач з інформаційних технологій.</p> <p>Формалізація та приведення підзадач в наукових задачах до відомих задач нелінійного програмування. Постановка задачі нелінійного програмування. Математична модель задачі нелінійного програмування. Графічний метод розв'язування задач нелінійного програмування. Класичний метод оптимізації. Метод множників Лагранжа. Задачі опуклого програмування. Квадратичне програмування. Градієнтні методи розв'язання задач нелінійного програмування та їх класифікація. Приклади наукових задач із застосуванням при їх розв'язуванні методів нелінійного програмування. Літ.: [1], с. 55-78; [4]-[5]; [6], с. 70-105; [7]-[11]; [12], с. 6-25</p> <p><i>Тема 2. Задачі динамічного та стохастичного програмування в наукових задачах з інформаційних технологій</i></p> | 2 |
| 4 | <p>Лекція 4. Динамічне програмування і його використання при розв'язуванні наукових задач з інформаційних технологій.</p> <p>Задачі динамічного програмування та наукові задачі з інформаційних технологій, їх подібність. Математична постановка задачі динамічного програмування. Принцип оптимальності та рівняння Беллмана. Методи розв'язування задач динамічного програмування. Метод рекурентних співвідношень. Принцип оптимальності. Багатокроковий процес прийняття рішень. Приведення етапів розв'язування наукових задач до етапів задач динамічного програмування, приклади. Літ.: [1], с. 79-90; [4]-[5]; [6], с. 106-126; [7]-[11]</p> | 2 |
| 5 | <p>Лекція 5. Використання стохастичного програмування при розв'язуванні наукових задач з інформаційних технологій.</p> <p>Стохастичність процесів в наукових задачах з інформаційних технологій. Стохастичне програмування. Математична постановка задачі стохастичного програмування. Одноетапні та двоетапні задачі стохастичного програмування. Приклади використання методів</p> | 2 |

| | | |
|---|--|-------|
| | <p>стохастичного програмування в наукових задачах з інформаційних технологій. Літ.: [1], с. 64-78; [4]-[5]; [6], с. 127-149; [7]-[11]</p> <p>Тема 3. Генетичні алгоритми оптимізації в наукових задачах з інформаційних технологій</p> | |
| 6 | <p>Лекція 6. Технології застосування генетичних алгоритмів в наукових задачах з інформаційних технологій. Представлення моделей при розв'язуванні наукових задачах з інформаційних технологій з використанням генетичних алгоритмів. Загальні відомості. Обчислювальна схема традиційного генетичного алгоритму. Стратегії відбору для варіації. Оператори рекомбінацій для задач з булевими змінними. Особливості реалізації еволюційних операторів у просторі перестановок. Гібридні генетичні алгоритми. Приклади застосування генетичних алгоритмів при розв'язуванні наукових задач. Літ.: [3], [13], с. 69-89; [14], с. 43-96; [16]</p> | 2 |
| 7 | <p>Лекція 7. Мурашинні алгоритми в якості основи моделей інформаційних технологій. Застосування мурашиних алгоритмів для оптимізації в наукових задачах з інформаційних технологій. Загальні принципи розробки мурашиних алгоритмів. Обчислювальна схема та її ключові аспекти. Модифікації мурашиних алгоритмів. Практичне застосування мурашиних алгоритмів. Приклади. Літ.: [13], с. 90-111</p> | 2 |
| 8 | <p>Лекція 8. Використання ройового інтелекту в комбінаторній оптимізації та бджолиних алгоритмів при розв'язуванні наукових задач з інформаційних технологій. Використання ройового інтелекту в комбінаторній оптимізації. Метод оптимізації роєм частинок. Особливості оптимізації роєм частинок для розв'язання задач комбінаторної оптимізації. Бджолині алгоритми. Моделі поведінки у бджолиних алгоритмах. Алгоритм оптимізації бджолиною колонією. Літ.: [13], с. 124-135</p> <p>Тема 4. Методи оптимізації в експериментальних дослідженнях</p> | 2 |
| 9 | <p>Лекція 9. Методи теорії планування експерименту. Теорія планування експерименту. Мета, принципи та моделювання експерименту. Повний факторний експеримент. Дробовий факторний експеримент. Ротатабельне центрально-композиційне планування експериментів. Ортогональне центрально-композиційне планування експериментів. Метод Бокса - Вілсона. Рандомізація. Симплексний метод планування експериментів. Симплекс-гратчасте планування експериментів. Використання методів теорії планування експериментів при дослідженні результатів розв'язування наукових задач з інформаційних технологій. Літ.: [15]</p> | 2 |
| | Разом за 1-ий семестр: | 18/16 |

3.2 Зміст практичних занять

| № п/п | Теми практичних занять | Кіль- кість годин |
|------------------------------|---|-------------------------|
| <i>Перший семестр</i> | | |
| 1 | Практичне заняття 1. Етапи розв'язання прикладних задач оптимізації. Задачі лінійного програмування. Цілочислове програмування. Елементи теорії ігор. Основні поняття теорії ігор. Приклади наукових задач з інформаційних технологій, в яких застосовано лінійне та числове програмування і елементи теорії ігор. Літ.: [1], с. 8-48; [2]-[5]; [6], с. 20-69; [7]-[11]; [12], с. 6-25, с. 115-127 | 2 |
| | Практичне заняття 2. Нелінійне програмування. Математична модель задач нелінійного програмування. Графічний метод розв'язування задач нелінійного програмування. Задачі опуклого програмування. Квадратичне програмування. Градієнтні методи розв'язання задач нелінійного програмування та їх класифікація. Приклади наукових задач з інформаційних технологій, в яких застосовано нелінійне, опукле та квадратичне програмування і градієнтні методи. Літ.: [1], с. 55-78; [4]-[5]; [6], с. 70-105; [7]-[11]; [12], с. 6-25 | 2 |
| 3 | Практичне заняття 3. Динамічне програмування. Принцип оптимальності та рівняння Белмана. Методи розв'язування задач динамічного програмування. Стохастичне програмування. Математична постановка задачі стохастичного програмування. Одноетапні та двоетапні задачі стохастичного програмування. Приклади наукових задач з інформаційних технологій, в яких застосовано динамічне та стохастичне програмування. Літ.: [1], с. 64-90; [4]-[5]; [6], с. 106-149; [7]-[11] | 2 |
| 4 | Практичне заняття 4. Генетичні алгоритми. Обчислювальна схема традиційного генетичного алгоритму. Особливості реалізації еволюційних операторів у просторі перестановок. Приклади наукових задач з інформаційних технологій, в яких застосовано генетичні алгоритми. Літ.: [3], [13], с. 69-89; [14], с. 43-96 | 2 |
| 5 | Практичне заняття 5. Гібридні генетичні алгоритми. Приклади наукових задач з інформаційних технологій, в яких застосовано гібридні генетичні алгоритми. Літ.: [3], [13], с. 79-89; [14], с. 43-96 | 2 |
| 6 | Практичне заняття 6. Мурашині алгоритми для оптимізації в наукових задачах. Загальні принципи розробки мурашиних алгоритмів. Практичне застосування мурашиних алгоритмів при розробці моделей інформаційних технологій в наукових задачах. Літ.: [13], с. 90-111 | 2 |
| 7 | Практичне заняття 7. Ройовий інтелект в комбінаторній оптимізації. Моделі поведінки у бджолиних алгоритмах. Алгоритм оптимізації бджолиною колонією. Практичне застосування ройового інтелекту та бджолиної колонії при розробці моделей інформаційних технологій в наукових задачах. Літ.: [13], с. 124-135 | 2 |
| 8 | Практичне заняття 8. Теорія планування експерименту та її застосування при дослідженні результатів розв'язування наукових задач. Мета, принципи та моделювання експерименту. Літ.: [15] | 2 |
| 9 | Практичне заняття 9. Підсумкове заняття. | 2 |
| | Разом за 1-ий семестр: | 18/16 |

3.3 Зміст лабораторних занять

| № п/п | Тема лабораторного заняття | Кількість годин |
|------------------------|--|-----------------|
| Перший семестр | | |
| 1 | Лабораторне заняття 1. Задачі лінійного програмування та їх застосування при розв'язуванні наукових задач. Літ.: [1], с. 8-48; [2]-[5]; [6], с. 20-69; [7]-[11]; [12], с. 6-25, с. 115-127; [17]-[20] | 2 |
| 2 | Лабораторне заняття 2. Розв'язування задач динамічного програмування та їх застосування при розв'язуванні наукових задач. Літ.: [1], с. 64-90; [4]-[5]; [6], с. 106-149; [7]-[11] | 2 |
| 3 | Лабораторне заняття 3. Реалізація традиційного генетичного алгоритму та їх застосування при розв'язуванні наукових задач. Літ.: [3], [13], с. 69-89; [14], с. 43-96 | 2 |
| 4 | Лабораторне заняття 4. Гібридні генетичні алгоритми та їх застосування при розв'язуванні наукових задач. Літ.: [3], [13], с. 79-89; [14], с. 43-96 | 2 |
| 5 | Лабораторне заняття 5. Практичне застосування мурашиних алгоритмів та їх використання при розв'язуванні наукових задач. Літ.: [13], с. 90-111 | 2 |
| 6 | Лабораторне заняття 6. Ройовий інтелект в комбінаторній оптимізації при розв'язуванні наукових задач. Алгоритм оптимізації бджолою колонією. Літ.: [13], с. 124-135 | 2 |
| 7 | Лабораторне заняття 7. Теорія планування експерименту. Повний факторний експеримент. Дробовий факторний експеримент. Літ.: [15] | 2 |
| 8 | Лабораторне заняття 8. Теорія планування експерименту. Статична оптимізація об'єктів методом випадкового пошуку та градієнтним методом. Ортогональне та ротатабельне композиційне планування. Літ.: [15] | 2 |
| 9 | Лабораторне заняття 9. Підсумкове заняття | 2 |
| Разом за 1-ий семестр: | | 18/16 |

3.4 Зміст самостійної (індивідуальної) роботи

Об'єм самостійної роботи з дисципліни в 1 семестрі становить 69 годин. Він включає опрацювання лекційного матеріалу, підготовку до практичних занять та виконання лабораторних робіт і їх захисту, підготовку до поточного контролю.

Керівництво самостійною роботою здійснює викладач згідно з розкладом консультацій в позаурочний час.

| Номер тижня | Вид самостійної роботи | К-ть годин |
|-----------------------|--|------------|
| <i>Перший семестр</i> | | |
| 1 | Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до лабораторної роботи №1 та практичного заняття №1. | 4 |
| 2 | Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу. Підготовка до захисту лабораторної роботи №1 та практичного заняття №1. | 4 |
| 3 | Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу. Підготовка до лабораторної роботи №2 та практичного заняття №2. | 4 |
| 4 | Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу. Підготовка до захисту лабораторної роботи №2 та практичного заняття №2. | 4 |
| 5 | Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу. Підготовка до лабораторної роботи №3 та практичного заняття №3. | 4 |
| 6 | Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу. Підготовка до захисту лабораторної роботи №3 та практичного заняття №3. | 4 |
| 7 | Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу. Підготовка до лабораторної роботи №4 та практичного заняття №4. | 4 |
| 8 | Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу. Підготовка до захисту лабораторної роботи №4 та практичного заняття №4. | 4 |
| 9 | Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу. Підготовка до лабораторної роботи №5 та практичного заняття №5. Самостійна робота над розробкою програми до лабораторної роботи №5. | 4 |
| 10 | Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу. Підготовка до захисту лабораторної роботи №5 та практичного заняття №5. | 4 |
| 11 | Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу. Підготовка до лабораторної роботи №6 та практичного заняття №6. | 4 |
| 12 | Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу. Підготовка до захисту лабораторної роботи №6 та практичного заняття №6. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу. | 4 |
| 13 | Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу. Підготовка до лабораторної роботи №7 та практичного заняття №7. | 4 |
| 14 | Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання | 4 |

| | | |
|------------------------|---|----|
| 15 | теоретичного матеріалу. Підготовка до захисту лабораторної роботи №7 та практичного заняття №7. Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу. Підготовка до лабораторної роботи №8 та практичного заняття №8. | 4 |
| 16 | Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу. Підготовка до захисту лабораторної роботи №8 та практичного заняття №8. | 4 |
| 17 | Підготовка до контрольної роботи. | 5 |
| Разом за 1-ий семестр: | | 69 |

5. МЕТОДИ НАВЧАННЯ

Процес навчання з дисципліни ґрунтується на використанні традиційних та сучасних методів. Зокрема, лекції проводяться в основному словесними методами з використанням інформаційних технологій, а також, з використанням методів проблемного навчання. Лабораторні та практичні заняття проводяться з використанням інформаційних технологій, майстер-класів, практикумів і мають за мету – набуття студентами практичних навичок.

6. МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Поточний контроль здійснюється під час лекційних та лабораторних занять, а також у дні проведення контрольних заходів, встановлених робочим планом дисципліни. Семестровий контроль проводиться у формі заліку. При цьому при виведенні остаточної оцінки враховуються результати поточного контролю.

Процес оцінювання підготовленості студента можна розділити на етапи:

Перший етап оцінювання направлений на визначення знань інформаційного мінімуму. Якщо студент твердо засвоїв визначену навчальним планом суму формальних знань, то це означає, що він вміє використати їх при вирішенні різних питань предметної області, вміє розширити їх. При цьому необхідно встановити рівні та критерії сформованості знань щодо змісту навчальних елементів. Такими рівнями є:

Ознайомчо-орієнтовний (ОО) – особа має орієнтовне уявлення щодо понять, які вивчаються, здатна: знаходити оптимальні розв'язки, застосовуючи методи оптимізації; алгоритмізувати та програмувати методи оптимізації для знаходження оптимальних розв'язків.

Понятійно-аналітичний (ПА) – особа має чітке уявлення щодо навчального об'єкту, здатна перенести раніше засвоєні знання на типові ситуації.

Продуктивно-синтетичний (ПС) – особа має глибоке розуміння щодо навчального об'єкту, здатна здійснювати синтез, генерувати нові ідеї та уявлення, переносити раніше засвоєні знання на нетипові, нестандартні ситуації.

7. ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ СТУДЕНТІВ

Поточний контроль здійснюється під час практичних та лабораторних занять, а також у дні проведення контрольних заходів, встановлених робочим планом дисципліни. Семестровий контроль проводиться у формі заліку. При цьому при виведенні остаточної оцінки враховуються результати поточного контролю.

При викладанні дисципліни використовуються такі види навчальних занять, як лекції, лабораторні роботи, індивідуальне консультування і керівництво самостійною роботою студента.

Кожний вид роботи з дисципліни оцінюється за *чотирибальною* шкалою. Семестрова підсумкова оцінка визначається як середньозважена з усіх видів навчальної роботи, виконаних і зданих *позитивно* з врахуванням коефіцієнта вагомості. Вагові

коефіцієнти змінюються залежно від структури дисципліни і важливості окремих її видів робіт. Студент, який набрав позитивний середньозважений бал за поточну роботу, отримує залік з відповідним балом.

При оцінюванні знань студентів використовуються різні засоби контролю, зокрема: письмова контрольна робота, усне опитування перед допуском до виконання лабораторної роботи – здійснюється на її початку; засвоєння теоретичного матеріалу з тем перевіряється під час проведення практичних та лабораторних занять; якість виконання, набуття теоретичних знань і практичних навичок перевіряється шляхом захисту кожної лабораторної роботи згідно з робочою програмою дисципліни і робочим навчальним планом.

Письмова контрольна робота проводиться на останньому практичному занятті і включає два теоретичні питання та три задачі.

Оцінка, яка виставляється за *лабораторне заняття*, складається з таких елементів: усне опитування студентів перед допуском до виконання лабораторної роботи; знання теоретичного матеріалу з теми; якість оформлення протоколу і графічної частини; вміння студента обґрунтувати прийняті конструктивні рішення; своєчасний захист лабораторної роботи. Для виконання програми дисципліни студент повинен отримати вісім оцінок за лабораторні роботи в семестрі і написати підсумкову контрольну роботу на позитивну оцінку.

Термін захисту лабораторної роботи вважається своєчасним, якщо студент захистив її на наступному після виконання роботи занятті. За несвоєчасний захист лабораторної роботи з неповажної причини студент за позитивну відповідь отримує оцінку «задовільно».

Пропущене лабораторне заняття студент повинен відпрацювати в лабораторіях кафедри у встановлений викладачем термін з реєстрацією у відповідному журналі кафедри, але не пізніше, ніж за два тижні до закінчення теоретичних занять у семестрі.

При *оцінюванні знань* студентів викладач керується такими критеріями.

Оцінку „зараховано”, за шкалою ECTS – А (див. шкалу оцінок), отримує студент за глибоке і повне опанування змісту навчального матеріалу, в якому він легко орієнтується, понятійного апарату, за уміння зв'язувати теорію з практикою, вирішувати практичні завдання, висловлювати і обґрунтовувати свої судження. Відмінна оцінка передбачає грамотний, логічний виклад відповіді (як в усній, так і в письмовій формі), якісне зовнішнє оформлення. Студент повинен набути практичних навичок із застосування методів оптимізації в наукових та експериментальних дослідженнях. Оцінка "відмінно" виставляється студенту, який глибоко засвоїв методи оптимізації та вмів їх раціонально застосувати, знає методики та продемонстрував вміння самостійно освоювати інші методи оптимізації, які не розглядалися в лекційному матеріалі. Студент не повинен вагатися при видозміні запитання, повинен робити детальні та узагальнюючі висновки.

Оцінку „зараховано”, за шкалою ECTS – В, отримує студент за повне засвоєння навчального матеріалу, володіння понятійним апаратом, орієнтування в вивченому матеріалі, свідоме використання знань для вирішення практичних завдань, грамотний виклад відповіді, але у змісті і формі відповіді мали місце окремі неточності (похибки), нечіткі формулювання закономірностей тощо. Відповідь студента повинна будуватись на основі самостійного мислення.

Оцінку „зараховано”, за шкалою ECTS – С, отримує студент за правильну відповідь з однією суттєвою помилкою.

Оцінки „зараховано”, за шкалою ECTS – D, заслуговує студент, який виявив знання основного навчально-програмного матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання та практичної діяльності за професією, що справляється з виконанням практичних завдань, передбачених програмою. Як правило, відповідь студента будується на рівні репродуктивного мислення, студент слабо знає структуру курсу, допускає помилки у відповіді, засвоїв і набув практичних навичок у застосуванні методів оптимізації, але допустив неточності. Вагається при відповіді на видозмінене запитання, разом з тим студент володіє знаннями, що дозволяють йому під керівництвом викладача усунути неточності у відповіді.

Оцінки „зараховано”, за шкалою ECTS – E, заслугове студент за неповне опанування програмного матеріалу, але отримані знання і набуті практичні навички із застосування методів оптимізації.

Оцінка „незараховано”, за шкалою ECTS – FX, виставляється, коли студент має розрізнені, безсистемні знання, не вміє виділяти головне і другорядне, допускається помилок у визначенні понять, перекручує їх зміст, хаотично і невпевнено викладає матеріал, не може використовувати знання при вирішенні практичних завдань. Як правило, оцінка "незадовільно" виставляється студенту, який не може продовжити навчання без додаткових знань з курсу.

Оцінка „незараховано”, за шкалою ECTS – F, виставляється студенту за повне незнання і нерозуміння навчального матеріалу або відмову від відповіді і передбачає повторне навчання студента з дисципліни.

Кожний вид роботи оцінюється за чотирибальною шкалою. Семестрова підсумкова оцінка визначається як середньозважена з усіх видів робіт.

Структурування дисципліни за видами робіт і оцінювання результатів навчання студентів у семестрі за ваговими коефіцієнтами

| Аудиторна робота | | | | | | | | | | | | | Самостійна, індивідуальна робота | | | Підсумковий контрольний захід | | | |
|-----------------------|---|---|---|---|---|---|---|--------------------|---|---|---|---|----------------------------------|---|---|-------------------------------|-------------------|--|-------|
| I семестр | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Лабораторні роботи №: | | | | | | | | Практичні роботи № | | | | | | | | | Контрольна робота | | Залік |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 1 | | + |
| ВК: 0,6 | | | | | | | | ВК: - | | | | | | | | | 0,4 | | + |

Примітка: ВК – ваговий коефіцієнт.

Якщо студент отримав негативну оцінку, то він має перездати її в установленому порядку, але обов’язково до терміну наступного контролю. У випадку, коли студент не виконав індивідуальний план з дисципліни у заплановані терміни без поважних причин, то під час відпрацювання заборгованості при позитивній відповіді йому виставляється оцінка „задовільно”.

Підсумкова семестрова оцінка за національною шкалою і шкалою ECTS встановлюється в автоматизованому режимі після внесення усіх оцінок до електронного журналу. Співвідношення вітчизняної шкали оцінювання і шкали оцінювання ECTS наведені у наступній таблиці.

Для переходу від вітчизняної оцінки до оцінки за шкалою ECTS необхідно знайти середньоарифметичну оцінку за вітчизняною шкалою, помножити її на відповідний ваговий коефіцієнт і, додавши всі складові, отримаємо суму балів, які визначають конкретну оцінку ECTS.

Співвідношення вітчизняної шкали оцінювання і шкали оцінювання ECTS

| Оцінка ECTS | Бали | Вітчизняна оцінка | |
|-------------|------------|-------------------|--|
| A | 4,75-5,00 | 5 | ВІДМІННО – глибоке і повне опанування навчального матеріалу і виявлення відповідних умінь та навиків |
| B | 4,25-4,74 | 4 | ДОБРЕ – повне знання навчального матеріалу з кількома незначними помилками |
| C | 3,75-4,24 | 4 | ДОБРЕ – в загальному правильна відповідь з однією суттєвою помилкою |
| D | 3,25-3,74 | 3 | ЗАДОВІЛЬНО – неповне опанування програмного матеріалу, але достатне для практичної діяльності за професією |
| E | 3,00-3,24 | 3 | ЗАДОВІЛЬНО – неповне опанування програмного матеріалу, що задовольняє мінімальні критерії оцінювання |
| FX | 2,00 -2,99 | 2 | НЕЗАДОВІЛЬНО – безсистемність одержаних знань і неможливість продовжити навчання без додаткових знань з дисципліни |
| F | 0,00-1, 99 | 2 | НЕЗАДОВІЛЬНО – необхідна серйозна подальша робота і повторне вивчення дисципліни |

8. ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ СТУДЕНТІВ

1. Наукові задачі в галузі інформаційних технологій. Методи оптимізації для розв'язування наукових задач. Відмінності між інженерною та науковою задачами.
2. Моделі інформаційних технологій та оптимізаційні методи, як їх основа.
3. Предмет математичного програмування. Загальна постановка оптимізаційної задачі, її структура: цільова функція, обмеження як спосіб опису множини допустимих планів. Класифікація задач.
4. Етапи розв'язання прикладних задач оптимізації. Побудова математичних моделей прикладних задач (приклади моделей лінійного програмування): задача планування виробництва, транспортна задача, задача про мінімізацію, задача про призначення, задача оптимального використання, матричне планування. Загальна постановка задач лінійного програмування.
5. Геометрична інтерпретація задач лінійного програмування. Геометричний метод розв'язування задач лінійного програмування з двома змінними, ілюстрація можливих випадків, які трапляються під час розв'язування задачі. Задача лінійного програмування, форми її запису. Правила переходу від загальної задачі лінійного програмування до канонічної та стандартної.
6. Дослідження задачі лінійного програмування: поняття опорного плану, про геометричні властивості опорного та неопорного планів.
7. Симплекс-метод. Теоретичні основи симплекс-методу розв'язування задачі лінійного програмування: поняття базису, допустимого базису; взаємозв'язок між базисами та опорними планами; ознаки оптимальності або необмеженості цільової функції на множині допустимих планів; правил о покращання неоптимального допустимого базису.
8. Алгоритм симплекс - методу та його реалізація за допомогою симплекс - таблиць. Поняття про вродженість у лінійному програмуванні. Запобігання зациклюванню у випадку вродженості. Поняття про модифікований алгоритм симплекс - методу.
9. Двоїстість у лінійному програмуванні. Теорія двоїстості для випадку симетричної пари взаємодвоїстих задач: означення прямої задачі та двоїстої до неї у симетричному випадку, взаємозв'язок між ними; співвідношення між допустимими значеннями цільових функцій прямої та двоїстої задач. Перша та друга теореми двоїстості. Знаходження розв'язку однієї з пар симетричних взаємно двоїстих задач за відомим розв'язком іншої задачі.
10. Економічна інтерпретація теорем двоїстості. Теорія двоїстості для випадків, коли вихідною є загальна задача лінійного програмування або канонічна задача. Поняття про двоїстий симплекс - метод.
11. Методика розв'язування транспортної задачі. Економічна і математична постановка транспортної задачі. Умова існування її розв'язку. Методи побудови опорного плану. Пошук оптимального плану перевезень за методом потенціалів.
12. Цілочислове програмування. Сутність та класифікація задач цілочислового програмування (кадрова задача, задачі про інвестиції, розподіл обладнання), математична постановка задач цілочислового (дискретного) програмування.
13. Метод відтинань, метод Гоморі, поняття про метод гілок та меж розв'язування задач цілочислового лінійного програмування.
14. Елементи теорії ігор. Основні поняття теорії ігор. Гра двох гравців з нульовою сумою, правила гри, ціна гри, пара оптимальних стратегій для двох осіб. Платіжна матриця. Основна теорема теорії ігор.
15. Принцип мінімаксу. Розв'язання ігор у чистих та змішаних стратегіях. Геометрична інтерпретація гри 2×2 ($2 \times n, n \times 2$). Зведення матричної гри до задачі лінійного програмування. Приклади задач теорії ігор.
16. Нелінійне програмування. Постановка задачі нелінійного програмування, математична модель. Графічний метод розв'язування задач нелінійного програмування.
17. Метод множників Лагранжа. Задачі опуклого програмування, квадратичного

програмування.

18. Градієнтні методи розв'язання задач нелінійного програмування та їх класифікація.
19. Динамічне програмування. Математична постановка задачі динамічного програмування.
20. Принцип оптимальності та рівняння Белмана.
21. Методи розв'язування задач динамічного програмування.
22. Стохастичне програмування. Математична постановка задачі стохастичного програмування. Одноетапні та двоетапні задачі стохастичного програмування.
23. Генетичні алгоритми. Загальні відомості. Обчислювальна схема традиційного генетичного алгоритму. Стратегії відбору для варіації. Оператори рекомбінацій для задач з булевими змінними.
24. Особливості реалізації еволюційних операторів у просторі перестановок.
25. Гібридні генетичні алгоритми.
26. Застосування мурашиних алгоритмів для оптимізації. Загальні принципи розробки мурашиних алгоритмів. Обчислювальна схема та її ключові аспекти.
27. Модифікації мурашиних алгоритмів. Практичне застосування мурашиних алгоритмів.
28. Використання ройового інтелекту в комбінаторній оптимізації. Метод оптимізації роєм частинок. Особливості оптимізації роєм частинок для розв'язання задач комбінаторної оптимізації.
29. Бджолині алгоритми. Моделі поведінки у бджолиних алгоритмах. Алгоритм оптимізації бджолою колонією.
30. Теорія планування експерименту. Мета, принципи та моделювання експерименту. Метод Бокса — Вілсона. План Бокса — Бенкена. Рандомізація. Симплексний метод планування експериментів.
31. Повний факторний експеримент.
32. Дробовий факторний експеримент.
33. Ротатабельне центрально-композиційне планування експериментів. Ортогональне центрально-композиційне планування експериментів. Симплекс-гратчасте планування експериментів.
34. Використання методів теорії планування для дослідження результатів розв'язування наукових задач з інформаційних технологій.

9. МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Навчальний процес з дисципліни забезпечений необхідними навчально-методичними розробками в модульному середовищі.

10. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна література

1. Математичні методи дослідження операцій: підручник / Є.А. Лавров, Л.П. Перхун, В.В. Шендрикта ін. – Суми: Сумський державний університет, 2017. – 212 с.
2. Нефьодов Ю. М. Методи оптимізації в прикладах і задачах: навчальний посібник / Ю. М. Нефьодов, Т. Ю. Балицька. –Київ: Кондор, 2011. –324 с.
3. Вітлінський В.В., Скіцько В.І. Теорія інтелектуальних систем прийняття рішень: навч. посіб. – К.: КНЕУ, 2014. – 506 с.
4. Математичне програмування: теорія та практикум: навч. посібн. / М. Л. Вдовин, Л. Г. Данилюк. – Львів: “Новий Світ-2000”, 2015. – 160 с. – ISBN 978-966-418-100-3.
5. Ульяновченко О.В. Дослідження операцій в економіці: Підручник. – Суми: Довкілля, 2010. – 594 с.
6. Гончаренко Я. В. Математичне програмування. — К.: НПУ імені М. П. Драгоманова, 2010. — 184 с.

7. Вища математика. Теорія наукових досліджень у фармації і медицині (підручник) — Е.І. Личковський, П.Л. Свердан, 2012. — 476 с.
8. Глушик М. М., Копич І.М., Сороківський В.М. Математичне програмування: підручник. ISBN 978-966-418-103-4. - Львів: "Новий Світ-2000". - 2014 р.
9. Моделювання та оптимізація систем [Текст]: підручник / В. М. Дубовой, Р. Н. Кветний, О. І. Михальов, А. В. Усов. – Вінниця: ПП «ТД«Едельвейс», 2017. – 804 с. – ISBN 978-617-7237-23-4.
10. Оптимізаційні методи та моделі: підручник / В.С. Григорків, М.В. Григорків. – Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2016. – 400 с.
11. Дослідження операцій. Збірник тестових завдань з теоретичною підтримкою: навчальний посібник / І. В. Хом'юк, В. В. Хом'юк. – Вінниця: ВНТУ, 2012. –104 с.
12. Мовчан А.П. Навчальний посібник: Методи статичної оптимізації. Навч. посіб. / Мовчан А.П., Степанець О.В. —К.: НТУУ «КПІ», 2012. —138 с.
13. Гуляницький Л. Ф. Прикладні методи комбінаторної оптимізації : навч. посіб./ Л. Ф. Гуляницький, О. Ю. Мулеса. - К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2016. - 142 с.
14. Погорілий С.Д. Застосування генетичних алгоритмів у комп'ютерних системах: монографія / С. Д. Погорілий, Р. В. Білоус, І. В. Білоконь; за ред. С. Д. Погорілого ; М-во освіти і науки України, Київ. нац. ун-т ім. Т. Шевченка. - Київ: Київський університет, 2014. - 319 с.: іл.
15. Назаренко, О. М. Планування та автоматизація наукового експерименту [Текст]: навч.-метод. посібник для студ. ЗДІА енергетичного напрямку ден. та заоч. форм навчання / О.М. Назаренко; ЗДІА. - Запоріжжя: ЗДІА, 2011. - 110 с.
16. Глибовець М.М. Еволюційні алгоритми: підручник / М.М. Глибовець, Н.М. Гуляєва. – К: НаУКМА, 2013.
16. Глибовець М.М. Еволюційні алгоритми: підручник / М.М. Глибовець, Н.М. Гуляєва. – К: НаУКМА, 2013.
17. Горбійчук, М. І. Математичні методи оптимізації : навч. посіб. / М. І. Горбійчук. - Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2018. - 302 с.
18. Наконечний С. І., Савіна С. С. Математичне програмування: навчальний посібник –К.: КНЕУ, 2016 – 452с.
19. Федоренко І.К. Дослідження операцій в економіці: підручник. –К.: Знання, 2017. – 558с.
20. Катренко А.В. Дослідження операцій: Підручник.–Львів: Магнолія Плюс, 2015.–352с.

Інформаційні ресурси

Електронний університет:

1. Модульне середовище для навчання (розміщені усі необхідні матеріали з дисципліни).
2. Електронна бібліотека університету