

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет залізничного транспорту
Факультет Управління процесами перевезень
Кафедра Вищої математики та фізики

РОБОЧА ПРОГРАМА

Назва освітньої компоненти: **Математичні методи в задачах управління транспортними системами**

Код та назва спеціальності: ***J7 Залізничний транспорт***

Назва ОПП: **Організація міжнародних перевезень**

Рівень освіти: другий рівень вищої освіти (магістр)

Форма навчання: денна / заочна

Семестр: 1

Кількість кредитів ЄКТС: 3

Форма підсумкового контролю: залік

Розробники програми: проф. Панченко Н.Г.,

доц. Резуненко М.Є

М. Харків, 2025

2 ОПИС ОСВІТНЬОЇ КОМПОНЕНТИ

Галузь знань: *Ж Транспорт та послуги*

Обов'язкова / Вибіркова: *Вибіркова*

Курс: 1 / Семестр: 1

3 ІНФОРМАЦІЯ ПРО ВИКЛАДАЧІВ

Резуненко Марина Євгенівна (кандидат технічних наук, доцент),

Контакти: +38 (057) 730-10-38, e-mail: Rezunenko@kart.edu.ua;

місто Харків, майдан Фейєрбаха, 7, 2 корпус, 4 поверх,
аудиторії 2. 415, 2.418, 2.419.

Консультації: згідно розкладу

ZOOM:

<https://us02web.zoom.us/j/9389833449?pwd=NEIrMlVhWlRlZVJjOTdqY3VrbytuZz09> ,

ідентифікатор конференції: 938 983 3449,

код доступу: 757192

Moodle: <https://do.kart.edu.ua/>

Панченко Наталія Георгіївна (доктор економічних наук, професор)

Контакти: +38(057)730-10-38, e-mail: panchenko_n@krt.edu.ua

місто Харків, майдан Фейєрбаха, 7, 2 корпус, 4 поверх,
аудиторії 2.418, 2.419.

Консультації: згідно розкладу

ZOOM:

<https://us04web.zoom.us/j/9623347150?pwd=TjBjRS92WThXRTFsd2VvKzcyRVk5dz09>

ідентифікатор конференції: 962 334 7150

код доступу: DCa9vg

Moodle: <https://do.kart.edu.ua/>

4 МЕТА І ЗАВДАННЯ ОСВІТНЬОЇ КОМПОНЕНТИ

Метою є формування у студентів здатності розробляти та аналізувати графічні, математичні та економіко-математичні моделі транспортних систем і технологій.

Завдання полягають у засвоєнні теоретичних знань та практичних навичок у таких напрямках:

- Кореляційно-регресійний аналіз: вивчення методів побудови математичних моделей для визначення факторів, що впливають на результативні ознаки;
- Нелінійне та опукле програмування: оволодіння методами розв'язання оптимізаційних задач, зокрема графічним методом та методом множників Лагранжа;
- Динамічне програмування: засвоєння принципів поетапної побудови оптимального управління (рівняння Беллмана) для вирішення типових транспортних задач, таких як заміна обладнання або оптимальне завантаження транспортного засобу;
- Теорія масового обслуговування (СМО): навчання методам обчислення характеристик транспортних потоків (пуассонівські, потоки Ерланга) та оцінки ефективності багатоканальних систем обслуговування.

5 КОМПЕТЕНТНОСТІ І РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Інтегральна компетентність

Здатність особи розв'язувати складні задачі і проблеми транспортної галузі у сфері професійної (наукової) діяльності за певним видом транспортних систем і технологій та у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень і здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог.

Загальні компетентності

ЗК 01 Здатність працювати в міжнародному контексті.

ЗК 03 Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК 04 Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності)

Фахові компетентності

ФК 01 Здатність до дослідження і управління функціонуванням транспортних систем та технологій.

ФК 023датність до визначення та застосування перспективних напрямків моделювання транспортних процесів

ФК 113датність використовувати спеціалізоване програмне забезпечення для розв'язання складних задач у сфері транспортних систем та технологій.

Програмні результати навчання (ПРН)

РН-01. Відшукувати необхідну інформацію у науково-технічній літературі, базах даних, інших джерелах, аналізувати і об'єктивно оцінювати інформацію у сфері транспортних систем і технологій та з дотичних міжгалузевих проблем.

РН-04. Доносити свої знання, рішення і підґрунтя їх прийняття до фахівців і нефахівців в ясній і однозначній формі.

РН-07. Розробляти та аналізувати графічні, математичні та комп'ютерні моделі транспортних систем та технологій.

РН-14. Використовувати спеціалізоване програмне забезпечення для аналізу, розробки та удосконалення транспортних систем та технологій.

6 ПЕРЕДУМОВИ (ПРЕРЕКВІЗИТИ)

1. Вища математика:

- Лінійна алгебра: необхідна для розв'язання систем лінійних рівнянь при побудові параметрів моделей множинної регресії.

- Математичний аналіз: знання методів знаходження екстремумів функцій багатьох змінних, зокрема використання методу множників Лагранжа, який є ключовим у змістовому модулі «Задачі нелінійного програмування».

2. Теорія ймовірностей та математична статистика:

- Випадкові величини та їхні характеристики: математичне сподівання, дисперсія, середнє квадратичне відхилення.

- Закони розподілу: Пуассонівський закон, закони Ерланга та показниковий закон, що використовуються в теорії масового обслуговування та при аналізі потоків подій.

- Кореляційно-регресійний аналіз: поняття функціональної та статистичної залежностей.

3. Дослідження операцій в транспортних системах:

- Математичного програмування (лінійного, нелінійного та динамічного).

- Теорії масового обслуговування (СМО).

4. Інформаційні технології

- Студенти повинні мати навички роботи з прикладним програмним забезпеченням для виконання математичних розрахунків.

5. Транспортні технології та управління:

- Необхідні базові знання з організації перевезень та експлуатаційної роботи.

7 ПІСЛЯУМОВИ (ПОСТРЕКВІЗИТИ)

1. Написання магістерської роботи:

Програма передбачає формування здатності проводити дослідження на відповідному рівні та генерувати нові ідеї. Магістранти мають використовувати математичне моделювання для розв'язання практичних задач транспортних систем, що є обов'язковою частиною наукової складової атестаційної роботи.

2. Управління експлуатаційною роботою: методи теорії масового обслуговування (СМО) використовуються для аналізу роботи станцій та кас.

3. Організація вантажної та комерційної роботи: завдання про оптимальне завантаження транспортного засобу та заміну обладнання є типовими прикладами динамічного програмування, що застосовуються в цих сферах.

4. Транспортна логістика: побудова моделей множинної регресії та нелінійне програмування необхідні для прогнозування пасажиро- та вантажопотоків.
5. Організація міжнародних перевезень та митного контролю: моделювання логістичних ланцюгів та потоків подій на кордонах за допомогою імовірнісних методів.
6. Науково-дослідна практика: Вміння розробляти моделі транспортних систем та аналізувати їх.

8 ВІДПОВІДНІСТЬ ОСВІТНЬОЇ КОМПОНЕНТИ ГЛОБАЛЬНИМ ЦІЛЯМ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ДО 2030 РОКУ

Відповідно до резолюції ООН №70/1 та Указу Президента України №722/2019, освітня компонента сприяє досягненню таких Цілей сталого розвитку:

ЦСР 9. Промисловість, інновації та інфраструктура;

ЦСР 11. Сталий розвиток міст та громад;

ЦСР 12. Відповідальне споживання та виробництво.

Опис реалізації (зміст, методи навчання, завдання та результати)

ЦСР 9 (Промисловість, інновації та інфраструктура)

1). Зміст навчання

Зміст освітньої компоненти охоплює математичний апарат, необхідний для модернізації та підвищення ефективності транспортної інфраструктури:

- Динамічне програмування використовується для розв'язання задач про заміну обладнання та оптимальне завантаження транспортного засобу, що сприяє раціональному управлінню промисловими активами.

- Теорія масового обслуговування (СМО) дозволяє моделювати роботу залізничних станцій та кас, оптимізуючи їхню пропускну здатність, що є критичним для стійкої інфраструктури.

- Кореляційно-регресійний аналіз допомагає визначати найважливіші фактори, що впливають на результативні показники транспортних систем, забезпечуючи базу для інноваційних рішень.

2) Методи навчання

- Науково-дослідний метод навчання: Програма передбачає формування здатності проводити дослідження на відповідному професійному рівні. • - Метод прикладного розв'язання професійних задач: Навчання побудоване на вирішенні конкретних інженерних та управлінських викликів:

3). Завдання

Завдання, які виконують студенти, мають пряме прикладне значення для галузі:

- Студенти розв'язують задачі на знаходження плану завантаження, який забезпечує максимальну вартість вантажу при обмеженій вантажопідйомності.

- Розрахунок оптимальної стратегії експлуатації обладнання допомагає мінімізувати сумарні витрати, що підтримує економічну стійкість промислової інфраструктури.

- - Аналіз потоків подій на сортувальних станціях дозволяє ефективно планувати роботу залізничних вузлів.

4). Результати

Освітня компонента забезпечує магістрів інструментарієм для перетворення традиційної транспортної мережі на високотехнологічну та ефективну систему, що є фундаментом ЦРС 9.

ЦСР 11. (Сталий розвиток міст та громад)

1). Зміст

- Моделювання пасажиропотоків: Це дозволяє планувати розвиток міського та міжміського транспорту відповідно до потреб громади.

- Оптимізація систем обслуговування: Теорія масового обслуговування (СМО) застосовується для моделювання роботи квиткових кас та сервісних центрів. Це сприяє зменшенню черг та часу очікування, що підвищує інклюзивність та зручність міської інфраструктури.

2). Методи

- Математичне та графічне моделювання: Використання лінійних та нелінійних моделей для аналізу стійкості транспортних зв'язків.

- Метод системного аналізу: Студенти вчаться розглядати транспорт як єдину систему, де кожен елемент (подача вагонів на станцію, потік пасажирів тощо) впливає на загальний комфорт та безпеку громади.

- Індивідуалізація через розрахункові роботи: Самостійне дослідження реальних статистичних даних для побудови прогнозних моделей.

3). Завдання

Практичні завдання імітують виклики, з якими стикаються міста при розбудові сталих систем:

- Кореляційно-регресійний аналіз – студенти ранжують фактори впливу на пасажиропотоки, що необхідно для прийняття рішень щодо розширення маршрутної мережі.

- озрахунок ймовірності звернення пасажирів до СМО протягом певного часу.

- Визначення мінімальної кількості каналів обслуговування, необхідних для ефективної роботи системи з обмеженою або необмеженою чергою.

4). Результати

Опанування курсу формує фахівця, здатного підтримувати сталий розвиток громад через:

- Вміння будувати математичні та комп'ютерні моделі, які дозволяють уникати транспортного колапсу в містах.

- Здатність обробляти дані з різних джерел для обґрунтування соціально значущих проєктів.
- Здатність оцінювати ефективність роботи транспортних вузлів, що безпосередньо впливає на якість життя населення.

ЦСР 12. (Відповідальне споживання та виробництво)

1). Зміст

Зміст освітньої компоненти охоплює теми, що безпосередньо сприяють підвищенню ресурсоефективності:

- Оптимізація завантаження: Вивчення методів динамічного програмування для пошуку найкращого плану завантаження транспортного засобу. Це дозволяє максимально використовувати вантажопідйомність і зменшувати кількість порожніх рейсів, що мінімізує витрати палива та знос техніки.
- Управління ресурсами: Розв'язання задач про заміну обладнання, що допомагає визначити ідеальний баланс між витратами на експлуатацію старої техніки та інвестиціями в нову.
- Ефективність систем: Моделювання багатоканальних систем масового обслуговування (СМО) для оптимізації роботи персоналу та обладнання, що запобігає простою ресурсів.

2). Методи

Методи навчання спрямовані на розвиток аналітичного підходу до відповідального управління:

- Метод поетапної побудови оптимального управління: Використання обчислювальної схеми рівняння Беллмана для прийняття рішень, які є оптимальними в довгостроковій перспективі.
- Математичне моделювання: Студенти вчаться моделювати процеси, що дозволяє знаходити розв'язки з мінімальними витратами ресурсів.

- Системний підхід: Аналіз впливу багатьох факторів на результативну ознаку через множинну регресію, що допомагає виявити приховані втрати в системі.

3). *Завдання*

Практичні завдання вчать студентів ощадливому управлінню в реальних умовах:

- Пошук плану завантаження транспортного засобу вантажопідйомністю P , який забезпечує максимальну сумарну вартість вантажу за обмеженої кількості ресурсів.

- Визначення оптимальної стратегії експлуатації обладнання, щоб сумарні витрати були мінімальними. Це вчить студентів враховувати весь життєвий цикл продукту.

- Обчислення мінімальної кількості каналів обслуговування, що забезпечують ефективну роботу системи, уникаючи надлишковості.

4). *Результати*

За результатами вивчення компоненти магістри здобувають компетенції, необхідні для реалізації ЦСР 12:

- Здатність розробляти та аналізувати моделі, що дозволяють оптимізувати транспортні технології.

- Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт, що є ключем до відповідального виробництва.

9 ПРОГРАМА ОСВІТНЬОЇ КОМПОНЕНТИ

Модуль 1

Змістовий модуль 1. Багатофакторний кореляційно-регресійний аналіз

Тема 1. Загальнотеоретичні основи кореляційно-регресійного аналізу.

Функціональна і кореляційна залежності, кореляційний зв'язок величин,

коефіцієнт кореляції. Рівняння регресії.

Тема 2. Множинна кореляція. Тіснота зв'язку між результативною і факторною ознаками. Коефіцієнти парної та часткової множинної кореляції. Визначення найважливіших факторів, що впливають на результативну ознаку.

Тема 3. Основні етапи багатофакторного кореляційно-регресійного аналізу: 1) статистичне дослідження кореляційної залежності форми зв'язку; 2) побудова математичної моделі; 3) оцінка і аналіз отриманих результатів.

Підтема: Побудова прогнозних моделей відновлення критичної транспортної інфраструктури на основі аналізу динаміки руйнувань та темпів реконструкції.

Підтема: Оцінка соціально-економічного ефекту від впровадження безбар'єрних технологій у залізничні перевезення за допомогою регресійних моделей.

Змістовий модуль 2. Задачі нелінійного програмування

Тема 4. Загальна постановка задачі нелінійного програмування. Графічний метод розв'язання ЗНП.

Тема 5. Задачі нелінійного програмування з обмеженнями-рівностями. Метод множників Лагранжа.

Тема 6. Задачі нелінійного програмування (ЗНП) з обмеженнями-нерівностями. Задача опуклого програмування: аналітичні ознаки опуклих множин та опуклих функцій, метод множників Лагранжа, сідлова точка функції Лагранжа, теорема Куна-Таккера. Методи розв'язання задач квадратичного програмування.

Підтема: Математичне моделювання розподілу потужностей логістичних центрів під час повоєнного відновлення при фіксованих обсягах міжнародної допомоги.

Модуль 2

Змістовий модуль 3. Задачі динамічного програмування

Тема 7. Постановка задачі динамічного програмування. Принцип поетапної побудови оптимального управління. Обчислювальна схема функціонального рівняння Беллмана. Принципи побудови цільової функції, вектора управління та обмежень задачі динамічного програмування.

Тема 8. Задачі про заміну обладнання, про оптимальне завантаження транспортного засобу як типові приклади задач динамічного програмування. Поняття про стохастичне програмування.

Підтема: Поетапне планування повоєнного відновлення об'єктів транспортної інфраструктури: розподіл обмежених фінансових ресурсів між чергами будівництва.

Змістовий модуль 4. Елементи теорії масового обслуговування та методи обчислення характеристик СМО

Тема 9. Найпростіший (пуассонівський) потік та його властивості. Нестационарний пуассонівський потік.

Тема 10. Потоки з обмеженою післядією: потік Пальма та потоки Ерланга, їхні числові характеристики.

Тема 11. Багатоканальні СМО з різними типами черг, їхні показники ефективності.

Підтема: Проектування інклюзивних касових залів та сервісних центрів: розрахунок мінімальної кількості спеціалізованих каналів обслуговування для маломобільних груп населення (принцип безбар'єрності).

10 ТЕМАТИКА СЕМІНАРСЬКИХ/ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

1. Багатофакторний кореляційно-регресійний аналіз
2. Задача нелінійного програмування.
3. Задачі динамічного програмування

4. Найпростіший (пуассонівський) потік та його властивості. Нестационарний пуассонівський потік. Потоки з обмеженою післядією: потік Пальма та потоки Ерланга, їх числові характеристики.

5. Багатоканальні СМО з різними типами черг, їхні показники ефективності.

11 ТЕМАТИКА ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

Не передбачено навчальним планом.

12 САМОСТІЙНА РОБОТА

Види завдань:

1. Опрацювання теоретичного матеріалу

Здобувачам пропонується самостійно вивчити окремі теоретичні питання, що поглиблюють знання за основними модулями:

- Теоретичні основи регресії: вивчення методів оцінки параметрів лінійної та нелінійної регресії.
- Аналітичні ознаки функцій: вивчення властивостей опуклих множин та функцій для розв'язання задач опуклого програмування.
- Принцип оптимальності Беллмана: поглиблене вивчення обчислювальної схеми функціональних рівнянь для складних систем.
- Потоки подій: вивчення властивостей нестационарних пуассонівських потоків та потоків Пальма.

2. Підготовка до практичних занять

Підготовка передбачає повторення лекційного матеріалу та ознайомлення з алгоритмами розв'язання типових задач:

- Ознайомлення з методикою побудови математичних моделей у задачах багатofакторного аналізу.

- Вивчення графічних методів розв'язання задач нелінійного програмування.

- Підготовка до розрахунку показників ефективності багатоканальних систем масового обслуговування (СМО).

3. Виконання індивідуальних завдань

Цей вид СР включає безпосередню роботу над розрахунково-графічними або контрольними роботами (РР/ІДЗ):

- Проведення повного циклу багатofакторного кореляційно-регресійного аналізу за наданими статистичними даними.

- Розв'язання задач нелінійного та опуклого програмування.

- Побудова моделей динамічного програмування для задач заміни обладнання або оптимального завантаження транспорту.

- Розрахунок характеристик потоків подій та параметрів багатоканальних СМО.

4. Підготовка до підсумкового контролю

Підготовка до заліку та модульних робіт:

- Систематизація знань за Змістовими модулями 1-4.

- Перевірка засвоєння практичних навичок моделювання транспортних систем.

13 ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН (ДЕННА / ЗАОЧНА ФОРМА)

ДЕННА ФОРМА

№	Тема	Лекц, год	Практ, год	Самост роб, год	Всього, год
1	Тема 1. Загальнотеоретичні основи кореляційно-регресійного аналізу. Функціональна і кореляційна залежності, кореляційний зв'язок	2	2	4	8

	величин, коефіцієнт кореляції. Рівняння регресії.				
2	Тема 2. Множинна кореляція. Тіснота зв'язку між результативною і факторною ознаками. Коефіцієнти парної та часткової множинної кореляції. Визначення найважливіших факторів, що впливають на результативну ознаку.	2	2	4	8
3	Тема 3. Основні етапи багатфакторного кореляційно-регресійного аналізу: 1) статистичне дослідження кореляційної залежності форми зв'язку; 2) побудова математичної моделі; 3) оцінка і аналіз отриманих результатів. Підтема: Побудова прогнозних моделей відновлення критичної транспортної інфраструктури на основі аналізу динаміки руйнувань та темпів реконструкції. Підтема: Оцінка соціально-економічного ефекту від впровадження безбар'єрних технологій у залізничні перевезення за допомогою регресійних моделей.	4	2	5	11
4	Тема 4. Загальна постановка задачі нелінійного програмування. Графічний метод розв'язання ЗНП.	2	3	3	7
5	Тема 5. Задачі нелінійного програмування з обмеженнями-рівностями. Метод множників Лагранжа.	2	1	3	6

6	Тема 6. Задачі нелінійного програмування (ЗНП) з обмеженнями-нерівностями. Задача опуклого програмування: аналітичні ознаки опуклих множин та опуклих функцій, метод множників Лагранжа, сідлова точка функції Лагранжа, теорема Куна-Таккера. Методи розв'язання задач квадратичного програмування. Підтема: Математичне моделювання розподілу потужностей логістичних центрів під час повоєнного відновлення при фіксованих обсягах міжнародної допомоги.	4	2	5	11
7	Тема 7. Постановка задачі динамічного програмування. Принцип поетапної побудови оптимального управління. Обчислювальна схема функціонального рівняння Беллмана. Принципи побудови цільової функції, вектора управління та обмежень задачі динамічного програмування.	2	-	4	6
8	Тема 8. Задачі про заміну обладнання, про оптимальне завантаження транспортного засобу як типові приклади задач динамічного програмування. Поняття про стохастичне програмування. Підтема: Поступне планування повоєнного	4	2	6	12

	відновлення об'єктів транспортної інфраструктури: розподіл обмежених фінансових ресурсів між чергами будівництва.				
9	Тема 9. Найпростіший (пуассонівський) потік та його властивості. Нестационарний пуассонівський потік.	2	-	3	5
10	Тема 10. Потоки з обмеженою післядією: потік Пальма та потоки Ерланга, їхні числові характеристики.	2	-	3	5
11	Тема 11. Багатоканальні СМО з різними типами черг, їхні показники ефективності. Підтема: Проектування інклюзивних касових залів та сервісних центрів: розрахунок мінімальної кількості спеціалізованих каналів обслуговування для маломобільних груп населення (принцип безбар'єрності).	4	2	5	11
ЗА СЕМЕСТР		30	15	45	90

ЗАОЧНА ФОРМА

№	Тема	Лекц, год	Практ, год	Самост роб, год	Всього, год
1	Тема 1. Загальнотеоретичні основи кореляційно-регресійного аналізу. Функціональна і кореляційна залежності, кореляційний зв'язок	0,5	-	7	7,5

	величин, коефіцієнт кореляції. Рівняння регресії.				
2	Тема 2. Множинна кореляція. Тіснота зв'язку між результативною і факторною ознаками. Коефіцієнти парної та часткової множинної кореляції. Визначення найважливіших факторів, що впливають на результативну ознаку.	0,5	-	7	7,5
3	Тема 3. Основні етапи багатфакторного кореляційно-регресійного аналізу: 1) статистичне дослідження кореляційної залежності форми зв'язку; 2) побудова математичної моделі; 3) оцінка і аналіз отриманих результатів. Підтема: Побудова прогнозних моделей відновлення критичної транспортної інфраструктури на основі аналізу динаміки руйнувань та темпів реконструкції. Підтема: Оцінка соціально-економічного ефекту від впровадження безбар'єрних технологій у залізничні перевезення за допомогою регресійних моделей.	1	1	8	10
4	Тема 4. Загальна постановка задачі нелінійного програмування. Графічний метод розв'язання ЗНП.	0,5	-	7	7,5
5	Тема 5. Задачі нелінійного програмування з обмеженнями-рівностями. Метод множників Лагранжа.	0,5	-	7	7,5

6	Тема 6. Задачі нелінійного програмування (ЗНП) з обмеженнями-нерівностями. Задача опуклого програмування: аналітичні ознаки опуклих множин та опуклих функцій, метод множників Лагранжа, сідлова точка функції Лагранжа, теорема Куна-Таккера. Методи розв'язання задач квадратичного програмування. Підтема: Математичне моделювання розподілу потужностей логістичних центрів під час повоєнного відновлення при фіксованих обсягах міжнародної допомоги.	1	1	8	10
7	Тема 7. Постановка задачі динамічного програмування. Принцип поетапної побудови оптимального управління. Обчислювальна схема функціонального рівняння Беллмана. Принципи побудови цільової функції, вектора управління та обмежень задачі динамічного програмування.	0,5	-	7	7,5
8	Тема 8. Задачі про заміну обладнання, про оптимальне завантаження транспортного засобу як типові приклади задач динамічного програмування. Поняття про стохастичне програмування. Підтема: Поступне планування повоєнного	0,5	1	8	9,5

	відновлення об'єктів транспортної інфраструктури: розподіл обмежених фінансових ресурсів між чергами будівництва.				
9	Тема 9. Найпростіший (пуассонівський) потік та його властивості. Нестационарний пуассонівський потік.	0,25	-	7	7,25
10	Тема 10. Потoki з обмеженою післядією: потік Пальма та потоки Ерланга, їхні числові характеристики.	0,25	-	7	7,25
11	Тема 11. Багатоканальні СМО з різними типами черг, їхні показники ефективності. Підтема: Проектування інклюзивних касових залів та сервісних центрів: розрахунок мінімальної кількості спеціалізованих каналів обслуговування для маломобільних груп населення (принцип безбар'єрності).	0,5	1	7	8,5
ЗА СЕМЕСТР		6	4	80	90

14 ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

1. Розрахункова робота (РР): «Багатофакторний кореляційно-регресійний аналіз»

МВ № 31. Математичні методи в задачах управління транспортними системами : методичні вказівки і завдання до індивідуальних робіт / укладачі : доц. Н. Г. Панченко, М. Є. Резуненко ; каф. "Вищої математики". - Х. : УкрДУЗТ, 2018. - 79 с. (Завдання 1 с.20)

Вимоги:

Точність обчислень: Усі розрахунки (проміжні та кінцеві) обов'язково повинні бути заокруглені до третього знака після коми.

Аналітичне обґрунтування: Робота не повинна обмежуватися лише цифрами. Необхідно:

Проводити ранжування факторів за силою їхнього впливу на результативну ознаку.

Давати статистичну оцінку значущості за F-критерієм Фішера та t-критерієм Стюдента.

Якість моделі: Рівняння регресії вважається задовільним лише тоді, коли середня помилка апроксимації (А) не перевищує 10%.

Методологічна послідовність: Студент має дотримуватися відповідних алгоритмів.

Академічна доброчесність: Робота виконується самостійно. Обов'язковим є навички коректного посилання на джерела та відсутність плагіату

2. ІДЗ №1: «Задача нелінійного програмування»

МВ № 31. Математичні методи в задачах управління транспортними системами : методичні вказівки і завдання до індивідуальних робіт / укладачі : доц. Н. Г. Панченко, М. Є. Резуненко ; каф. "Вищої математики". - Х. : УкрДУЗТ, 2018. - 79 с. (Завдання 2 с.27).

Вимоги:

Графічна частина: Робота повинна містити чіткі графічні побудови для завдань, де передбачено графічний метод.

Складання функції Лагранжа та знаходження її сідлової точки, використовуючи результати, отримані графічно.

Використання методу множників Лагранжа для знаходження стаціонарних точок.

Дослідження стаціонарних точок на екстремум.

Робота має бути виконана самостійно, з коректними посиланнями на використані джерела інформації відповідно до Кодексу академічної доброчесності університету.

3. ІДЗ №2: «Задача динамічного програмування»

МВ № 31. Математичні методи в задачах управління транспортними системами : методичні вказівки і завдання до індивідуальних робіт / укладачі : доц. Н. Г. Панченко, М. Є. Резуненко ; каф. "Вищої математики". - Х. : УкрДУЗТ, 2018. - 79 с. (Завдання 3 с.31).

Вимоги:

Використання алгоритмів: розв'язання має базуватися на принципі оптимальності Беллмана та використанні обчислювальної схеми функціонального рівняння Беллмана.

Етапність: процес управління повинен бути розбитий на кроки (етапи), для кожного з яких будується відповідна цільова функція.

Візуалізація: для задачі про заміну обладнання обов'язковою вимогою є побудова графа станів.

Аналіз результатів: на завершальному етапі необхідно сформулювати чіткий висновок щодо оптимального режиму експлуатації або плану завантаження.

Перевірка: результати розрахунків у задачі про заміну обладнання рекомендується перевіряти за допомогою зведеної таблиці витрат.

Академічна доброчесність: робота має бути виконана самостійно; заборонено плагіат, а всі джерела інформації повинні мати коректні посилання

4. ІДЗ №3: «Потоки подій»

МВ № 31. Математичні методи в задачах управління транспортними системами : методичні вказівки і завдання до індивідуальних робіт / укладачі :

доц. Н. Г. Панченко, М. Є. Резуненко ; каф. "Вищої математики". - Х. : УкрДУЗТ, 2018. - 79 с. (Завдання 4 с.35).

Вимоги:

Проведення аналізу роботи сортувальної станції, що обслуговує три підприємства.

Вміти моделювати найпростіший потік пасажирів.

Визначати ймовірності тривалості формування составу у парку відправлення.

Заокруглення результатів до третього знака після коми.

Академічна доброчесність: Робота має бути виконана самостійно з дотриманням навичок коректного посилання на джерела інформації. Виявлення плагіату є неприпустимим згідно з Кодексом академічної доброчесності університету.

Результати мають бути представлені у формі, що дозволяє оцінити здатність магістра розробляти та аналізувати математичні моделі транспортних технологій.

5. ІДЗ №4: «Багатоканальна СМО»

МВ № 31. Математичні методи в задачах управління транспортними системами : методичні вказівки і завдання до індивідуальних робіт / укладачі : доц. Н. Г. Панченко, М. Є. Резуненко ; каф. "Вищої математики". - Х. : УкрДУЗТ, 2018. - 79 с. (Завдання 5 с.37).

Вимоги:

Усі обчислення (проміжні та підсумкові) обов'язково мають бути заокруглені до третього знака після коми.

Розрахунки проводяться за формулами, наведеними у додатках 4, 5 та 6 до методичних вказівок.

Академічна доброчесність: робота виконується самостійно.

15 МЕТОДИ НАВЧАННЯ

1. *Кейс-метод*: «Дослідження залежності кількості пасажирів залізничного транспорту від соціально-економічних чинників»

Студенти аналізують готові статистичні дані та будують власні прогнози

2. *Групова робота*: «Організація спільного розв'язання складних багатofакторних задач під час практичних занять.»

3. *Метод проєктів* реалізується через виконання Розрахункової роботи (РР) та Індивідуальних домашніх завдань (ІДЗ).

4. *Мозковий штурм* застосовується на етапі побудови математичних моделей для визначення найважливіших факторів, що впливають на результативну ознаку.

16 ФОРМИ КОНТРОЛЮ

Поточний контроль: 0-60. Складається з результатів Розрахункової роботи, індивідуальних домашніх завдань та результатів тематичних контролів.

Модульний контроль: 0-40. Проведення модульної контрольної роботи у тестовій або комбінованій формі.

Підсумковий контроль: 0-100. Є результатом суми поточного та модульного контролю

Загальна модульна оцінка (залік): 0-100. Є середнім арифметичним серед двох підсумкових модульних контролів.

17 КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

1. *Критерій оцінювання РР (максимум 40 балів)*:

36–40 балів. Побудовано лінійну модель множинної регресії та стандартизоване рівняння без помилок. Середня помилка апроксимації (A) не перевищує 10%.

Проведено повну оцінку за F-критерієм Фішера та t-критерієм Стюдента. :

Виконано правильне ранжування факторів за силою впливу на результат. Усі

розрахунки заокруглені до третього знака після коми, робота виконана самостійно.

30–35 балів. Модель побудована правильно, але є незначна кількість помилок в обчисленнях. Помилка апроксимації в межах норми (до 10%), але коефіцієнт детермінації може мати середні значення. Статистична оцінка проведена, проте висновки щодо значущості окремих факторів недостатньо розгорнуті. Дотримано вимог щодо заокруглення, але присутні дрібні недоліки у графічному оформленні ліній регресії.

24-29 балів. Робота загалом задовольняє мінімальні вимоги, проте містить значну кількість недоліків. Присутні грубі помилки в обчисленнях парних або частинних коефіцієнтів кореляції. Ранжування факторів виконано формально або з помилками в інтерпретації коефіцієнтів еластичності. Поручено вимоги щодо заокруглення до третього знака.

Менше 24 балів. Середня помилка апроксимації (A) перевищує 10%, що робить модель незадовільною. Виявлено ознаки академічного плагіату або робота не є самостійною.

2. Виконання ІДЗ (максимум 20 балів):

18 – 20 балів. Завдання виконане в повному обсязі з правильним застосуванням методів. Усі проміжні та кінцеві розрахунки заокруглені до третього знака після коми. Студент продемонстрував здатність аналізувати математичні моделі та робити обґрунтовані висновки щодо управління транспортними технологіями. Робота оформлена охайно, з дотриманням усіх вимог і без порушень академічної доброчесності.

15. – 17 балів. Завдання взагалом виконане правильно, але присутні поодинокі неточності в обчисленнях або незначні відхилення від правил заокруглення, які не впливають на загальний кінцевий результат.

12 – 14 балів. Виконання завдання задовольняє мінімальні критерії, проте робота містить значну кількість недоліків (помилки в розрахунках, неповна

інтерпретація результатів). Часто порушується вимога щодо точності розрахунків. Алгоритм рішення в цілому вірний, але студент не зміг повноцінно оцінити якість побудованої моделі.

0 – 11 балів. Робота містить грубі методологічні помилки, а отримані теоретичні дані суттєво розбігаються з фактичними. Виявлено ознаки **плагіату** або використання несамотійно виконаних фрагментів. Студент не надав розв'язання ключових частин завдання.

Формування оцінки за 100-бальною шкалою

Максимальна кількість балів	
Вид контролю	Сума балів
Поточний контроль:	до 60
1) індивідуальні завдання	до 30
2) поточні самостійні роботи	до 30
Модульний контроль	до 40
Сума балів	до 100

При заповненні заліково-екзаменаційної відомості та залікової книжки і індивідуального навчального плану (при успішній здачі іспиту/заліку) здобувача вищої освіти, оцінка, виставлена за 100-бальною шкалою, повинна бути переведена до національної шкали (відмінно, добре, задовільно (незадовільно) для іспитів, курсових робіт/проектів або зараховано/незараховано для заліків) та шкали ECTS (A, B, C, D, E, F).

Визначення назви за національною шкалою(оцінка)	Визначення назви за шкалою ECTS	За 100 бальною шкалою	ECTS Оцінка
ВІДМІННО – 5	<u>Відмінно</u> – відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок	90-100	A
ДОБРЕ – 4	<u>Дуже добре</u> – вище середнього рівня з кількома помилками	82-89	B
	<u>Добре</u> – в загальному правильна робота з певною кількістю грубих помилок	75-81	C
ЗАДОВІЛЬНО - 3	<u>Задовільно</u> - непогано, але зі значною кількістю недоліків	69-74	D
	<u>Достатньо</u> – виконання задовольняє мінімальні критерії	60-68	E

НЕЗАДОВІЛЬНО - 2	Незадовільно – потрібно попрацювати перед тим як отримати залік або екзамен (без повторного вивчення модуля)	35-59	FX
	Незадовільно - необхідна серйозна подальша робота (повторне вивчення модуля)	<35	F

18 АКАДЕМІЧНА ДОБРОЧЕСНІСТЬ ТА ПОЛІТИКА КУРСУ

1. Визначення плагіату та його наслідки

- Визначення: Академічний плагіат — це оприлюднення (частково або повністю) наукових (творчих) результатів, отриманих іншими особами, як результатів власного дослідження (творчості) та/або відтворення опублікованих текстів (оприлюднених творів мистецтва) інших авторів без зазначення авторства.
- Заборонені дії: До плагіату також належить самоплагіат, фабрикація та фальсифікація результатів.
- Наслідки: У разі виявлення ознак академічного недоброчестя у роботі студента, робота не зараховується. Студент може бути направлений на повторне виконання завдання.

2. Правила цитування

- Обов'язковість: Будь-яке використання ідей, тверджень або даних з офіційних джерел, підручників чи методичних вказівок повинно супроводжуватися посиланням на джерело.
- Оформлення: Посилання на використану літературу мають оформлюватися згідно з чинними стандартами. При використанні прямих цитат обов'язковим є використання лапок та зазначення номера сторінки.

3. Етика використання AI-інструментів

- Допустимість: Використання інструментів штучного інтелекту (ChatGPT, Claude тощо) дозволяється лише як допоміжний засіб для пошуку ідей або структурування матеріалу.

- **Заборона:** Повне генерування тексту розв'язку задачі або звіту за допомогою ШІ без власного аналізу та перевірки розглядається як форма академічного недоброчестя.

- **Прозорість:** Якщо студент використовував ШІ при підготовці завдання, він повинен зазначити це в роботі, вказавши назву інструменту та характер його використання.

4. Процедура оскарження оцінок

- **Право на апеляцію:** Кожен студент має право оскаржити результати оцінювання, якщо вважає їх необ'єктивними.

- **Терміни:** Апеляція подається у формі письмової заяви на ім'я завідувача кафедри «Вища математика та фізика» не пізніше наступного робочого дня після оголошення результатів.

- **Комісія:** Для розгляду скарги створюється комісія, яка перевіряє відповідність оцінки критеріям, визначеним у робочій програмі.

5. Правила поведінки на заняттях

- **Відвідування та активність:** Студент повинен демонструвати наполегливість та активність під час аудиторних занять, оскільки це безпосередньо впливає на підсумковий бал за модуль.

- **Дисципліна:** Під час занять заборонено використовувати мобільні телефони та інші гаджети для розваг. Використання ноутбуків дозволено лише для виконання розрахунків у MS Excel або роботи з навчальними матеріалами.

- **Взаємоповага:** Політика курсу базується на принципах толерантності, рівності (згідно з цілями сталого розвитку) та конструктивної співпраці між викладачем і студентом.

19 ПИТАННЯ ДО ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ

1. У чому полягає задача кореляційного аналізу та чим вона відрізняється від задачі регресійного аналізу?

2. Які етапи включає регресійний аналіз?
3. Що показує парний коефіцієнт кореляції та в яких межах він змінюється?
4. Методу найменших квадратів (МНК) для оцінки параметрів моделі.
5. Лінійне рівняння парної регресії.
6. Коефіцієнт детермінації R^2 .
7. Середній коефіцієнт еластичності.
8. Як інтерпретується коефіцієнт регресії b у лінійному рівнянні $y = a + bx$.
9. Критерій для перевірки статистичної значущості рівняння регресії в цілому.
10. Критерій для оцінки значущості окремих параметрів моделі.
11. У чому полягає особливість та перевага стандартизованих коефіцієнтів регресії?
12. Що характеризують коефіцієнти частинної кореляції?
13. Для чого використовується скоригований коефіцієнт детермінації?
14. Алгоритм графічного розв'язання задачі нелінійного програмування.
15. Метод множників Лагранжа Лагранжа в задачах на умовний екстремум.
16. Який вигляд має канонічна форма задачі квадратичного програмування?.
17. Сформулюйте необхідні та достатні умови існування глобального мінімуму/максимуму для квадратичної функції при лінійних обмеженнях.
18. Як будується функція Лагранжа для задачі з обмеженнями-рівностями та обмеженнями-нерівностями?.
19. Яку роль відіграє теорема Куна-Таккера у розв'язанні задач нелінійного (зокрема квадратичного) програмування?.

20. Чому для квадратичного програмування важливо, щоб цільова функція була опуклою (при мінімізації) або увігнутою (при максимізації)?.
21. Основні методи розв'язання задач квадратичного програмування.
22. Загальна постановка задачі динамічного програмування
23. Принцип поетапної побудови оптимального управління.
24. У чому полягає «принцип оптимальності» Беллмана?.
25. Які принципи побудови цільової функції в задачах динамічного програмування?.
26. Вектор управління в задачі динамічного програмування.
27. Основне функціональне рівняння Беллмана.
28. Які особливості задачі про заміну старого обладнання новим?.
29. Опишіть постановку задачі про оптимальне завантаження транспортного засобу.
30. Потік подій у контексті систем масового обслуговування.
31. У чому полягає сутність стаціонарності потоку подій? ⁴
32. Визначення ординарного потоку.
33. Поясніть, що означає «відсутність післядії» для випадкового потоку.
34. Що таке інтенсивність потоку.
35. Найпростіший (Пуассонівський) потік.
36. Який закон розподілу кількості подій на заданому проміжку часу?
37. Який закон розподілу проміжків між подіями?
38. Що таке потік Ерланга і чим він відрізняється від потоку Пуассона?
39. Як пов'язані потік Ерланга та розподіл Пуассона?
40. Як визначається інтенсивність потоку Ерланга?
41. Щільність розподілу часу між сусідніми подіями в потоці Ерланга?
42. Числові характеристики потоку Ерланга.
43. Визначення системи масового обслуговування (СМО).

44. Види СМО.

45. Чим відрізняються СМО з відмовами, СМО з обмеженою чергою та СМО з необмеженою чергою?

46. Які основні показники характеризують ефективність роботи обслуговуючої системи?

47. Коефіцієнт завантаження системи.

48. За якої умови багатоканальна СМО з необмеженою чергою буде працювати ефективно?

49. Показники ефективності СМО.

50. Характеристики черги та перебування в системі.

Основні практичні завдання, які виносяться на підсумковий контроль:

1. Кореляційно-регресійний аналіз

- Побудова лінійної парної регресії;
- Оцінка тісноти зв'язку;
- Перевірка значущості;
- Множинна регресія.

2. Нелінійне програмування

- Графічний метод;
- Метод Лагранжа.

3. Динамічне програмування

- Заміна обладнання;
- Оптимальне завантаження транспортного засобу.

4. Аналіз потоків подій

- Розрахунок ймовірностей надходження заявок у транспортну систему;
- Потік Ерланга;
- Параметри потоку.

5. Теорія масового обслуговування

- Багатоканальні СМО;

Розрахунок характеристик системи.

20 РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА

Основна література

1. Наконечний О. Г., Терещенко Т. О. Математичне моделювання та прогнозування: Навчальний посібник. — Київ: КНЕУ, 2019. — 248 с.
2. Дослідження операцій та методи оптимізації [Електронний ресурс] : практикум : у 2-х ч. Частина 2 / Л. М. Малярець, І. Л. Ле-бедєва, Л. О. Норік. — Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2019. — 161 с.
3. 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.
4. Економіко-математичні методи і моделі в галузі управління персоналом: навчальний посібник: /Л.В. Мазник, Т.В. Березянка, О.В. Безпалько, А.Д. Бергер, Ю.М. Гринюк, О.І. Драган, О.М. Олійниченко. [Заг. редакцією Л.В. Мазник]. — К. : Кафедра, 2019. — 290 с.
5. Сучасні транспортні технології на автомобільному транспорті:навчальний посібник для бакалаврату. Частина I / Загорянський В. Г.,Загорянська О. Л. Кременчук: Кременчуцький національний університет іменіМихайла Остроградського, 2024. 462 с.
6. Моделі та методи прийняття рішень: навчальний посібник / Л. НікітінаІ. Яценко. — Харків: НТУ «ХПІ», 2023. — 179 с., рис. 37, табл. 46.

Додаткова література

1. Елементи дослідження операцій в управлінні процесами перевезень: підручник. — Ч. 1 / Н. Г. Панченко, М. Є. Резуненко. — Харків: УкрДУЗТ, 2015. — 280 с.

2. Елементи дослідження операцій в управлінні процесами перевезень: підручник. Ч. 2 / Н. Г. Панченко, М. Є. Резуненко. – Харків: УкрДУЗТ, 2015.– 314 с.

3. Математичні методи в задачах управління транспортними системами : методичні вказівки і завдання до індивідуальних робіт / укладачі : доц. Н. Г. Панченко, М. Є. Резуненко ; каф. "Вищої математики". - Х. : УкрДУЗТ, 2018. - 79 с.

4. Терентієв О. О. Використання методів динамічного програмування при плануванні перевезень // Вісник машинобудування та транспорту. — 2021. — № 2. — С. 112–118.

21 МАТЕРІАЛЬНО-ТЕХНІЧНЕ ТА ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Zoom — Платформа для відеозв'язку.

Moodle — Система управління навчанням.

22 ВІДОМОСТІ ПРО РОЗРОБНИКІВ

Резуненко Марина Євгенівна (кандидат технічних наук, доцент),

Контакти: +38 (057) 730-10-38, e-mail: Rezunenko@kart.edu.ua;

місто Харків, майдан Фейєрбаха, 7, 2 корпус, 4 поверх,
аудиторії 2. 415, 2.418, 2.419.

Консультації: згідно розкладу

ZOOM:

<https://us02web.zoom.us/j/9389833449?pwd=NEIrMlVHWXlTZVBjOTdqY3VrbytuZz09> ,

ідентифікатор конференції: 938 983 3449,

код доступу: 757192

Moodle: <https://do.kart.edu.ua/>

Панченко Наталія Георгіївна (доктор економічних наук, професор)

Контакти: +38(057)730-10-38, e-mail: panchenko_n@krt.edu.ua

місто Харків, майдан Фейєрбаха, 7, 2 корпус, 4 поверх,
аудиторії 2.418, 2.419.

Консультації: згідно розкладу

ZOOM:

<https://us04web.zoom.us/j/9623347150?pwd=TjBjRS92WThXRTFsd2VvKzcyRVk5dz09>

ідентифікатор конференції: 962 334 7150

код доступу: DСa9vg

Moodle: <https://do.kart.edu.ua/>

23 ВНЕСЕННЯ ЗМІН (ДАТА, СУТЬ, ПІДПИС)



Панченко Н.Г.

Протокол засідання кафедри вищої математики та фізики № 1 від 29 серпня 2025 р.