

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО**

Кафедра «Вища математика і фізика»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. зав. кафедри ВМ

 Наталія ДЬОМІНА

« 29 » серпня 2022 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ У ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЯХ»

для здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр»

зі спеціальності 181 «Харчові технології»

за ОПІ Харчові технології

(на основі ступеня вищої освіти «Бакалавр»)

факультет агротехнологій та екології

2022– 2023 н. р.

Робоча програма навчальної дисципліни «Математичне моделювання у харчових технологіях» для здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр» зі спеціальності 181 «Харчові технології» за ОПП Харчові технології (на основі ступеня вищої освіти «Бакалавр») – Запоріжжя, ТДАТУ – 16 с.

Розробник: к.ф.-м.н., доцент Леонтєєва В. В.

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри вищої математики і фізики протокол №1 від «29» серпня 2022 року

В.о. завідувача кафедри вищої математики і фізики

доц.  Наталя ДЬОМІНА

Схвалено методичною комісією факультету агротехнологій та екології за напрямом підготовки 181 «Харчові технології» за ОПП Харчові технології для здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр» (на основі ступеня вищої освіти «Бакалавр»).

Протокол № 1 від « 31 » серпня 2022 року

Голова, доцент



Любов ЗДОРОВЦЕВА

1 ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, ступінь вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	
Кількість кредитів: 3 Загальна кількість годин: 90 годин	Галузь знань 18 – Виробництво та технології	Обов'язкова	
Змістових модулів: 2	Спеціальність: 181 «Харчові технології»	Курс	Семестр
		1М-й	2-й
		Вид занять	Кількість годин
		Лекції	22 год.
Тижневе навантаження: аудиторних занять – 4 год. самостійної роботи студента – 2,7 год.	Ступінь вищої освіти: «Магістр»	Практичні заняття	22 год.
		Лабораторні заняття	–
		Самостійна робота	46 год.
		Форма контролю: <u>екзамен</u>	

2 МЕТА ТА ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Метою навчальної дисципліни «Математичне моделювання у харчових технологіях» є забезпечення міцного і свідомого оволодіння системою математичних знань з основних теоретичних положень, методології аналізу модельованих експериментальних даних, технології створення, аналізу, оптимізації й використання математичних моделей, вироблення умінь і навичок використання сучасної, вживаної у практичній діяльності методології ідентифікації проблем, аналізу, розробки та прийняття різного роду рішень, а також уміння самостійно створювати і адаптувати подібні методи до конкретних умов, і на цій підставі сформувати висококваліфікованого сучасного фахівця.

Завданнями дисципліни є набуття теоретичних знань і практичних навичок з застосування методів аналізу даних для проведення передмодельного аналізу експериментальних даних, методів побудови, аналізу моделей та пошуку найефективнішого або найбільш прийняттого способу дії для досягнення поставленої мети, вивчення теоретичних засад, основних принципів та інструментарію математичного апарату, який використовується при вирішенні практичних задач у сфері харчових технологій, розвиток навичок творчого дослідження, логічного мислення та підвищення загального рівня математичної культури при розв'язанні практичних задач математичного моделювання технологічних процесів виробництва харчових продуктів.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні досягти таких **компетентностей**:

Інтегральна компетентність.

Здатність розв'язувати задачі дослідницького та/або інноваційного характеру у сфері харчових технологій.

Загальні компетентності

ЗК 3. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

ЗК 4. Здатність діяти соціально відповідально та свідомо.

Фахові компетентності

ФК 1. Здатність обирати та застосовувати спеціалізоване лабораторне і технологічне обладнання та прилади, науково обґрунтовані методи та програмне забезпечення для проведення наукових досліджень у сфері харчових технологій.

ФК 4. Здатність розробляти програми ефективного функціонування підприємств харчової промисловості та/або закладів ресторанного господарства відповідно до прогнозів розвитку галузі в умовах глобалізації.

ФК 5. Здатність презентувати та обговорювати результати наукових досліджень і проектів.

ФК 7. Здатність до вдосконалювання існуючих та розроблення нових технологічних рішень, оптимізації технологічних процесів.

ФК 8. Здатність розробляти харчові продукти нового покоління, у тому числі функціональні, на основі принципів харчової комбінаторики і застосування безпечної, біологічно повноцінної сировини та інноваційних інгредієнтів.

Результати навчання (з урахуванням soft skills)

РН 3. Застосовувати спеціальне обладнання, сучасні методи та інструменти, у тому числі математичне і комп'ютерне моделювання для розв'язання складних задач у харчових технологіях.

РН 4. Застосовувати статистичні методи обробки експериментальних даних в галузі харчових технологій, використовувати спеціалізоване програмне забезпечення для обробки експериментальних даних.

РН 10. Планувати і виконувати наукові дослідження у сфері харчових технологій, аналізувати їх результати, аргументувати висновки.

Soft skills:

- **комунікативні навички:** письмове, вербальне й невербальне спілкування; уміння грамотно спілкуватися по e-mail; вести суперечки і відстоювати свою позицію, спілкування в конфліктній ситуації; навички створення, керування й побудови відносин у команді;
- **уміння виступати привселюдно:** навички, необхідні для виступів на публіці; проводити презентації;
- **керування часом** - уміння справлятися із завданнями вчасно;
- **гнучкість і адаптивність:** гнучкість, адаптивність і здатність мінятися; уміння аналізувати ситуацію, орієнтування на вирішення проблем;
- **лідерські якості:** уміння спокійно працювати в напруженому середовищі; уміння ухвалювати рішення; уміння встановлювати мету, планувати;
- **особисті якості:** креативне й критичне мислення; етичність, чесність, терпіння, повага до навколишніх.

3 ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ I. Математичне моделювання. Передмодельний аналіз даних

ТЕМА 1 Теоретичні основи моделювання та математичного моделювання

[1, с.13-33, 5, с.43-68, 73-86, 122-136, конспект лекцій за темою 1]

Основні поняття моделювання. Класифікація моделей. Математична модель. Структура математичної моделі. Основні характеристики математичних моделей. Етапи побудови математичних моделей. Класифікація математичних моделей.

ТЕМА 2 Передмодельна аналітика даних: поняття, методики та етапи аналізу даних. Попередній аналіз

[1, с.156-166, 4, с.11-26, конспект лекцій за темою 2]

Поняття про аналітику даних. Вихідні поняття, сутність, характерні риси та види даних. Методики передмодельного аналізу даних. Аналітичний інструментарій аналізу. Засоби формалізованого представлення даних. Основні етапи передмодельного аналізу даних. Попередній аналіз даних: сутність, основні підходи, критерії та умови проведення. Характеристика аномальних даних та умов їх виникнення, похибки 1 та 2 роду. Основні підходи до виявлення та усунення аномальностей. Сутність та основні етапи статистичного аналізу даних. Методи та підходи до перевірки гіпотези про існування тренду у послідовностях даних.

ТЕМА 3 Прогнозна аналітика та математичне моделювання. Використання простої прогнозної методології аналізу та моделювання даних

[4, с.26-46, 116-119, 5, с.343-345, конспект лекцій за темою 3]

Основні випадки, у яких можуть застосовуватися методи екстраполяції. Сутність та основні відмінності екстраполяції та інтерполяції. Основні методи простої та складної прогнозної екстраполяції. Прогнозування за одномірною динамічною послідовністю даних методами екстраполяції середнього та тренду. Основні аналітичні показники динаміки даних та їх застосування у прогнозній аналітиці даних. Дослідження сезонності та циклічності у послідовностях даних. Метод екстраполяції на основі індексу сезонності.

ТЕМА 4 Прогнозна аналітика та математичне моделювання. Використання складної прогнозної методології аналізу та моделювання даних

[4, с.46-68, 116-119, конспект лекцій за темою 4]

Сутність адаптивних методів. Різниця між адаптивними методами та методами простої прогнозної екстраполяції. Основні адаптивні методи аналізу й моделювання: метод ковзної середньої, метод експоненціального згладжування даних. Основні умови застосування адаптивних методів. Візуалізація отримуваних результатів.

ТЕМА 5 Аналіз якості та точності математичних моделей та отримуваних результатів

[1, 142-150, 176-182, 4, с.81-95, конспект лекцій за темою 5]

Поняття оптимального прогностичного результату аналізу даних. Оцінювання адекватності, точності та якості прогнозних моделей: перевірка рівності нулю математичного сподівання рівнів ряду залишків; перевірка умови випадковості виникнення окремих відхилень від тренду; перевірка наявності (відсутності) автокореляції у відхиленнях від моделі зросту; перевірка відповідності ряду залишків нормальному закону розподілу. Абсолютні, порівняльні та якісні показники точності. Інтегровані критерії точності й адекватності. Побудова узагальненого прогнозу.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ II. Математичне моделювання оптимізаційних задач та їх застосування у сфері харчових технологій

ТЕМА 6 Теоретичні основи математичного моделювання операції. Класифікація оптимізаційних задач. Особливості використання у сфері харчових технологій

[2, с.11-29, 3, с.3-16, 39-41, 5, с.180-182, конспект лекцій за темою 6]

Оптимізаційні задачі та їх використання у сфері харчових технологій. Основні поняття і визначення. Математична модель операції, етапи її побудови. Класифікація задач дослідження операцій. Математичне та лінійне програмування: загальне поняття та постановка задач.

ТЕМА 7 Основні форми представлення та запису моделей задач лінійного програмування

[3, с.41-43, конспект лекцій за темою 7]

Різні форми моделі ЗЛП. Форми запису моделей ЗЛП. Перехід від задачі мінімізації цільової функції до задачі максимізації. Перехід від однієї форми моделі ЗЛП до іншої.

ТЕМА 8 Геометрична інтерпретація та графічне розв'язання задач лінійного програмування

[2, с.32-40, 5, с.183-190, конспект лекцій за темою 8]

Опуклі множини. Геометрична інтерпретація ЗЛП. Основні властивості розв'язків ЗЛП. Графічний метод розв'язання ЗЛП з двома змінними (при $n = 2$). Графічний метод для ЗЛП n -мірного простору при $n > 3$.

ТЕМА 9 Базисні та опорні розв'язки задач лінійного програмування. Симплекс-метод розв'язання задач лінійного програмування

[2, с.46-70, 3, с.43-51, конспект лекцій за темою 9]

Базисні та опорні розв'язки ЗЛП. Симплекс-метод розв'язання ЗЛП із природним базисом: загальна схема, сутність, характеристика основних етапів. Приклади розв'язання ЗЛП симплекс-методом. Симплекс-метод розв'язання ЗЛП із штучним базисом. М-задача.

ТЕМА 10 Двоїстість задач лінійного програмування. Побудова та розв'язання двоїстих задач

[3, с.69-77, конспект лекцій за темою 10]

Поняття двоїстості. Приклад двоїстих задач ЛП. Правила побудови двоїстих задач. Симетричні двоїсті задачі. Змістова інтерпретація симетричних двоїстих задач. Основні теореми двоїстості та їх застосування.

ТЕМА 11 Аналіз стійкості двоїстих оцінок

[2, с.40-46, 3, с.51-58, конспект лекцій за темою 11]

Сутність аналізу стійкості двоїстих оцінок. Теорема про оцінки. Визначення інтервалів стійкості двоїстих оцінок. Оцінка роздільного та сумарного впливів змін обсягів ресурсів. Оцінка ефективності й доцільності заходів щодо змінювання обсягів основних складових задачі.

4 СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Номер тижня	Вид заняття	Тема заняття або завдання на самостійну роботу	Кількість				
			годин				балів
			лк	лаб	прак	СРС	
Змістовий модуль 1. Математичне моделювання. Передмодельний аналіз даних							
1	Лекція 1	Теоретичні основи моделювання та математичного моделювання.	2				
	Самостійна робота 1	Опрацювання теоретичного матеріалу за лекцією 1.				1	1
	Практичне заняття 1	Теоретичні основи моделювання та математичного моделювання.			2		3
	Самостійна робота 2	Опрацювання теоретичного й практичного матеріалів за практичним заняттям 1.				2	1
2	Лекція 2	Передмодельна аналітика даних: поняття, методики та етапи аналізу даних. Попередній аналіз.	2				
	Самостійна робота 3	Підготовка до лекції 2.				1	1
	Практичне заняття 2	Передмодельна аналітика даних: поняття, методики та етапи аналізу даних. Попередній аналіз.			2		3
	Самостійна робота 4	Підготовка до практичного заняття 2.				2	1
3	Лекція 3	Прогнозна аналітика та математичне моделювання. Використання простої прогнозової методології аналізу та моделювання даних	2				
	Самостійна робота 5	Підготовка до лекції 3.				1	1
	Практичне заняття 3	Прогнозна аналітика та математичне моделювання. Використання простої прогнозової методології аналізу та моделювання даних.			2		3
	Самостійна робота 6	Підготовка до практичного заняття 3.				2	1
4	Лекція 4	Прогнозна аналітика та математичне моделювання. Використання складної прогнозової методології аналізу та моделювання даних.	2				
	Самостійна робота 7	Підготовка до лекції 4.				1	1
	Практичне заняття 4	Прогнозна аналітика та математичне моделювання. Використання складної прогнозової методології аналізу та моделювання даних.			2		3
	Самостійна робота 8	Підготовка до практичного заняття 4.				2	1

5	Лекція 5	Аналіз якості та точності математичних моделей та отримуваних результатів.	2				
	Самостійна робота 9	Підготовка до лекції 5.				1	1
	Практичне заняття 5	Аналіз якості та точності математичних моделей та отримуваних результатів.			2		3
	Самостійна робота 10	Підготовка до практичного заняття 5.				2	1
6	Самостійна робота 11	Підготовка до ПМК1.				3	
7	Самостійна робота 12	Підготовка до ПМК1.				4	
	ПМК 1	Підсумковий контроль за змістовий модуль 1.					10
Всього за змістовий модуль 1 – 42 год.			10	–	10	22	35
Змістовий модуль 2. Математичне моделювання оптимізаційних задач та їх застосування у сфері харчових технологій							
8	Лекція 6	Теоретичні основи математичного моделювання операції. Класифікація оптимізаційних задач. Особливості використання у сфері харчових технологій.	2				
	Самостійна робота 13	Підготовка до лекції 6.				1	0,5
	Практичне заняття 6	Математичне та лінійне програмування: загальне поняття та постановка задач. Побудова моделей задач лінійного програмування.			2		2
	Самостійна робота 14	Підготовка до практичного заняття 6.				2	0,5
9	Лекція 7	Основні форми представлення та запису моделей задач лінійного програмування.	2				
	Самостійна робота 15	Підготовка до лекції 7.				1	0,5
	Практичне заняття 7	Основні форми представлення моделей задач лінійного програмування.			2		2
	Самостійна робота 16	Підготовка до практичного заняття 7.				2	0,5
10	Лекція 8	Геометрична інтерпретація та графічне розв'язання задачі лінійного програмування.	2				
	Самостійна робота 17	Підготовка до лекції 8.				1	1
	Практичне заняття 8	Графічне розв'язання найпростіших задач лінійного програмування (ЗЛП)			2		2
	Самостійна робота 18	Підготовка до практичного заняття 8.				2	1
11	Лекція 9	Базисні та опорні розв'язки задачі лінійного програмування. Симплекс-метод розв'язання задач лінійного програмування.	2				

	Самостійна робота 19	Підготовка до лекції 9.				1	1
	Практичне заняття 9	Базисні та опорні розв'язки задачі лінійного програмування. Симплекс-метод розв'язання задач лінійного програмування.			2		3
	Самостійна робота 20	Підготовка до практичного заняття 9.				2	1
12	Лекція 10	Двоїстість задач лінійного програмування. Побудова та розв'язання двоїстих задач.	2				
	Самостійна робота 21	Підготовка до лекції 11.				1	1
	Практичне заняття 10	Двоїстість задач лінійного програмування. Побудова та розв'язання двоїстих задач.			2		3
	Самостійна робота 22	Підготовка до практичного заняття 10.				2	1
13	Лекція 11	Аналіз стійкості двоїстих оцінок.	2				
	Самостійна робота 23	Підготовка до лекції 11.				1	1
	Практичне заняття 11	Аналіз стійкості двоїстих оцінок.			2		3
	Самостійна робота 24	Підготовка до практичного заняття 11.				2	1
14	Самостійна робота 25	Підготовка до ПМК2.				3	
15	Самостійна робота 26	Підготовка до ПМК2.				3	
	ПМК 2	Підсумковий контроль за змістовий модуль 2.					10
Всього за змістовий модуль 2 – 48 год.			12	–	12	24	35
Екзамен							30
Всього з навчальної дисципліни – 42+48=90 год.							100

5 ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ, ЩО ВІНОСЯТЬСЯ НА ПІДСУМКОВИЙ КОНТРОЛЬ

Підсумковий модульний контроль 1

1. Сформулюйте поняття моделі. Для чого будується модель? Основні вимоги до моделі.
2. Що таке математичне моделювання та математична модель?
3. Сформулюйте цілі і завдання моделювання.
4. Що називається графічною моделлю? В чому її відмінність від фізичної моделі?
5. Наведіть структуру математичної моделі. Які змінні математичної моделі називаються неконтрольованими?
6. Що називається спостереженням?

7. Що називається часовим рядом спостережуваних даних? Сформулюйте основні види часових рядів.
8. Наведіть структуру часового ряду.
9. Наведіть основні етапи попереднього аналізу спостережуваних даних.
10. Що називається аномальним значенням ряду? Сформулюйте причини виникнення аномальних значень у спостережуваних даних.
11. Яким чином здійснюється перевірка нормальності значень спостережуваних даних? У якому випадку значення ряду вважається аномальним?
12. Способи коригування аномальних значень спостережуваних даних.
13. Сформулюйте поняття тренду (тенденції) у спостережуваних даних.
14. Сформулюйте поняття сезонних коливань спостережуваних даних.
15. В чому полягає різниця між циклічними та сезонними коливаннями в спостережуваних даних?
16. За якими критеріями перевіряється наявність тенденції у часовому ряді?
17. Наведіть основні етапи використання критерію серій.
18. Що розуміється під серією?
19. Яким чином за критерієм висхідних та спадних серій будується послідовність плюсів та мінусів?
20. Наведіть основні етапи використання критерію, заснованого на порівнянні середніх рівня ряду.
21. Розкрийте сутність методу Форстера-Стюарта. В чому полягають переваги методу Форстера-Стюарта в порівнянні з іншими критеріями перевірки наявності тенденції у часовому ряді?
22. За яких умов використовується критерій послідовних різниць?
23. Розкрийте поняття екстраполяції.
24. Розкрийте поняття та наведіть основні види простої прогнозної екстраполяції даних.
25. В чому полягає екстраполяція середнього? Наведіть етапи реалізації методу. Як за методом екстраполяції середнього побудувати прогноз на наступні 5 років?
26. У яких випадках застосовується екстраполяція середнього?
27. Яким чином розраховується помилка прогнозів за методом екстраполяції середнього?
28. В чому полягає екстраполяція тренду? Наведіть етапи реалізації методу.
29. Наведіть сутність та етапи використання методу найменших квадратів. Яким чином проводиться вибір найкращого виду апроксимуючої кривої за методом найменших квадратів?
30. В чому полягає відмінність коефіцієнту росту від коефіцієнта приросту? Що розуміється під пунктами росту?
31. В чому полягає сутність методу «екс-пост»? Як за допомогою методу «екс-пост» перевірити адекватність обраної прогнозної моделі?
32. Що називають сезонною хвилею?
33. Наведіть основні етапи використання методу екстраполяції на основі індексу сезонності.
34. Що розуміється під адаптивними методами?

35. Для чого проводиться згладжування спостережуваних даних?
36. Наведіть вигляд та охарактеризуйте адитивну модель ряду спостережуваних даних. Яким чином за вихідними даними спостереження обирається адитивна модель ряду?
37. Наведіть вигляд та охарактеризуйте мультиплікативну модель ряду спостережуваних даних. Яким чином за вихідними даними спостереження обирається мультиплікативна модель ряду?
38. Стисло охарактеризуйте етапи реалізації методу ковзної середньої.
39. В чому полягає відмінність методу ковзної середньої за використанням адитивної та мультиплікативної моделей ряду спостережуваних даних?
40. Як знаходяться скоригована оцінка сезонної компоненти?
41. Яким чином і з якою метою здійснюється усунення сезонності із спостережуваних даних?
42. Як розраховується сезонна компонента часового ряду за методом ковзної середньої?
43. Яким чином оцінюється точність моделі за методом ковзної середньої при використанні адитивної моделі ряду?
44. Чи може бути використаний метод ковзної середньої для моделювання циклічної складової ряду?
45. В чому полягає сутність методу експоненціального згладжування?
46. Розкрийте сутність процесу адаптації моделі до вихідних даних за методом експоненціального згладжування.
47. В чому полягають основні переваги методу експоненціального згладжування порівняно із методом ковзної середньої?
48. Наведіть етапи реалізації методу експоненціального згладжування спостережуваних даних.
49. В чому спостерігаються складнощі із застосування експоненціального згладжування спостережуваних даних?
50. Яким чином обчислюється параметр згладжування в методі експоненціального згладжування?
51. Назвіть основні методи перевірки адекватності побудованих моделей.
52. В чому полягає перевірка рівності нулю математичного сподівання рівнів ряду залишків?
53. Розкрийте сутність умови випадковості виникнення окремих відхилень від тренду. Як проводиться перевірка такої умови?
54. Як проводиться визначення наявності (відсутності) автокореляції у відхиленнях від моделі зросту?
55. Що називається поворотними точками? Як вони обчислюються?
56. Як перевіряється відповідність ряду залишків нормальному закону розподілу?
57. В чому полягає особливість абсолютних показників точності прогнозів? Які показники до них відносяться?
58. Що показує коефіцієнт невідповідності? Які існують його модифікації?
59. Як будується діаграма «прогноз-реалізація»? Що вона відображує?
60. Що показують долі невідповідності? У яких випадках їх значення дорівнюють нулю?

Підсумковий модульний контроль 2

1. Що називається операцією? Наведіть приклади операції.
2. Що розуміється під керованими змінними?
3. Якою величиною оцінюється ефективність операції?
4. Що називається математичною моделлю операції?
5. Охарактеризуйте етапи побудови математичної моделі операції.
6. Що таке цільова функція задачі?
7. Що таке область допустимих розв'язків задачі? Яким чином вона визначається?
8. Чим відрізняються між собою поняття «розв'язок задачі», «допустимий розв'язок задачі» та «оптимальний розв'язок задачі»?
9. Що називається математичним програмуванням?
10. Що розуміється під лінійним програмуванням?
11. Наведіть класифікацію задач математичного програмування.
12. Чим відрізняється задача лінійного програмування від задачі математичного програмування?
13. Сформулюйте постановку та наведіть математичну модель загальної задачі математичного програмування.
14. Сформулюйте постановку та наведіть математичну модель загальної задачі лінійного програмування.
15. Наведіть умови розв'язності задачі лінійного програмування.
16. Охарактеризуйте умови нерозв'язності задачі лінійного програмування.
17. Що називаються системою обмежень задачі лінійного програмування?
18. Розкрийте поняття змінних задачі лінійного програмування?
19. Сформулюйте змістовну постановку задачі оптимального виробничого планування (задачі про використання ресурсів) та наведіть її математичну модель.
20. Сформулюйте змістовну постановку задачі лінійного програмування про суміші (про складання раціону, про дієту) та наведіть її математичну модель.
21. Сформулюйте змістовну постановку задачі лінійного програмування про розкрій матеріалу та наведіть її математичну модель.
22. Сформулюйте змістовну постановку задачі про використання потужностей (задача про завантаження обладнання) та наведіть її математичну модель.
23. Сформулюйте змістовну постановку транспортної задачі лінійного програмування та наведіть її математичну модель.
24. Сформулюйте основні вимоги до канонічної форми моделі ЗЛП.
25. Сформулюйте основні вимоги до стандартної форми моделі ЗЛП.
26. Яким чином здійснюється перехід від задачі мінімізації до задачі максимізації та навпаки – від задачі максимізації до задачі мінімізації?
27. Охарактеризуйте матричну форму запису моделей ЗЛП. Яким чином вона отримується з розгорнутої?
28. Сформулюйте правила, за яким система нерівностей зводиться до системи рівностей у задачі лінійного програмування.
29. Наведіть правила, необхідні для отримання умов невід'ємності змінних задачі лінійного програмування.

30. Охарактеризуйте способи зведення задачі лінійного програмування в канонічній формі до задачі лінійного програмування у стандартній формі. Наведіть умови використання цих способів.
31. Що називається кутовими точками? Як вони використовуються при застосуванні графічного методу розв'язання задачі лінійного програмування?
32. Що називається опуклою множиною? Наведіть приклади.
33. Наведіть графічну інтерпретацію задачі лінійного програмування.
34. Сформулюйте основні вимоги до застосування графічного методу розв'язання задачі лінійного програмування.
35. Яким чином будується множина (багатокутник) розв'язків задачі?
36. Яким чином будується вектор-градієнт? Для чого він використовується у графічному методі?
37. Що таке лінія рівня? Яким чином знаходиться її рівняння? Яким чином здійснюється паралельний переніс лінії рівня у графічному методі?
38. Наведіть приклад множини допустимих розв'язків задачі, коли вона являє собою пусту множину.
39. Сформулюйте алгоритм розв'язання задачі лінійного програмування графічним методом для випадку $n = 2$ змінних задачі.
40. Яким чином та в якому випадку графічний метод використовується для випадку, коли у задачі $n \geq 3$ змінних?
41. У якому випадку у задачі не буде розв'язків? Як це побачити із графічного зображення задачі лінійного програмування?
42. Яким чином при розв'язанні ЗЛП графічним методом визначається, що оптимальний розв'язок існує та являє собою множину розв'язків? Як його описувати?
43. Що називається базисною змінною? Яким чином визначається базисна змінна?
44. Яким чином перевіряється, чи є отриманий розв'язок опорним?
45. Що таке переважний вигляд системи обмежень та яким чином система обмежень зводиться до переважного вигляду?
46. Сформулюйте основні вимоги до застосування для розв'язання задачі лінійного програмування симплекс-методом із природним базисом.
47. Сформулюйте алгоритм та наведіть стислу характеристику основних етапів розв'язання ЗЛП симплекс-методом.
48. Яким чином можливе вирішення проблеми відсутності природного базису у симплекс-методі? Охарактеризуйте всі підходи до вирішення проблеми.
49. Яким чином у симплекс-таблиці визначається, що оптимальний розв'язок існує та являє собою множину розв'язків?
50. Яким чином за симплекс-таблицею визначається, що задача не має розв'язків?
51. У яких випадках складається M -задача? Охарактеризуйте ці випадки.
52. Яким чином в M -задачі вводиться штучний базис? Наведіть відповідь у формалізованому вигляді в тому числі.
53. У якому випадку в M -задачі не буде розв'язків? Як це побачити із симплекс-таблиці?

54. Що називається двоїстою задачею? З якою метою вона складається?
55. Наведіть правила побудови (із формалізованим представленням) моделі двоїстої задачі.
56. Яким чином перевіряється взаємоспряженість двоїстих задач?
57. Сформулюйте першу основну теорему двоїстості. Яким чином вона використовуються при розв'язанні двоїстої задачі? Наведіть приклад.
58. Сформулюйте другу основну теорему двоїстості. Яким чином вона використовуються при розв'язанні двоїстої задачі? Наведіть приклад.
59. Яким чином оцінюється дефіцитність ресурсів у двоїстій задачі?
60. Яким чином проводиться дослідження стійкості двоїстих оцінок? Опишіть основні етапи дослідження.

6 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Базова

1. Бідюк П. І., Гожий О. П. Ймовірно-статистичні методи моделювання і прогнозування. Миколаїв : Чорноморський державний університет ім. Петра Могили, 2014. 440 с.
2. Волонтир Л. О, Потапова Н. А., Ушкаленко І. М., Чіков І. А. Оптимізаційні методи та моделі в підприємницькій діяльності : навч. посіб. Вінниця : Вінницький національний аграрний університет, 2020 404 с.
3. Ладієва Л. Р. Оптимізація технологічних процесів. Київ : ІВЦ «Видавництво «Політехніка»», 2016. 192 с.
4. Леонтьєва В. В., Кондрат'єва Н. О. Математичне моделювання виробничих процесів : навч.-метод. посіб. Запоріжжя : ЗНУ, 2011. 120 с.
5. Павленко П. М. Основи математичного моделювання систем і процесів : навч. посіб. Київ : НАУ, 2014. 274 с.

Допоміжна

1. Бахрушин В. Є. Методи аналізу даних : навч. посіб. для студентів. Запоріжжя : КПУ, 2011. 268 с.
2. Березовський В. Є. та ін. Дослідження операцій. Практичний курс : навч. посіб. Київ : КНЕУ, 2012. 160 с.
3. Бідюк П. І., Романенко В. Д., Тимошук О. Л. Аналіз часових рядів : підручник. Київ : ВПК «Політехніка», 2013. 599 с.
4. Вовк В. М., Зомчак Л. М. Оптимізаційні методи і моделі : навч. посіб. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2014. 360 с.
5. Галаєва Л. В., Рогоза Ш. А., Шульга Н. Г. Дослідження операцій : навч. посіб. Київ : Компринт, 2015. 352 с.
6. Григорків В. С., Григорків М. В. Оптимізаційні методи та моделі : підручник. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2016. 400 с.
7. Данильченко О. М., Данильченко А. О. Інтелектуальний аналіз даних : навч. посіб. Житомир : ЖДТУ, 2009. 405 с.

8. Кузьмичов А. І. Оптимізаційні методи і моделі. Моделювання засобами MS Excel : навч. посібник. Київ : Видавництво Ліра-К, 2017. 215 с.
9. Лебедева І. Л., Норік Л. О. Розв'язання завдань з навчальної дисципліни «Оптимізаційні методи і моделі» у середовищі MS Excel-2010 : навчально-практичний посібник для іноземних студентів. Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2015. 220 с.
10. Лисенко О. І., Алексєєва І. В. Дослідження операцій : конспект лекцій. Київ : НТУУ «КПІ», 2016. 196 с.
11. Ситник В. Ф., Краснюк М. Т. Інтелектуальний аналіз даних (дейтамайнінг): навч. посіб. Київ : КНЕУ, 2007. 376 с.
12. Снитюк В. Є. Прогнозування. Моделі. Методи. Алгоритми : навч. посіб. Київ : Маклаут, 2008. 364 с.
13. Шепеленко О. В. Дослідження операцій : навч. посіб. Донецьк : ДонНУЕТ, 2012. 312 с.
14. Юрченко М. Є Прогнозування та аналіз часових рядів: методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи студентів. Чернігів: ЧНТУ, 2018. 88 с.
15. Dennis A., Wixom B. H., Roth R. M. Systems analysis and design. New York : John Wiley & Sons. 2019. 594 p.
16. Zgurovsky M. Z., Pankratova N. D. System analysis : Theory and Applications. Berlin : Springer. 2007. 475 p.

7 ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

1. Освітній портал ТДАТУ. URL : <https://op.tsatu.edu.ua/course/view.php?id=2017>.
2. Наукова бібліотека ТДАТУ. URL : <http://www.tsatu.edu.ua/biblioteka/>.
3. Сайт кафедри ВМ. URL : <http://tsatu.edu.ua/vmf>.
4. Електронні ресурси з математики. *Бібліотека TWIRPX*. URL : https://www.twirpx.com/files/#files_mathematics.
5. Наукові ресурси. Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського. URL : <http://www.nbuv.gov.ua/node/1539>.
6. Elements of Information System Model. Management Study Guide – Courses for Students, Professionals & Faculty Members. URL : <https://cutt.ly/oOjxriJ>.
7. Mathematics. *UMass Boston Open Courseware*. URL : <http://ocw.umb.edu/mathematics.html>.
8. Maths Resources Index. *The Economics Network*. URL : <https://www.economicsnetwork.ac.uk/subjects/mathsforscientists>.
9. Science, Maths & Technology. *Learning Space. The Open University*. URL : <https://www.open.edu/openlearn/science-maths-technology>.