

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
 Факультет інформаційних технологій
 Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Декан ФІТ Тетяна ГОВОРУЩЕНКО
 5 09 2024 р.

СИЛАБУС

Навчальна дисципліна **Методи оптимізації в наукових дослідженнях та експериментах**

Освітньо-наукова програма **Комп'ютерна інженерія**

Рівень вищої освіти **третій (доктор філософії)**

Загальна інформація

Позиція	Зміст інформації
Викладач(і)	Савенко Олег Станіславович
Профайл викладача	http://kiis.khmnu.edu.ua/personnel/savenko-oleg-stanislavovych/
E-mail викладача(ів)	savenko_oleg_st@ukr.net
Контактний телефон	заповнюється за домовленістю
Сторінка дисципліни в ІСУ	https://msn.khnu.km.ua/course/view.php?id=6333
Навчальний рік	2024-2025
Консультації	Очні: середа, 6-а пара, 1-108; п'ятниця, 6-а пара, 1-108; онлайн: за необхідністю та попередньою домовленістю

Характеристика дисципліни

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

Анотація дисципліни

Знання та вміння застосовувати методи оптимізації в наукових та експериментальних дослідженнях галузі інформаційних технологій формує у студентів базові теоретичні та практичні знання для розв'язування наукових задач та проведення відповідних експериментів на основі застосування методів лінійного, нелінійного, стохастичного та динамічного програмування, теорії ігор, генетичних алгоритмів, мурашинних алгоритмів, бджолиних алгоритмів, методів теорії планування експериментів.

Дисципліна викладається для студентів денної форми навчання спеціальностей галузі інформаційних технологій. При викладанні дисципліни використовуються активні і творчі форми проведення занять, зокрема, методи проблемного навчання.

Пререквізити: вища математика; дискретна математика; методологія та організація наукових досліджень; **кореквізити:** управління науковими проектами.

Мета і завдання дисципліни

Мета дисципліни: 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.

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.

Очікувані 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, IT-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.

Тематичний і календарний план вивчення дисципліни

№ тижня	Тема лекції*	Тема практичного заняття*	Тема лабораторної роботи*	Самостійна робота студентів		
				Зміст	Год.	Література
1	2	3	4	5	6	7
1	1. Постановка оптимізаційної наукової задачі. Детерміновані задачі, їх використання при розв'язуванні наукових задач. [1], с. 8-48; [2]; [4]-[5]; [6], с. 20-49; [7]-[11]; [12], с. 6-25, с. 115-127	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. [1], с. 8-48; [2]; [4]-[5]; [6], с. 20-49; [7]-[11]; [12], с. 6-25, с. 115-127	1. Задачі лінійного програмування та їх застосування при розв'язуванні наукових задач. [1], с. 8-48; [2]; [4]-[5]; [6], с. 20-49; [7]-[11]; [12], с. 6-25, с. 115-127	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до лабораторної роботи №1 та практичного заняття №1.	4	[1], с. 8-48; [2]; [4]-[5]; [6], с. 20-49; [7]-[11]; [12], с. 6-25, с. 115-127
2				Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне	4	

				опрацювання теоретичного матеріалу. Підготовка до захисту лабораторної роботи №1 та практичного заняття №1.		
3	2. Цілочислове програмування та елементи теорії ігор, їх використання при розв'язуванні наукових задач. [2]-[5]; [6], с. 50-69; [11]	2. Нелінійне програмування. Математична модель задачі 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. [1], с. 55-78; [4]-[5]; [6], с. 70-105; [7]-[11]; [12], с. 6-25	2. Розв'язування задач динамічного програмування та їх застосування при розв'язуванні наукових задач. [1], с. 79-90; [4]-[5]; [6], с. 106-126; [7]-[11]	Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу. Підготовка до лабораторної роботи №2 та практичного заняття №2.	4	[2]-[5]; [6], с. 50-69; [11]
4				Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу. Підготовка до захисту лабораторної роботи №2 та практичного заняття №2.	4	
5	3. Нелінійне програмування і його використання при розв'язуванні наукових задач з інформаційних технологій. [1], с. 55-78; [4]-[5]; [6], с. 70-105; [7]-[11]; [12], с. 6-25	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	3. Реалізація традиційного генетичного алгоритму та їх застосування при розв'язуванні наукових задач. [3], [13], с. 69-89; [14], с. 43-96; [16]	Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу. Підготовка до лабораторної роботи №3 та практичного заняття №3.	4	[1], с. 55-78; [4]-[5]; [6], с. 70-105; [7]-[11]; [12], с. 6-25

		стохастичного програмування. Приклади наукових задач з інформаційних технологій, в яких застосовано динамічне та стохастичне програмування. [1], с. 79-90; [4]-[5]; [6], с. 106-126; [7]-[11]				
6				Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу. Підготовка до захисту лабораторної роботи №3 та практичного заняття №3.	4	
7	4. Динамічне програмування і його використання при розв'язуванні наукових задач з інформаційних технологій. [1], с. 79-90; [4]-[5]; [6], с. 106-126; [7]-[11]	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. [3], [13], с. 69-89; [14], с. 43-96; [16]	4. Гібридні генетичні алгоритми та їх застосування при розв'язуванні наукових задач. [3], [13], с. 69-89; [14], с. 43-96	Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу. Підготовка до лабораторної роботи №4 та практичного заняття №4.	4	[1], с. 79-90; [4]-[5]; [6], с. 106-126; [7]-[11]
8				Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу. Підготовка до захисту лабораторної роботи №4 та практичного заняття №4.	4	
9	5. Використання стохастичного програмування при розв'язуванні наукових задач з інформаційних технологій. [1], с. 64-78; [4]-[5]; [6], с. 127-149; [7]-[11]	5. Гібридні генетичні алгоритми. Приклади наукових задач з інформаційних технологій, в яких застосовано гібридні генетичні алгоритми. [3], [13], с. 69-89; [14], с. 43-96	5. Практичне застосування мурашиних алгоритмів та їх використання при розв'язуванні наукових задач. [13], с. 90-111	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	[1], с. 64-78; [4]-[5]; [6], с. 127-149; [7]-[11]

10				Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу. Підготовка до захисту лабораторної роботи №5 та практичного заняття №5.	4	
11	6. Технології застосування генетичних алгоритмів в наукових задачах з інформаційних технологій. [3], [13], с. 69-89; [14], с. 43-96; [16]	6. Мурашинні алгоритми для оптимізації в наукових задачах. Загальні принципи розробки мурашиних алгоритмів. Практичне застосування мурашиних алгоритмів при розробці моделей інформаційних технологій в наукових задачах. [13], с. 90-111	6. Ройовий інтелект в комбінаторній оптимізації при розв'язуванні наукових задач. Алгоритм оптимізації бджолоною колонією. [13], с. 124-135	Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу. Підготовка до лабораторної роботи №6 та практичного заняття №6.	4	[3], [13], с. 69-89; [14], с. 43-96
12				Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу. Підготовка до захисту лабораторної роботи №6 та практичного заняття №6. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу.	4	
13	7. Мурашинні алгоритми в якості основи моделей інформаційних технологій. [13], с. 90-111	7. Ройовий інтелект в комбінаторній оптимізації. Моделі поведінки у бджолиних алгоритмах. Алгоритм оптимізації бджолоною колонією. Практичне застосування ройового інтелекту та бджолої колонії при розробці моделей інформаційних технологій в наукових задачах. [13], с. 124-135	7. Теорія планування експерименту. Повний факторний експеримент. Дробовий факторний експеримент. [15]	Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу. Підготовка до лабораторної роботи №7 та практичного заняття №7.	4	[13], с. 90-111
14				Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу. Підготовка до захисту лабораторної роботи №7 та практичного заняття №7.	4	
15	8. Використання ройового інтелекту в комбінаторній	8. Теорія планування експерименту та її застосування при дослідженні	8. Теорія планування експерименту. Статична	Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу.	4	[13], с. 124-135

	оптимізації та бджолиних алгоритмів при розв'язуванні наукових задач з інформаційних технологій. [13], с. 124-135	результатів розв'язування наукових задач. Мета, принципи та моделювання експерименту. [15]	оптимізація об'єктів методом випадкового пошуку та градієнтним методом. Ортогональне та ротатабельне композиційне планування. [15]	Підготовка до лабораторної роботи №8 та практичного заняття №8.		
16				Опрацювання лекційного матеріалу. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу. Підготовка до захисту лабораторної роботи №8 та практичного заняття №8.	4	
17	9. Методи теорії планування експерименту. [15]	9. Підсумкове заняття (контрольна робота).	9. Підсумкове заняття.	Підготовка до контрольної роботи.	5	[15]

Примітка: * Лекції, практичні і лабораторні заняття проводяться по дві години; послідовність проведення занять визначається розкладом (може не відповідати нумерованим тижням)

Політика дисципліни.

Організація освітнього процесу з дисципліни відповідає вимогам положень про організаційне і навчально-методичне забезпечення освітнього процесу, освітній програмі та навчальному плану. Студент зобов'язаний відвідувати лекції, практичні та лабораторні заняття згідно з розкладом, не запізнюватися на заняття, завдання виконувати відповідно до графіка. Пропущене практичне чи лабораторне заняття студент зобов'язаний опрацювати самостійно у повному обсязі і відзвітувати перед викладачем не пізніше, ніж за тиждень до чергової атестації. До практичних занять студент має підготуватися за відповідною темою і проявляти активність. Набутті особою знання з дисципліни або її окремих розділів у неформальній освіті зараховуються відповідно до Положення про порядок перезарахування результатів навчання у ХНУ (<http://khnu.km.ua/root/files/01/06/03/006.pdf>).

Критерій оцінювання результатів навчання.

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 урахуванням коефіцієнта вагомості і встановлюється в автоматизованому режимі після внесення викладачем усіх оцінок до електронного журналу. При оцінюванні знань студентів використовуються різні засоби контролю, зокрема: усне опитування; засвоєння теоретичного матеріалу з тем перевіряється написанням контрольної роботи; якість виконання, набуття теоретичних знань і практичних навичок перевіряється шляхом розв'язання задач та захисту лабораторних робіт і написанням контрольної роботи. Оцінка, яка виставляється за лабораторну роботу, складається з таких елементів: знання теоретичного матеріалу з теми; вміння студента обґрунтувати прийняті рішення та розв'язувати задачі; своєчасне виконання завдання. Письмова контрольна робота проводиться на останньому практичному занятті і включає два теоретичні питання та три задачі.

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

Аудиторна робота										Самостійна, індивідуальна робота		Підсумковий контрольний захід								
1 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.

Співвідношення інституційної шкали оцінювання і шкали оцінювання ЕКТС

Оцінка ЕКТС	Інституційна шкала балів	Інституційна оцінка	Критерії оцінювання	
A	4,75-5,00	5	Зараховано	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 двома-трьома суттєвими помилками.
D	3,25-3,74	3		Задовільно – неповне опанування програмного матеріалу, але достатнє 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	Незараховано	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.

Питання для підсумкового контролю з дисципліни

1. Наукова задача з 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 зациклованню 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 бджолиною 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

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.

Розробник: д.т.н., проф. Олег САВЕНКО

Погоджено:

Зав. каф. КПС: к.т.н., доц. Ірина ЗАСОРНОВА

Гарант ОПП «КПІ»: к.т.н., доц. Дмитро МЕДЗАТИЙ

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.

Розробник:



д.т.н., проф. Олег САВЕНКО

Погоджено:

Зав. каф. КПС:



к.т.н., доц. І. ЗАСОРНОВА

Гарант ОПП «КІП»:



к.т.н., доц. Дмитро МЕДЗАТИЙ