

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ СЕМЕНА КУЗНЕЦЯ

ЗАТВЕРДЖЕНО

на засіданні кафедри
економічної кібернетики і системного аналізу
Протокол № 1 від 2 вересня 2024 р.

ПОГОДЖЕНО

Проректор з навчально-методичної роботи



Каріна НЕМАШКАЛО

ДОСЛІДЖЕННЯ ОПЕРАЦІЙ І МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ

робоча програма навчальної дисципліни (РПНД)

Галузь знань	07 «Управління та адміністрування»
Спеціальність	075 «Маркетинг»
Освітній рівень	перший (бакалаврський)
Освітня програма	Маркетинг

Статус дисципліни	обов'язкова
Мова навчання, навчання та оцінювання	українська

Розробник(и):

к.е.н., доц

Світлана ПРОКОПОВИЧ

к.т.н., доц.

Ольга ТЮТЮНИК

Завідувач кафедри
економічної кібернетики
і системного аналізу

Тетяна ШАБЕЛЬНИК

Гарант програми

Олена НЕБИЛИЦЯ

Харків
2024

ВСТУП

Актуальність навчальної дисципліни та її необхідність та роль у підготовці фахівців. Сучасний бізнес і виробничі процеси характеризуються великою кількістю змінних, складними взаємозв'язками та значними обмеженнями. Дослідження операцій дозволяє знаходити оптимальні рішення для складних завдань, таких як розподіл ресурсів, логістика, управління проєктами та виробничі процеси. Методи оптимізації допомагають компаніям знижувати витрати, збільшувати продуктивність та ефективно використовувати ресурси, що є критично важливим в умовах конкуренції та обмежених ресурсів. Таким чином, навчальна дисципліна "Дослідження операцій та методи оптимізації" є невід'ємною складовою сучасної освіти і практики, сприяючи вирішенню актуальних проблем бізнесу, економіки та технологій.

Програма вивчення обов'язкової навчальної дисципліни «Дослідження операцій і методи оптимізації» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавра зі спеціальності 075 «Маркетинг» ОП Маркетинг.

Об'єктом навчальної дисципліни є системи, процеси та явища, що пов'язані з прийняттям рішень у складних умовах, оптимальним використанням ресурсів і досягненням поставлених цілей.

Предметом вивчення навчальної дисципліни є сукупність методів розробки та реалізації оптимальних рішень в умовах обмеженості ресурсів.

Метою викладання навчальної дисципліни є формування системи теоретичних знань і оволодіння вмінням математичної постановки екстремальної задачі та вивчення умов та можливостей застосування методів рішення таких задач в реальних умовах.

Основними завданнями вивчення дисципліни є засвоєння основних понять теорії оптимізації, оволодіння практичними навичками прийняття рішень у процесі планування економічної діяльності в умовах обмеженості ресурсів за допомогою використання методів, алгоритмів та програмних засобів оптимізації.

Результати навчання та компетентності, які формує навчальна дисципліна визначено в табл. 1.

Таблиця 1

Результати навчання та компетентності, які формує навчальна дисципліна

Результати навчання	Компетентності, якими повинен оволодіти здобувач вищої освіти
PH6	ЗК3
PH8, PH12	ЗК4
PH2, PH4	ЗК8
PH12	ЗК11

де РН2. Аналізувати і прогнозувати ринкові явища та процеси на основі застосування фундаментальних принципів, теоретичних знань і прикладних навичок здійснення маркетингової діяльності;

РН4. Збирати та аналізувати необхідну інформацію, розраховувати економічні та маркетингові показники, обґрунтовувати управлінські рішення на основі використання необхідного аналітичного й методичного інструментарію.

РН6. Визначати функціональні області маркетингової діяльності ринкового суб'єкта та їх взаємозв'язки в системі управління, розраховувати відповідні показники, які характеризують результативність такої діяльності.

РН8. Застосовувати інноваційні підходи щодо провадження маркетингової діяльності ринкового суб'єкта, гнучко адаптуватися до змін маркетингового середовища.

РН12. Виявляти навички самостійної роботи, гнучкого мислення, відкритості до нових знань, бути критичним і самокритичним.

ЗК3. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК4. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК8. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

ЗК11. Здатність працювати в команді.

ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Зміст навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1

Методологічні основи дослідження операцій

Тема 1. Дослідження операцій як науковий підхід до аналізу економічних об'єктів і процесів.

1.1. Історія становлення дослідження операцій (ДО) як науки. Об'єкт, предмет, мета і завдання дослідження операцій. Розділи дослідження операцій.

Визначні науковці в історії формування науки дослідження операцій. Наукові товариства, наукові видання з питань дослідження операцій. Мета, об'єкт, предмет, задачі дослідження операцій. Розділи дослідження операцій.

1.2. Прямі та обернені задачі дослідження операцій.

Визначення прямої та оберненої задачі. Формулювання питань, на які відповідають пряма та обернена задачі. Загальна постановка задачі дослідження операцій в детермінованому та недетермінованому випадках. Детермінована задача, задача за умовами ризику, задача за умовами невизначеності.

1.3. Основні поняття дослідження операцій.

Поняття операції, оперуючої сторони, зовнішнього середовища. Поняття цілі операції. Поняття ефективності операції. Показник ефективності операції. Структурна схема операції. Приклади операцій економічного характеру.

1.4. Етапи операційного дослідження.

Визначення цілей. Формування плану розробки проекту. Формулювання проблеми. Побудова моделі. Вибір або розробка метода. Перевірка та коригування моделі. Реалізація результатів.

1.5. Основні поняття і класифікація задач оптимізації.

Основні поняття оптимізаційного моделювання. Класифікація задач оптимізації. Окремі класи задач математичного програмування.

1.6. Основні види оптимізаційних задач.

Основні види оптимізаційних задач. Загальна постановка задачі оптимізації. Задача оптимального використання сировини. Задача складання суміші (раціону). Задача оптимального завантаження устаткування. Задача на розкрій.

Тема 2. Загальна задача лінійного програмування та деякі з методів розв'язання

2.1. Постановка задачі лінійного програмування. Основні поняття.

Поняття лінійного програмування. Загальна, стандартна і канонічна задачі лінійного програмування (ЗЛП). Еквівалентність форм ЗЛП. Приведення задач лінійного програмування до стандартної форми. Додаткові змінні.

2.2. Властивості основної задачі лінійного програмування.

Поняття опорного і оптимального плану, базису, базисного рішення, виродженого і неvirодженого плану. Теореми про множину планів основної ЗЛП. Зв'язок властивостей ЗЛП з властивостями опуклих множин.

2.3. Графічний метод рішення задач лінійного програмування.

Графічний метод рішення ЗЛП. Поняття багатогранника і багатокутника рішень, градієнту, лінії рівня. Приклади областей допустимих рішень. Алгоритм пошуку оптимального плану ЗЛП на основі її геометричної інтерпретації.

2.4. Симплексний метод.

Теореми про оптимальність опорного плану. Загальне поняття симплекс-методу і його кроки. Симплекс-алгоритм і його етапи. Симплексна таблиця.

2.5. Метод штучного базису.

Розширена задача. Штучні змінні. Штучний план. Теорема про оптимальність плану розширеної задачі. Алгоритм методу штучного базису.

Тема 3. Теорія двоїстості та аналіз лінійних моделей оптимізаційних задач

3.1. Постановка двоїстої задачі.

Основні поняття: двоїста задача, двоїста пара. Правила побудови двоїстої задачі. Несиметричні і симетричні двоїсті задачі. Властивості пари двоїстих задач. Теореми двоїстості. Економічна інтерпретація двоїстих задач. Приклад пошуку оптимального плану двоїстої задачі на основі рішення прямої задачі.

3.2. Аналіз стійкості двоїстих оцінок.

Аналіз стійкості двоїстих оцінок.

3.3. Двоїстий симплекс-метод.

Поняття псевдоплану прямої задачі. Теореми (критерії оптимальності псевдоплану). Алгоритм двоїстого симплекс-метода.

Змістовий модуль 2.

Окремі лінійні та нелінійні методи оптимізації

Тема 4. Транспортна задача. Постановка, методи розв'язання та аналізу

4.1. Математична модель транспортної задачі.

Постановка транспортної задачі (ТЗ) та її математична модель. Відкрита і закрита модель ТЗ. Перетворення відкритої моделі в закриту. Опорний план транспортної задачі.

4.2. Методи побудови первісних опорних планів. Метод потенціалів.

Метод північно-західного кута. Метод мінімальної вартості. Метод подвійної переваги. Умова виродженості плану транспортної задачі.

Сутність методу потенціалів. Умова потенціальності. Критерій оптимальності рішення. Алгоритм рішення транспортної задачі методом потенціалів.

4.3. Модифікації транспортної задачі.

Пошук оптимального плану ТЗ з ускладненнями у постановці. Пошук рішення деяких економічних задач, що зводяться до транспортної.

Тема 5. Цілочислове програмування

5.1. Постановка задачі цілочислового програмування.

Постановка задачі цілочислового програмування. Економічна і геометрична інтерпретація задачі цілочислового програмування. Приклади економічних задач цілочислового програмування.

5.2. Методи рішення задач цілочислового програмування.

Метод Гоморі. Складання додаткових обмежень та їх геометричний зміст. Недоліки методу Гоморі.

Тема 6. Задачі параметричного програмування

6.1. Постановка задачі параметричного програмування.

Математична постановка задачі параметричного програмування. Економічна і геометрична інтерпретації задачі параметричного програмування.

6.2. Методи рішення задач параметричного програмування.

Методи рішення задач параметричного програмування. Рішення задачі, цільова функція якої має параметр. Рішення задачі, праві частини якої мають параметр.

Тема 7. Нелінійні оптимізаційні моделі економічних систем

7.1. Постановка задачі нелінійного програмування.

Постановка задачі нелінійного програмування. Економічна та геометрична інтерпретація задач нелінійного програмування.

7.2. Методи рішення задач нелінійного програмування.

Безумовна оптимізація. Чисельні методи оптимізації. Задачі з обмеженням на змінні. Метод множників Лагранжа.

7.3. Задачі опуклого програмування.

Постановка задачі опуклого програмування. Приклади задач опуклого програмування. Квадратичне програмування. Теорема Куна-Такера. Квадратична форма. Алгоритм пошуку рішення задачі квадратичного програмування.

7.4. Градієнтні методи пошуку рішень.

Градiєнтні методи пошуку рішень задач нелінійного програмування: Франка – Вульфа, штрафних функцій, Ерроу – Гурвица.

7.5. Задачі сепарабельного програмування.

Постановка задачі сепарабельного програмування. Метод кусочно-лінійної апроксимації.

Тема 8. Елементи теорії ігор

8.1. Предмет теорії ігор, основні поняття.

Конфліктні ситуації. Поняття гри. Стратегія гравця. Парна гра. Гра з нульовою сумою. Платіжна матриця. Максимінна та мінімаксна стратегії. Нижня ціна гри. Верхня ціна гри. Ігри з сідловою точкою. Змішані стратегії.

8.2. Зведення матричної гри до задачі лінійного програмування.

Зведення матричної гри до задачі лінійного програмування.

8.3. Ігри з природою.

Ігри з природою. Задача прийняття рішення в умовах ризику. Задача прийняття рішення в умовах невизначеності. Критерій Вальда. Критерій Гурвіца. Критерій Севіджа. Критерій Байеса.

Перелік практичних занять / завдань за навчальною дисципліною наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Перелік практичних занять

Назва теми та/або завдання	Зміст
Тема 1.	Вирішення практичних завдань щодо математичної постановки оптимізаційних задач
Тема 2.	Вирішення практичних завдань щодо пошуку оптимального плану ЗЛП за допомогою графічного методу Вирішення практичних завдань щодо пошуку оптимального плану ЗЛП за допомогою симплекс-методу
Тема 3.	Вирішення практичних завдань щодо визначення двоїстих оцінок, розв'язання ЗЛП двоїстим симплекс-методом
Тема 4.	Вирішення практичних завдань щодо пошуку оптимального плану перевезень, рішення ТЗ з ускладненою постановкою
Тема 5.	Вирішення практичних завдань щодо математичної постановки та пошуку оптимального плану задач цілочислового програмування
Тема 7.	Вирішення практичних завдань щодо математичної постановки та пошуку оптимального плану окремих задач нелінійного програмування

Перелік лабораторних занять наведено у табл. 3.

Таблиця 3

Перелік лабораторних занять

Назва теми та/або завдання	Зміст
Тема 2.	Виконання лабораторної роботи щодо розв'язання ЗЛП графічним методом у додатку GLP. Пошук оптимального плану виробництва
Тема 3.	Вирішення практичних завдань щодо пошуку оптимального плану прямої та двоїстої ЗЛП Пошук оптимального рішення двоїстої задачі, та дослідження стійкості отриманого рішення
Тема 4.	Пошук оптимального плану перевезень.
Тема 5.	Пошук оптимального плану капіталовкладень для розвитку підприємств галузі
Тема 7.	Пошук оптимального плану та аналіз стійкості розв'язку окремих задач нелінійного програмування

Перелік самостійної роботи за навчальною дисципліною наведено в табл. 4.

Таблиця 4

Перелік самостійної роботи

Назва теми та / або завдання	Зміст
Тема 1.	Пошук, підбір та огляд літературних джерел за заданою тематикою. Вирішення практичних завдань щодо математичної постановки оптимізаційних задач
Тема 2.	Пошук, підбір та огляд літературних джерел за заданою тематикою. Вирішення практичних завдань щодо пошуку оптимального плану ЗЛП за допомогою графічного методу. Вирішення практичних завдань щодо пошуку оптимального плану ЗЛП за допомогою симплекс-методу
Тема 3.	Пошук, підбір та огляд літературних джерел за заданою тематикою. Вирішення практичних завдань щодо пошуку оптимального плану прямої та двоїстої ЗЛП. Пошук оптимального рішення двоїстої задачі, та дослідження стійкості отриманого рішення
Тема 4.	Пошук, підбір та огляд літературних джерел за заданою тематикою. Вирішення практичних завдань щодо пошуку оптимального плану перевезень, рішення ТЗ з ускладненою постановкою
Тема 5.	Пошук, підбір та огляд літературних джерел за заданою тематикою. Вирішення практичних завдань щодо математичної постановки та пошуку оптимального плану задач цілочислового програмування
Тема 6.	Пошук, підбір та огляд літературних джерел за заданою тематикою
Тема 7.	Пошук, підбір та огляд літературних джерел за заданою тематикою. Вирішення практичних завдань щодо пошуку оптимального плану нелінійних задач оптимізації різними методами.
Тема 8.	Пошук, підбір та огляд літературних джерел за заданою тематикою

МЕТОДИ НАВЧАННЯ

У процесі викладання навчальної дисципліни для активізації навчально-пізнавальної діяльності студентів передбачене застосування як активних, так і інтерактивних навчальних технологій, серед яких:

Словесні (лекція (Теми 1-8), міні-лекція (Тема 3)).

Наочні (презентації та банки візуального супроводу (Теми 1-8)).

Практичні (практична робота (Теми 1-5, 7), лабораторна робота (Теми 2-5, 7), робота в малих групах (Теми 1, 2, 4, 7)).

ФОРМИ ТА МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ

Університет використовує 100 бальну накопичувальну систему оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти.

Поточний контроль здійснюється під час проведення лекційних, практичних, лабораторних занять і має на меті перевірку рівня підготовленості здобувача вищої освіти до виконання конкретної роботи і оцінюється сумою набраних балів:

– для дисциплін з формою семестрового контролю екзамен (іспит): максимальна сума – 60 балів; мінімальна сума, що дозволяє здобувачу вищої освіти скласти екзамен (іспит) – 35 балів.

Підсумковий контроль включає семестровий контроль та атестацію здобувача вищої освіти.

Семестровий контроль проводиться у формі семестрового екзамену (іспиту). Складання семестрового екзамену (іспиту) здійснюється під час екзаменаційної сесії.

Максимальна сума балів, яку може отримати здобувач вищої освіти під час екзамену (іспиту) – 40 балів. Мінімальна сума, за якою екзамен (іспит) вважається складеним – 25 балів.

Підсумкова оцінка за навчальною дисципліною визначається сумуванням балів за поточний та підсумковий контроль.

Під час викладання навчальної дисципліни використовуються наступні контрольні заходи:

захист індивідуальних розрахункових завдань (28 балів);

проведення поточного тестування (18 балів);

колоквіуми (14 балів) .

Семестровий контроль: Екзамен (40 балів).

Більш детальну інформацію щодо системи оцінювання наведено в робочому плані (технологічній карті) з навчальної дисципліни.

Приклад екзаменаційного білета та критерії оцінювання для навчальної дисципліни з формою семестрового контролю екзамен (іспит)).

Приклад екзаменаційного білета

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ
СЕМЕНА КУЗНЕЦЯ

Освітній рівень Бакалавр

Семестр __

Спеціальність 075 «Маркетинг»

Навчальна дисципліна «Дослідження операцій і методи оптимізації»

Екзаменаційний білет №1

Завдання 1

Мета - оцінка когнітивних знань студента з дисципліни, що дозволяє визначити рівень володіння навчальним матеріалом.

Тестові запитання одиничного і множинного вибору «Екзаменаційні тести» знаходяться в кореновому каталозі дисципліни «Дослідження операцій та методи оптимізації» на сайті системи дистанційного навчання <https://pns.hneu.edu.ua/>

Завдання 2

Мета – оцінка здатності студента застосовувати отримані знання на практиці для вирішення широкого класу задач управління різними соціально - економічними об'єктами (процесами)

М'ясокомбінат має в своєму складі чотири заводи, на кожному з яких може виготовлятися три види ковбасних виробів. Потужності кожного із заводів, щоденні потреби в ковбасних виробках, а також собівартість 1 т кожного виду виробів наведені нижче.

Вихідні дані

Завод	Види ковбасних виробів			Потужності, т / добу
	B ₁	B ₂	B ₃	
A ₁	1	3	4	40
A ₂	2	1	8	25
A ₃	8	3	6	30
A ₄	4	2	1	25
Потреби, т	45	50	35	

Знайти такий розподіл випуску ковбасних виробів між заводами, який мінімізує сумарну собівартість (у.о.). Як зміниться оптимальний план, якщо стане відомо, що попит на другий і третій вид ковбасних виробів повинен бути задоволений повністю?

Завдання 3

Мета – оцінка креативності мислення студента, його здатності інтегрувати отримані знання для вибору і застосування оптимізаційних методів і моделей для оцінки, аналізу і планування соціально-економічних процесів.

Фірма спеціалізується на виробництві меблів для житлових приміщень. Вона може виробляти два типи меблевих гарнітурів «Оксана» і «Стелла», що вимагає різних витрат праці на кожній стадії виробництва. Вихідні дані наведені нижче.

Вихідні дані

Виробнича ділянка	Обсяги робіт (чол-год) на 1 гарнітур типу:		Запас часу (чол-год)
	«Оксана»	«Стелла»	
Лісопильня	3	2	190
Збиральний цех	2	3	160
Оздоблювальний цех	0,5	0,1	100
Дохід від реалізації 1 гарнітура (грн)	8000	9000	
Собівартість виробництва 1 гарнітура (грн.)	7250	8120	

Потрібно скласти тижневий план виробництва меблевих гарнітурів з метою максимізації сумарного прибутку, а також скласти двоїсту задачу і визначити її оптимальний план. Зробіть економічні висновки.

Затверджено на засіданні кафедри економічної кібернетики і системного аналізу.

Протокол №__ від _____ р.

Зав. кафедрою _____ / Тетяна ШАБЕЛЬНИК

Екзаменатор _____ / Світлана ПРОКОПОВИЧ

Критерії оцінювання

Екзаменаційний білет включає одно стереотипне, одно діагностичне та одне евристичне завдання, які оцінюються відповідно до Тимчасового положення «Про порядок оцінювання результатів навчання студентів за накопичувальною бально-рейтинговою системою» ХНЕУ ім. С. Кузнеця.

Перше завдання спрямоване на оцінку когнітивних знань студента за дисципліною, що дозволяє визначити рівень володіння навчальним матеріалом. Максимальна кількість балів дорівнює 10. Для оцінювання використовується наступний критерій:

$$\text{Кількість балів} = \frac{\text{відсоток правильних відповідей} \cdot 10}{100\%}$$

Друге завдання дає можливість визначити здатність студента застосовувати отримані знання на практиці для вирішення широкого класу задач управління різними соціально – економічними об'єктами (процесами). При оцінці даного завдання використовуються наступні критерії:

15 балів – за повністю вірно розв'язане завдання, з повним обґрунтуванням отриманих висновків і поданням пояснень студента;

12 – 14 балів – при наявності вірно розв'язаного завдання, з недосить повним обґрунтуванням отриманих висновків і поданням пояснень студента;

9 – 11 балів – при наявності правильного рішення, але при відсутності його

обґрунтування і пояснень;

5 – 8 балів – якщо завдання вирішене частково, тобто відсутні остаточні висновки або в ході рішення була допущена технічна помилка;

1 – 4 балів – у випадку якщо студент продемонстрував лише знання загального ходу рішення або основних співвідношень запропонованої моделі;

0 балів – якщо завдання не розв'язане.

Третє завдання спрямоване на виявлення креативності мислення студента, його здібності інтегрувати отримані знання для вибору і застосування оптимізаційних методів і моделей з метою оцінки, аналізу і планування соціально-економічних процесів. При оцінці даного завдання використовуються наступні критерії:

15 балів студент одержує за повністю чітко і логічно послідовно розв'язане завдання, з повним обґрунтуванням обраного ходу розв'язання й отриманих висновків, змістовною економічною інтерпретацією отриманих результатів і сформованих управлінських рішень.

13 – 14 балів – студент одержує за повністю логічно послідовно розв'язане завдання, з недосить повним обґрунтуванням обраного ходу розв'язання й отриманих висновків;

10 – 12 балів – якщо завдання розв'язане не повністю, не повне економічне обґрунтування, не повні висновки;

7 – 9 балів – якщо дослідження запропонованої моделі не було повним та відсутнє обґрунтування або не зроблені чіткі логічні висновки;

4 – 6 балів – якщо в ході дослідження була допущена логічна помилка, що вплинула на хід розв'язання й остаточні висновки;

1 – 3 балів – якщо студент зміг тільки запропонувати деякий шлях розв'язання, але не зміг провести дослідження моделі або тільки почав таке дослідження;

0 балів – у випадку, якщо завдання повністю не розв'язано.

Округлення отриманих балів здійснюється за загальними правилами округлення.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Григорків В.С. Оптимізаційні методи та моделі : підручник / В.С. Григорків, М.В. Григорків, О.І. Ярошенко. – Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2022. – 440 с.

2. Дослідження операцій в економіці : підручник / О. І. Черняк та ін. ; ред. О. І. Черняк. Миколаїв : МНАУ, 2020. 398 с.

3. Малкіна В. М. Дослідження операцій: навчальний посібник / В. М. Малкіна, О. Г. Зінов'єва, М.Ю. Мірошніченко. – Мелітополь: Люкс, 2020. – 201 с.

4. Методи оптимізації та дослідження операцій [Текст] : навчальний

посібник / Укладачі: Я. Б. Сікора, А.Й. Щехорський, Б.Л. Якимчук. – Житомир: Вид-во ЖДУ ім. Івана Франка, 2019. – 148 с.

5. Методи оптимізації та дослідження операцій: навчальний посібник / О. О. Ємець. - Полтава : ПУЕТ, 2019. - Ч. 2. - 139 с. – [Електронний ресурс] . – Режим доступу : <http://dspace.puet.edu.ua/handle/123456789/8599> .

6. Оптимізаційні методи та моделі : навчальний посібник /. Н. В. Буреннікова, О. В. Зелінська, І. М. Ушкаленко, Ю. Ю. Буренніков. – Вінниця : ВНТУ, 2019. - 122 с.

Додаткова

7. Дослідження операцій та методи оптимізації. Методичні рекомендації до лабораторних робіт для студентів усіх спеціальностей першого (бакалаврського) рівня [Електронний ресурс] / укл. С. В. Прокопович, О. В. Панасенко, Л. О. Чаговець [та ін.]; Харківський національний економічний університет ім. С. Кузнеця. - Електрон. текстові дан. (10,2 МБ). – Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2019. - 61 с. - Загол. з титул. екрану. Режим доступу : <http://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/21820>

8. Дослідження операцій та методи оптимізації. Методичні рекомендації до практичних завдань для студентів усіх спеціальностей першого (бакалаврського) рівня [Електронний ресурс] / укл. С.В. Прокопович, О.В. Панасенко, Л.О. Чаговець; Харківський національний економічний університет ім. С. Кузнеця. - Електрон. текстові дан. (373 КБ). - Х. : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2019. - 63 с. - Загол. з титул. екрану. Режим доступу : <http://repository.hneu.edu.ua/handle/123456789/21045>

9. Дослідження операцій: навчальний посібник для студентів напряму підготовки 6.030502 «Економічна кібернетика» всіх форм навчання / Т. С. Клебанова, О. Ю. Полякова, Н. Л. Чернова, Л. О. Чаговець, О. В. Панасенко. – Харків : Вид. ХНЕУ, 2013. – 192 с.

10. Кутова О. Загальна постановка завдань оптимізації технологічних параметрів у фармацевтичних дослідженнях / Кутова О., Сагайдак-Нікітюк Р., Кутовий Д. // *Norwegian Journal of Development of the International Science*. 2021. №62-1. – С. 37-40.

11. Математичне моделювання процесів і систем [Електронний ресурс] : Навч. посіб. / А. І. Жученко, Л. Р. Ладієва, М. С. Піргач, Я. Ю. Жураковський. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 351 с. Математичне програмування : метод. реком. з вивч. дисципліни та виконання контрольних робіт здобувачами вищої освіти / О. В. Шобаніна та ін. Миколаїв : МНАУ, 2020. 132 с.

12. Оптимізаційні методи та моделі в підприємницькій діяльності: Навчальний посібник. / Л.О. Волонтир, Н.А. Потапова, І.М. Ушкаленко, І.А. Чіков., Вінницький національний аграрний університет. – Вінниця: ВНАУ, 2020 – 404 с.

13. Осипенко С.М. Обґрунтування цін на продукцію підприємства на основі оптимізаційних моделей / Осипенко С.М., Романчик Т. В., Писаревський С. В. // *Бізнес Інформ*. 2020. №6 (509). – С. 145-151.

14. Fomenko D., Kostenko V. Optimization increase of the rotors in gas

pumping machines with the simplex method // The Scientific Heritage. 2019. №39-1 (39). – С. 58-62.

15. Modern Optimization Methods for Science, Engineering and Technology/ Edited by G R Sinha Myanmar Institute of Information Technology Mandalay, Myanmar/ IOP Publishing, Bristol, UK, 2020. – 433 p.

Інформаційні ресурси

16. Прокопович С.В. Навчальна дисципліна «Дослідження операцій та методи оптимізації» [Електронний ресурс] / С. В. Прокопович, О.О.Тютюнник. – Режим доступу : <https://pns.hneu.edu.ua/course/view.php?id=9243>

17. ACML 2020 Tutorial: Optimization Methods for Machine Learning. - <http://www.acsu.buffalo.edu/~haimonti/tutorial.html>