

Державний вищий навчальний заклад
«Ужгородський національний університет»
Факультет інформаційних технологій
Кафедра інформаційних управляючих систем та технологій

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Декан факультету
інформаційних технологій
Ігор ПЛОВХАН

« 12 » _____ 2025 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
МЕРЕЖЕВІ ЗАДАЧІ ОПТИМІЗАЦІЇ

| | |
|---------------------|---------------------------|
| Рівень вищої освіти | другий, магістерський |
| Галузь знань | F Інформаційні технології |
| Спеціальність | F3 Комп'ютерні науки |
| Освітня програма | Комп'ютерні науки |
| Статус дисципліни | обов'язкова |
| Мова навчання | українська |


Ужгород 2025

Робоча програма навчальної дисципліни «Мережеві задачі оптимізації» для здобувачів вищої освіти галузі знань **F** «Інформаційні технології» спеціальності **F3** «Комп'ютерні науки» освітньої програми «Комп'ютерні науки».

Розробники: Стецюк П.І., д. т. н., професор, професор кафедри інформаційних управляючих систем та технологій, член-кореспондент НАНУ; Міца О.В., д. т. н., завідувач кафедри інформаційних управляючих систем та технологій.

Робочу програму розглянуто та затверджено на засіданні кафедри *інформаційних управляючих систем та технологій*

протокол №11 від «06» червня 2025 року

Завідувач кафедри  Олександр МІЦА

«06» червня 2025 року

Схвалено науково-методичною комісією факультету інформаційних технологій протокол № 10 від «12» червня 2025 р.

ТВО голови науково-методичної комісії  Ігор ПОВХАН

© Стецюк П.І., Міца О.В., 2025 р.

© ДВНЗ «Ужгородський національний університет», 2025 р.

1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

| Найменування показників | Розподіл годин за навчальним планом | |
|---|-------------------------------------|-----------------------|
| | Денна форма навчання | Заочна форма навчання |
| Кількість кредитів ЄКТС — 3 | Рік підготовки: | |
| Загальна кількість годин — 90 | 1-й | 1-й |
| Кількість модулів — 1 | Семестр: | |
| | 1-й | 1-й |
| Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2 год самостійної роботи студента – 3 год | Лекції: | |
| | 22 год | 8 год |
| | Практичні: | |
| | 14 год | 0 год |
| Вид підсумкового контролю: екзамен | Лабораторні: | |
| | — | — |
| Форма підсумкового контролю: комбінована | Самостійна робота: | |
| | 56 год | 82 год |
| | Індивідуальна робота: | |
| | — | — |

2. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мета вивчення дисципліни «Мережеві задачі оптимізації» — формування у магістрів системних знань про математичні моделі, методи та програмні інструменти для розв’язання задач оптимізації на мережах, потоках і транспортних структурах, а також набуття практичних навичок побудови, аналізу та реалізації таких моделей засобами сучасних мов моделювання й обчислювальних платформ. У курсі розглядаються принципи роботи NEOS-сервера та NEOS-солверів, мова AMPL як універсальний засіб опису задач лінійного, цілочислового та нелінійного програмування, а також застосування програмних комплексів Gurobi і MINOS для розв’язання задач великої розмірності. Значну увагу приділено мережевим моделям оптимізації — транспортним і двоетапним транспортним задачам, потокам мінімальної вартості, моделям відмовостійких мереж, а також практичним аспектам побудови й тестування AMPL-кодів у середовищі NEOS.

Дисципліна поєднує теоретичні основи оптимізації з прикладним використанням сучасних алгоритмічних і програмних засобів, формуючи компетентності для дослідження, проектування та ефективного управління складними мережевими системами в технічних, економічних і інформаційних галузях.

Відповідно до освітньої програми, вивчення дисципліни сприяє формуванню у здобувачів вищої освіти таких компетентностей:

ІНТ. Здатність розв'язувати задачі дослідницького та інноваційного характеру у сфері інформаційних систем та технологій.

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК5. Здатність вчитися й оволодівати сучасними знаннями.

ЗК7. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

ФК1. Усвідомлення теоретичних засад комп'ютерних наук.

ФК3. Здатність використовувати математичні методи для аналізу формалізованих моделей предметної області.

ФК5. Здатність розробляти, описувати, аналізувати та оптимізувати архітектурні рішення інформаційних та комп'ютерних систем різного призначення.

ФК6. Здатність застосовувати існуючі і розробляти нові алгоритми розв'язування задач у галузі комп'ютерних наук.

ФК7. Здатність розробляти програмне забезпечення відповідно до сформульованих вимог з урахуванням наявних ресурсів та обмежень.

ФК8. Здатність розробляти і реалізовувати проекти зі створення програмного забезпечення, у тому числі в непередбачуваних умовах, за нечітких вимог та необхідності застосовувати нові стратегічні підходи, використовувати програмні інструменти для організації командної роботи над проектом.

ФК9. Здатність розробляти та адмініструвати бази даних та знань.

ФК10. Здатність оцінювати та забезпечувати якість ІТ-проектів, інформаційних та комп'ютерних систем різного призначення, застосовувати міжнародні стандарти оцінки якості програмного забезпечення інформаційних та комп'ютерних систем, моделі оцінки зрілості процесів розробки інформаційних та комп'ютерних систем.

ФК11. Здатність ініціювати, планувати та реалізовувати процеси розробки інформаційних та комп'ютерних систем та програмного забезпечення, включно з його розробкою, аналізом, тестуванням, системною інтеграцією, впровадженням і супроводом.

3. ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Відповідно до освітньо-професійної програми «Комп'ютерні науки» вивчення навчальної дисципліни повинно забезпечити досягнення здобувачами вищої освіти таких програмних результатів навчання (ПРН):

| Програмні результати навчання | Шифр ПРН |
|--|----------|
| Мати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки у сфері комп'ютерних наук і є основою для оригінального мислення та проведення досліджень, критичне осмислення проблем у сфері комп'ютерних наук та на межі галузей знань. | ПРН1 |
| Мати спеціалізовані уміння/навички розв'язання проблем комп'ютерних | ПРН2 |

| | |
|--|-------|
| наук, необхідні для проведення досліджень та/або провадження інноваційної діяльності з метою розвитку нових знань та процедур. | |
| Управляти робочими процесами у сфері інформаційних технологій, які є складними, непередбачуваними та потребують нових стратегічних підходів. | ПРН4 |
| Розробляти концептуальну модель інформаційної або комп'ютерної системи. | ПРН6 |
| Розробляти та застосовувати математичні методи для аналізу інформаційних моделей. | ПРН7 |
| Розробляти математичні моделі та методи аналізу даних (включно з великим). | ПРН8 |
| Розробляти алгоритмічне та програмне забезпечення для аналізу даних (включно з великими). | ПРН9 |
| Проектувати архітектурні рішення інформаційних та комп'ютерних систем різного призначення | ПРН10 |
| Створювати нові алгоритми розв'язування задач у сфері комп'ютерних наук, оцінювати їх ефективність та обмеження на їх застосування. | ПРН11 |
| Проектувати та супроводжувати бази даних та знань. | ПРН12 |
| Оцінювати та забезпечувати якість інформаційних та комп'ютерних систем різного призначення. | ПРН13 |
| Тестувати програмне забезпечення. | ПРН14 |
| Виявляти потреби потенційних замовників щодо автоматизації обробки інформації. | ПРН15 |
| Виконувати дослідження у сфері комп'ютерних наук. | ПРН16 |
| Виявляти та усувати проблемні ситуації в процесі експлуатації програмного забезпечення, формулювати завдання для його модифікації або реінжинірингу. | ПРН17 |
| Збирати, формалізувати, систематизувати і аналізувати потреби та вимоги до інформаційної або комп'ютерної системи, що розробляється, експлуатується чи супроводжується | ПРН18 |
| Аналізувати сучасний стан і світові тенденції розвитку комп'ютерних наук та інформаційних технологій. | ПРН19 |

Очікувані результати навчання, які повинні бути досягнуті здобувачами освіти після опанування навчальної дисципліни «Мережеві задачі оптимізації»:

| Очікувані результати навчання | Шифр ПРН |
|--|-----------------|
| Знати сучасні наукові досягнення у сфері оптимізаційних методів і мережевих моделей; вміти критично осмислювати проблеми оптимізації складних систем; мати навички проведення міждисциплінарних досліджень із використанням AMPL і NEOS. | ПРН1 |
| Знати методи аналізу та розв'язання задач лінійного, цілочислового й нелінійного програмування; вміти будувати та досліджувати математичні моделі оптимізації; мати навички практичного використання солверів Gurobi, MINOS та NEOS. | ПРН2 |
| Знати принципи управління обчислювальними процесами в оптимізаційних системах; вміти налаштовувати роботу AMPL-моделей і NEOS-солверів для різних класів задач; мати навички організації ефективного обчислювального експерименту. | ПРН4 |
| Знати структуру інформаційних систем підтримки оптимізаційних | ПРН6 |

| | |
|--|-------|
| обчислень; вміти розробляти концептуальні моделі оптимізаційних або мережевих систем; мати навички реалізації таких моделей у вигляді AMPL-кодів. | |
| Знати математичні методи для аналізу та розв'язання задач потоків і транспортування; вміти формулювати аналітичні моделі для транспортних і двоетапних задач; мати навички застосування NEOS-сервера для їх реалізації. | ПРН7 |
| Знати методи побудови та дослідження великих моделей оптимізації; вміти розробляти AMPL-моделі для задач ЛП, ЦЛП і НЛП; мати навички тестування продуктивності різних солверів і вибору оптимального. | ПРН8 |
| Знати алгоритмічні основи програмного забезпечення для аналізу даних і оптимізації; вміти створювати скрипти й процедури автоматизації запуску задач на NEOS; мати навички роботи з інтерфейсами Gurobi та AMPL. | ПРН9 |
| Знати принципи побудови архітектури оптимізаційних систем; вміти проектувати модульні рішення для задач транспортної логістики й мережевого планування; мати навички інтеграції AMPL із зовнішніми обчислювальними середовищами. | ПРН10 |
| Знати сучасні алгоритми пошуку оптимуму та методи прискорення обчислень; вміти розробляти нові схеми розв'язання мережевих задач; мати навички оцінювання ефективності алгоритмів за критеріями точності й часу. | ПРН11 |
| Знати методи проектування баз даних для зберігання параметрів оптимізаційних задач; вміти реалізовувати структури даних для AMPL-моделей; мати навички супроводу баз знань і оптимізаційних результатів. | ПРН12 |
| Знати методи забезпечення якості оптимізаційних рішень; вміти проводити аналіз похибок і перевірку стійкості моделей; мати навички валідації результатів обчислень, отриманих NEOS-солверами. | ПРН13 |
| Знати принципи тестування програмних реалізацій оптимізаційних моделей; вміти проводити відлагодження AMPL-програм; мати навички використання тестових наборів і статистичних методів перевірки. | ПРН14 |
| Знати потреби користувачів у системах автоматизованої оптимізації; вміти аналізувати прикладні задачі для розробки відповідних моделей; мати навички консультування замовників щодо вибору інструментів оптимізації. | ПРН15 |
| Знати методологію наукових досліджень у галузі оптимізаційних обчислень; вміти планувати експерименти з використанням NEOS і Gurobi; мати навички оформлення результатів у вигляді наукових звітів і публікацій. | ПРН16 |
| Знати методи аналізу помилок і модифікації оптимізаційних систем; вміти виявляти неефективні алгоритми та проводити реінжиніринг моделей; мати навички адаптації AMPL-кодів до нових вимог. | ПРН17 |
| Знати принципи системного аналізу в галузі комп'ютерних наук; вміти збирати й систематизувати вимоги до оптимізаційних систем; мати навички формалізації постановок задач для їх подальшого програмного розв'язання. | ПРН18 |
| Знати сучасні тенденції розвитку комп'ютерних та інформаційних технологій оптимізації; вміти аналізувати стан програмних засобів NEOS і AMPL; мати навички вибору інноваційних інструментів для розв'язання мережевих задач. | ПРН19 |

4. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання з навчальної дисципліни є:

- виконання та захист лабораторних робіт;
- модульні контрольні роботи;
- екзамен.

Форми контролю та критерії оцінювання результатів навчання

Форми поточного контролю: виконання та захист лабораторних робіт.

Форма модульного контролю: письмова контрольна робота.

Форма підсумкового семестрового контролю: комбінований екзамен.

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти

| Поточне оцінювання та самостійна робота | | | | | Модульна контрольна робота | Сума |
|---|----|----|----|----|----------------------------|------|
| T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | 40 | 100 |
| 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | | |

Оцінювання окремих видів навчальної роботи з дисципліни

| Вид діяльності здобувача вищої освіти | Модуль 1 | |
|---|-----------|---------------------------------------|
| | Кількість | Максимальна кількість балів (сумарна) |
| Лабораторні заняття (допуск, виконання та захист) | 6 | 60 |
| Модульна контрольна робота | 1 | 40 |
| Разом | | 100 |

Критерії оцінювання модульної контрольної роботи

Після виконання програми змістового модулю у визначений термін студент повинен написати контрольну роботу, яка складається із теоретичної та практичної частин, кожна з яких оцінюється у межах від 0 до 20 балів. Максимальна оцінка за модульну контрольну роботу — 40 балів, максимальна оцінка за модульний контроль — 100 балів. Якщо студент не був присутнім на модульному контролі, або бажає його перескласти, то він має право повторно пройти контроль відповідно до Положення про організацію освітнього процесу в ДВНЗ «Ужгородський національний університет».

Критерії оцінювання підсумкового семестрового контролю

До складання екзамену допускаються здобувачі вищої освіти, які мають підсумковий доекзаменаційний рейтинговий бал не менше 35. Здобувач вищої освіти, доекзаменаційний рейтинговий бал якого складає від 0 до 34 балів, зобов'язаний покращити його до початку екзамену під час чергування викладачів на кафедрі у терміни, визначені викладачем дисципліни та погоджені деканатом факультету. У протилежному випадку здобувач не допускається до екзамену, і у нього виникає академічна заборгованість.

Здобувач вищої освіти може не складати екзамен з навчальної дисципліни, якщо він успішно пройшов усі модульні контролю та його влаштовує підсумкова доекзаменаційна рейтингова оцінка за навчальний рік. Здобувачі вищої освіти, рейтинговий бал яких становить від 35 до 59, зобов'язані складати екзамен. Здобувач освіти може підвищити на екзамені рейтинговий бал, при цьому, за результатами складання екзамену оцінка не може бути менша за доекзаменаційний рейтинговий бал. На екзамен вноситься навчальний матеріал семестру. Екзаменаційний білет складається з теоретичних питань та практичних завдань. Екзамен проводиться в комбінованій формі. Теоретична частина проводиться письмово, практична частина полягає у виконанні завдань на комп'ютері і їх подальшому захисті. Оцінювання результатів навчання на екзамені здійснюється за 100-бальною шкалою. Оцінка за екзамен вноситься у відомість обліку успішності.

Переведення даних 100-бальної шкали оцінювання у оцінки за національною шкалою та шкалою ЄКТС

| Сума балів за всі види навчальної діяльності | Оцінка ЄКТС | Оцінка за національною шкалою | |
|--|-------------|-------------------------------|---------------|
| | | екзамен, диф. залік | залік |
| 90 – 100 | A | відмінно | зараховано |
| 82-89 | B | добре | |
| 74-81 | C | | |
| 64-73 | D | | |
| 60-63 | E | задовільно | не зараховано |
| 35-59 | FX | незадовільно | |
| 0-34 | F | | |

Оцінка відмінно (A) виставляється, коли студент дає абсолютно правильні відповіді на теоретичні питання з викладенням оригінальних висновків, отриманих на основі програмного, додаткового матеріалу та нормативних документів. При виконанні практичного завдання студент застосовує системні знання навчального матеріалу, передбачені навчальною програмою.

Оцінка добре (B) виставляється студенту, який повністю розкрив теоретичні питання на основі програмного та додаткового матеріалу. При виконанні практичних завдань студент застосовує узагальнені знання навчального матеріалу, передбачені навчальною програмою.

Оцінка добре (C) виставляється студенту, який повністю розкрив теоретичні питання, а програмний матеріал викладено у відповідності до вимог. Практичні завдання виконані в цілому правильно, але мають місце окремі неточності.

Оцінка задовільно (D) виставляється, коли студент розкрив теоретичні питання, проте при викладенні програмного матеріалу допущені окремі помилки. При виконанні практичних завдань студент припускається помилок, за рахунок недостатнього розуміння програмного матеріалу.

Оцінка задовільно (E) виставляється, коли студент неповністю розкрив теоретичні питання, відповідь містить суттєві помилки. При виконанні практичних завдань студент припускається значних помилок, а виконання завдань викликає значні труднощі у студента.

Оцінка незадовільно (FX) виставляється студенту, який не розкрив теоретичні питання і не може виконати практичні завдання. Як правило такий студент виявляє здатність до викладення думки лише на елементарному рівні.

Оцінка незадовільно (F) виставляється студенту, який не виконав навчальну програму або якийсь серйозний елемент її складової, має фрагментарні знання, які не дозволяють розкрити теоретичні питання і виконати практичні завдання.

5. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

5.1. Зміст навчальної дисципліни

Тема 1. NEOS-сервер та NEOS-солвер як інтерфейс для розв'язання оптимізаційних задач.

Тема 2. Мова моделювання AMPL як засіб опису задач математичного програмування.

Тема 3. Задачі лінійного програмування (ЛП) та їх розв'язання за допомогою NEOS-солвера.

Тема 4. Програма Gurobi як сучасний засіб розв'язання задач ЛП великих розмірів.

Тема 5. Задачі цілочислового лінійного програмування та програми NEOS-солвера.

Тема 6. Задачі нелінійного програмування та їх розв'язання за допомогою NEOS-солвера.

Тема 7. Програма MINOS – засіб розв'язання задач лінійного та нелінійного програмування.

Тема 8. Транспортна матрична задача та її AMPL-код.

Тема 9. Двоетапна транспортна задача та її AMPL-реалізація.

Тема 10. Дві ЛП-задачі для відмовостійкої мережі.

5.2. Структура навчальної дисципліни

| Назви змістових модулів і тем | Кількість годин | | | | | | | | | | | |
|--|-----------------|--------------|-----------|-------------|----------------------|-------------------|--------------|--------------|-----------|-------------|----------------------|-------------------|
| | денна форма | | | | | | заочна форма | | | | | |
| | усього | у тому числі | | | | | усього | у тому числі | | | | |
| | | лекції | практичні | лабораторні | індивідуальна робота | самостійна робота | | лекції | практичні | лабораторні | індивідуальна робота | самостійна робота |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| Тема 1. NEOS-сервер та NEOS-солвер як інтерфейс для розв'язання оптимізаційних задач. | 8 | 2 | | | | 6 | 8 | 1 | | | | 7 |
| Тема 2. Мова моделювання AMPL як засіб опису задач математичного програмування. | 8 | 2 | | | | 6 | 8 | 1 | | | | 7 |
| Тема 3. Задачі лінійного програмування (ЛП) та їх розв'язання за допомогою NEOS-солвера. | 8 | 2 | 2 | | | 4 | 8 | 1 | | | | 7 |
| Тема 4. Програма Gurobi як сучасний засіб розв'язання задач ЛП великих розмірів. | 8 | 2 | | | | 6 | 8 | 1 | | | | 7 |
| Тема 5. Задачі цілочислового лінійного програмування та програми NEOS-солвера. | 8 | 2 | 2 | | | 4 | 8 | 1 | | | | 7 |
| Тема 6. Задачі нелінійного програмування та їх розв'язання за допомогою NEOS-солвера. | 10 | 2 | 2 | | | 6 | 10 | 1 | | | | 9 |
| Тема 7. Програма MINOS – засіб розв'язання задач лінійного та нелінійного програмування. | 10 | 2 | | | | 8 | 10 | 1 | | | | 9 |
| Тема 8. Транспортна матрична задача та її AMPL-код. | 10 | 2 | 4 | | | 4 | 10 | 1 | | | | 9 |
| Тема 9. Двоетапна транспортна задача та її AMPL-реалізація. | 10 | 2 | 4 | | | 4 | 10 | | | | | 10 |
| Тема 10. Дві ЛП-задачі для відмовостійкої мережі. | 10 | 4 | | | | 6 | 10 | | | | | 10 |
| Разом за весь курс | 90 | 22 | 14 | | | 56 | 90 | 8 | | | | 82 |

5.3. Теми лабораторних занять

| № з/п | Назва теми | Кількість годин | |
|-------|--|-----------------|----------|
| | | денна | заочна |
| 1. | Задачі лінійного програмування (ЛП) та їх розв'язання за допомогою NEOS-солвера. | 2 | |
| 2. | Задачі цілочислового лінійного програмування та програми NEOS-солвера. | 2 | |
| 3. | Задачі нелінійного програмування та їх розв'язання за допомогою NEOS-солвера. | 2 | |
| 4. | Транспортна матрична задача та її AMPL-код. | 4 | |
| 5. | Двоетапна транспортна задача та її AMPL-реалізація. | 4 | |
| | Разом | 14 | 0 |

5.4. Самостійна робота

| № з/п | Назва теми | Кількість годин | |
|-------|--|-----------------|-----------|
| | | денна | заочна |
| 1. | NEOS-сервер та NEOS-солвер як інтерфейс для розв'язання оптимізаційних задач. | 6 | 7 |
| 2. | Мова моделювання AMPL як засіб опису задач математичного програмування. | 6 | 7 |
| 3. | Задачі лінійного програмування (ЛП) та їх розв'язання за допомогою NEOS-солвера. | 4 | 7 |
| 4. | Програма Gurobi як сучасний засіб розв'язання задач ЛП великих розмірів. | 6 | 7 |
| 5. | Задачі цілочислового лінійного програмування та програми NEOS-солвера. | 4 | 7 |
| 6. | Задачі нелінійного програмування та їх розв'язання за допомогою NEOS-солвера. | 6 | 9 |
| 7. | Програма MINOS – засіб розв'язання задач лінійного та нелінійного програмування. | 8 | 9 |
| 8. | Транспортна матрична задача та її AMPL-код. | 4 | 9 |
| 9. | Двоетапна транспортна задача та її AMPL-реалізація. | 4 | 10 |
| 10. | Дві ЛП-задачі для відмовостійкої мережі. | 6 | 10 |
| | Разом | 56 | 82 |

6. ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ВИКОРИСТАННЯ ЯКИХ ПЕРЕДБАЧАЄ НАВЧАЛЬНА ДИСЦИПЛІНА

Технічні засоби: ноутбук, мультимедійний, проєктор.

Програмне забезпечення: електронна платформа Google Meet.

7. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

Основна література

1. Стецюк П.І., Міца О.В., Стовба В.О. Мережеві задачі оптимізації: моделі та програми: методичні рекомендації для студентів і аспірантів, які навчаються за спеціальностями галузі знань 12 «Інформаційні технології». Ужгород: ДВНЗ «УжНУ», 2024. 82 с.
2. Біла Г.Д., Корчинський О.О., Стецюк П.І., Хом'як О.М., Шеховцов С.Б. Використання NEOS-сервера для розв'язання двох класів оптимізаційних задач. *Cybernetics and Computer Technologies*. 2022. 4. С. 56–81.
3. Бейко І.В., Зінько П.М., Наконечний О.Г. Задачі, методи і алгоритми оптимізації. Навчальний посібник. Рівне: Національний університет водного господарства та природокористування (НУВГП), 2011. 624 с.
4. Стецюк П.І., Ляшко В.І., Мазютинець Г.В. Двоетапна транспортна задача та її AMPL-реалізація. *Наукові записки НаУКМА. Комп'ютерні науки*. 2018. Т. 1. С. 14–20.
5. Стецюк П.І., Лиховид О.П., Жидков В.О., Супрун А.А. Оптимізаційні задачі модернізації пропускних здатностей дуг відмовостійких мереж. *Проблеми управління та інформатики*. 2021. № 5. С. 5–20.
6. Стецюк П.І., Стовба В.О., Хом'як О.М., Стецюк М.Г. Двоетапна транспортна задача з двосторонніми обмеженнями на потреби споживачів та верхніми межами на пропускні спроможності проміжних пунктів. *Кібернетика та системний аналіз*. 2024. Т. 60. № 6. С. 89-101.

Допоміжна література

1. Fourer R. *AMPL, A Modeling Language for Mathematical Programming, Second Edition* / R. Fourer, D. Gay, B. Kernighan. Belmont: Duxbury Press, 2003. 517 p.
2. Murtagh, V.A. *Advanced Linear Programming: Theory and Practice*. McGraw-Hill Inc., US, 1981. 202 p.
3. Стецюк П.І., Стовба В.О., Трегубенко С.С., Хом'як О.М. Модифікації двоетапної транспортної задачі та їх застосування. *Кібернетика та системний аналіз*. 2022. Т. 58, № 6. С. 54–70
4. Стецюк П.І., Хом'як О.М., Ляшко В.І. Двоетапна транспортна задача з невідомими потребами споживачів. *Наукові записки НаУКМА. Комп'ютерні науки*. 2022. Т. 5. С. 92-96
5. Стецюк П. І., Хом'як О.М. Авторське право на комп'ютерну програму № 111626 «AMPL-програма TSTPFD: двоетапна транспортна задача з фіксованою кількістю проміжних пунктів». Дата реєстрації 04.02.2022.

Інформаційні ресурси

1. NEOS Server [електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.neosserver.org>.
2. NEOS Solver [електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.neosserver.org/neos/solvers>.
3. Gurobi Optimization, Inc., *Gurobi Optimizer Reference Manual*, 2014, <http://www.gurobi.com>.

**Результати перегляду
робочої програми навчальної дисципліни**

Робоча програма перезатверджена на 20___ / 20___ н. р. без змін; зі змінами
(Додаток ___). (потрібне підкреслити)

Протокол № ___ від « ___ » _____ 20___ р.

Завідувач кафедри _____

(підпис) (Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20___ / 20___ н. р. без змін; зі змінами
(Додаток ___). (потрібне підкреслити)

Протокол № ___ від « ___ » _____ 20___ р.

Завідувач кафедри _____

(підпис) (Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20___ / 20___ н. р. без змін; зі змінами
(Додаток ___). (потрібне підкреслити)

Протокол № ___ від « ___ » _____ 20___ р.

Завідувач кафедри _____

(підпис) (Прізвище ініціали)

Робоча програма перезатверджена на 20___ / 20___ н. р. без змін; зі змінами
(Додаток ___). (потрібне підкреслити)

Протокол № ___ від « ___ » _____ 20___ р.

Завідувач кафедри _____

(підпис) (Прізвище ініціали)