

**Київський національний торговельно-економічний університет**

Кафедра цифрової економіки та системного аналізу

**ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему:

**«Модель динамічного програмування оптимального розподілу ресурсів лікувального закладу»**

Студента 2 курсу, 1мз групи,

спеціальності  
051 «Економіка»

спеціалізації  
«Цифрова економіка»

Науковий керівник  
доктор економічних наук,  
професор

Гарант освітньої програми  
доктор фізико-математичних  
наук, професор

Гетуна Богдана  
Вікторівича

*підпис студента*

Роскладка Андрій  
Анатолійович

*підпис керівника*

Гамалій  
Володимир Федорович

*підпис гаранта*

**Київ 2021**

**Київський національний торговельно-економічний університет**

Факультет інформаційних технологій  
Кафедра цифрової економіки та системного аналізу  
Освітній ступінь магістр  
Спеціальність 051 «Економіка»  
Спеціалізація «Цифрова економіка»

**Затверджую**

Зав. кафедри \_\_\_\_\_ Роскладка А.А.  
«15» січня 2021 р.

**Завдання**  
**на випускну кваліфікаційну роботу (проект) студенту**

**Гетуну Богдану Дмитровичу**

*(прізвище, ім'я, по батькові)*

1. Тема випускної кваліфікаційної роботи (проекту)  
«Модель динамічного програмування оптимального розподілу ресурсів лікувального закладу»  
Затверджена наказом КНТЕУ від «29» грудня 2020 р. № 3948
2. Строк здачі студентом закінченої роботи «15» листопада 2021 року
3. Цільова установка та вихідні дані до роботи  
Мета роботи – дослідження методів та моделей, які використовуються для розв'язання оптимізаційних задач ефективного розподілу обмежених ресурсів лікувального закладу  
Об'єкт дослідження – господарська діяльність Лікарні відновного лікування «Водолікарня» м. Кременчука  
Предметом дослідження виступають інструменти, моделі та методи вирішення оптимізаційних задач розподілу обмежених ресурсів.

4. Консультанти по роботі (проекту) із зазначенням розділів, за якими здійснюється консультування:

Розділ	Консультант (прізвище, ініціали)	Підпис, дата	
		Завдання видано	Завдання прийнято
1	Роскладка А.А.	15.01.2021 р.	15.01.2021 р.
2	Роскладка А.А.	15.01.2021 р.	15.01.2021 р.
3	Роскладка А.А.	15.01.2021 р.	15.01.2021 р.

5. Зміст випускної кваліфікаційної роботи (проекту) (перелік питань за кожним розділом)

### ВСТУП

### РОЗДІЛ 1. ПОНЯТТЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ, МАТЕМАТИЧНОГО ТА ДИНАМІЧНОГО ПРОГРАМУВАННЯ

1.1. Економічна сутність математичної моделі та задач математичного програмування

1.2. Класифікація математичних моделей та етапи їх створення

1.3. Динамічне програмування як спосіб вирішення оптимізаційних задач

Висновки до розділу 1

### РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА, АНАЛІЗ ЕКОНОМІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ТА ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ ЛІКУВАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ

2.1. Загальна характеристика лікувального закладу

2.2. Аналіз економічної діяльності лікувального закладу

2.3. Проблеми розвитку лікувального закладу

Висновки до розділу 2

### РОЗДІЛ 3. ОПТИМІЗАЦІЙНА МОДЕЛЬ РОЗПОДІЛУ РЕСУРСІВ

3.1. Алгоритм розв'язквання задачі оптимального розподілу ресурсів між структурними підрозділами

3.2. Модель вирішення проблем розвитку лікувального закладу

Висновки до розділу 3

### ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

### ДОДАТКИ

6. Календарний план виконання роботи (проекту)

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	
		За планом	фактично
1	2	3	4
1	<i>Вибір теми випускної кваліфікаційної роботи</i>	31.12.2020	31.12.2020
2	<i>Розробка та затвердження завдання на випускну кваліфікаційну роботу</i>	15.01.2021	15.01.2021
3	<i>Вступ</i>	01.03.2021	
4	<i>Розділ 1. Поняття математичної моделі, математичного та динамічного програмування</i>	25.06.2021	
5	<i>Розділ 2. Характеристика, аналіз економічної діяльності та проблеми розвитку лікувального закладу</i>	02.09.2021	
6	<i>Підготовка статті у збірник наукових статей магістрів</i>	15.09.2021	
7	<i>Розділ 3. Оптимізаційна модель розподілу ресурсів</i>	20.10.2021	
8	<i>Висновки</i>	02.11.2021	
9	<i>Здача випускної кваліфікаційної роботи на кафедру науковому керівнику</i>	15.11.2021	
10	<i>Попередній захист випускної кваліфікаційної роботи</i>	25.11.2021	
11	<i>Виправлення зауважень, зовнішнє рецензування випускної кваліфікаційної роботи</i>	28.11.2021	
12	<i>Представлення готової зшитої випускної кваліфікаційної роботи на кафедру</i>	30.11.2021	
13	<i>Публічний захист випускної кваліфікаційної роботи</i>	За розкладом роботи ЕК	

7. Дата видачі завдання «15» січня 2021 р.

8. Науковий керівник випускної кваліфікаційної роботи (проекту)

Роскладка А. А.  
(підпис, прізвище, ініціали)

9. Гарант освітньої програми

Гамалій В. Ф.  
(підпис, прізвище, ініціали)

10. Завдання прийняв до виконання студент

(підпис, прізвище, ініціали)

Гетун Б. Д.



## Анотація

Випускна кваліфікаційна робота містить результати дослідження математичного та динамічного програмування як основних методів розв'язування оптимізаційних задач розподілу ресурсів. В роботі проведено узагальнення та систематизацію математичних моделей, їх класифікація та етапи створення.

Досліджено та проведено порівняльний аналіз економічної діяльності лікувального закладу за 2018-2019 рр.

Виявлено та описано основні проблеми розвитку лікувального закладу.

Розроблено модель оптимального розподілу обмежених ресурсів між структурними підрозділами.

**Ключові слова:** математична модель, математичне програмування, динамічне програмування, економічний аналіз, оптимізаційна модель.

## Annotation

The qualification work contains the results of the study of mathematical and dynamic programming as the main methods of solving optimization problems of resource allocation. The generalization and systematization of mathematical models, their classification and stages of creation are carried out in the work.

The comparative analysis of economic activity of the medical institution for 2018-2019 is investigated and carried out.

The main problems of the medical institution development are identified and described.

A model of optimal distribution of limited resources between structural units has been developed.

**Keywords:** mathematical model, mathematical programming, dynamic programming, economic analysis, optimization model.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1. ПОНЯТТЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ, МАТЕМАТИЧНОГО ТА ДИНАМІЧНОГО ПРОГРАМУВАННЯ .....	5
1.1. Економічна сутність математичної моделі та задач математичного програмування.....	5
1.2. Класифікація математичних моделей та етапи їх створення .....	11
1.3. Динамічне програмування як спосіб вирішення оптимізаційних задач	18
Висновки до розділу 1 .....	22
РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА, АНАЛІЗ ЕКОНОМІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ТА ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ ЛІКУВАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ .....	23
2.1. Загальна характеристика лікувального закладу .....	23
2.2. Аналіз економічної діяльності лікувального закладу .....	27
2.3. Проблеми розвитку лікувального закладу .....	35
Висновки до розділу 2 .....	36
РОЗДІЛ 3. ОПТИМІЗАЦІЙНА МОДЕЛЬ РОЗПОДІЛУ РЕСУРСІВ .....	37
3.1. Алгоритм розв’язування задачі оптимального розподілу ресурсів між структурними підрозділами.....	37
3.2. Модель вирішення проблем розвитку лікувального закладу .....	43
Висновки до розділу 3 .....	45
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ.....	47
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	49
ДОДАТКИ .....	53

## ВСТУП

У процесі розвитку, а також у міру зміни економічних умов країни, об'єктивною необхідністю перед підприємствами та галузями є потреба удосконалення своїх економічних структур. Господарські об'єкти переглядають існуючі системи керування, упроваджують нові інформаційні системи, проводять реорганізацію діяльності на основі сучасних методів управління. Така сформована на даний час ситуація обумовлює необхідність формування нових методичних основ та розробки практичних рекомендацій з побудови систем керування фінансами, особливо інвестиційною діяльністю як однієї з найважливіших умов розвитку. При розробці таких методик необхідно передбачити ефективність керування матеріальними (основними фондами, виробничими запасами) і фінансовими ресурсами підприємства.

З цією метою з середині ХХ століття використовується створений спеціальний математичний апарат, що допомагає оптимально розподілити ресурси. Такий розділ математики називається математичним програмуванням.

Оскільки в наш час процеси прийняття рішень в економіці спираються на досить широке коло економіко-математичних методів і моделей, то для побудови математичної моделі необхідно мати чітке уявлення про мету функціонування досліджуваної системи і мати в своєму розпорядженні інформацію про обмеження, які визначають область допустимих значень. Мета і обмеження повинні бути представлені у вигляді функцій. Жодне серйозне рішення, що стосується керування діяльністю галузей і підприємств, розподілу ресурсів, вивчення ринкової кон'юнктури, прогнозування чи планування, не здійснюється без попереднього математичного дослідження конкретного процесу чи його частин.

Проблема розподілу ресурсів відноситься до розряду «вічних», адже ресурси, на відміну від потреб, завжди обмежені. Прикладами таких задач є задача оптимального розподілу, задача оптимальної заміни основних фондів, задача складання календарних планів поточного і капітального ремонту складного устаткування і його заміни, задача оптимізації фінансування багатоетапних інвестиційних проектів. В умовах обмежених ресурсів лікувального закладу



ефективність його діяльності залежить від їх оптимального розподілу. Прийняття оптимального рішення з розподілу залежить від можливості вірної оцінки варіантів отримання максимального прибутку, прискорення виробничого процесу чи полегшення роботи персоналу. Динамічне програмування є одним з найбільш ефективних методів рішення подібних задач, чим і пояснюється актуальність даної кваліфікаційної роботи.

**Метою** випускної кваліфікаційної роботи є дослідження методів та моделей, які використовуються для розв'язання оптимізаційних задач ефективного розподілу обмежених ресурсів лікувального закладу.

**Об'єктом** дослідження є господарська діяльність Лікарні відновного лікування «Водолікарня» м. Кременчука.

**Предметом** виступають інструменти, моделі та методи вирішення оптимізаційних задач розподілу обмежених ресурсів.

Враховуючи поставлену мету, основними **завданнями** дослідження є вивчення та систематизація моделей та методів оптимізаційних задач, дослідження результатів економічної діяльності медичного закладу, вивчення питань та проблем розвитку та розроблення оптимізаційної моделі ефективного розподілу обмежених ресурсів.

## РОЗДІЛ 1

### ПОНЯТТЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ, МАТЕМАТИЧНОГО ТА ДИНАМІЧНОГО ПРОГРАМУВАННЯ

#### 1.1. Економічна сутність математичної моделі та задач математичного програмування.

З середини ХХ ст. в найрізноманітніших галузях людської діяльності широко застосовують математичні методи і комп'ютерну техніку. Виникли такі нові дисципліни, як «математична економіка», «математична хімія», «математична лінгвістика» тощо, що вивчають математичні моделі відповідних об'єктів і явищ, а також методи дослідження цих моделей. Пройдемо шлях від визначення математичної моделі, вживання системного підходу при її створенні до загальної схеми створення математичної моделі. Спершу спробуємо на підставі визначення моделі і моделювання дати визначення математичного програмування.

*Модель у загальному розумінні* (узагальнена модель) – це специфічний об'єкт, створений з метою здобуття і (або) зберігання інформації, який відображає властивості, характеристики і зв'язки об'єкта-оригінала довільної природи, істотні для задачі, вирішуваної суб'єктом. Іншими словами – це відображення реального об'єкта. Таке відображення об'єкта може бути представлено схемою, ескізом, фотографією, моделлю описового характеру у виді графіків і таблиць. Математична модель – це система математичних рівнянь, нерівностей, формул і різних математичних виражень, що описують реальний об'єкт, що складають його характеристики і взаємозв'язки між ними. Процес побудови математичної моделі називають математичним моделюванням. Моделювання і побудова математичної моделі економічного об'єкта дозволяють звести економічний аналіз виробничих процесів до математичного аналізу і прийняття ефективних рішень [1].

Оскільки нами вивчаються економічні задачі, то, відповідно, будуються економіко-математичні моделі, що включають:

- 1) вибір деякого числа змінних величин для формалізації моделі об'єкта;

- 2) інформаційну базу даних об'єкта;
- 3) вираження взаємозв'язків, що характеризують об'єкт, у виді рівнянь і нерівностей;
- 4) вибір критерію ефективності і вираження його у виді математичного співвідношення – цільової функції.

Математична модель, як ефективний інструмент вивчення економічних процесів, насамперед має відповідати таким вимогам:

- будуватися на основі економічної теорії й відбивати об'єктивні закономірності процесів;
- правильно відтворювати функцію та структуру реальної економічної системи;
- відповідати певним математичним умовам.

Змістом будь-якої економіко-математичної моделі є виражена у формально-математичних співвідношеннях економічна сутність умов задачі і поставленої мети. У моделі економічна величина представляється математичним співвідношенням, але не завжди математичне співвідношення є економічним. Опис економічних умов математичними співвідношеннями – результат того, що модель установлює зв'язок і залежність між економічними параметрами чи величинами [4].

За змістом розрізняють економіко-математичні й економіко-статистичні моделі. Вони різняться між собою за характером функціональних залежностей, що пов'язують їхні величини. Так, економіко-статистичні моделі зв'язані з показниками, згрупованими різними способами. Статистичні моделі встановлюють залежність між показниками і визначальними їх факторами у вигляді лінійної і нелінійної функції. Економіко-математичні моделі містять у собі систему обмежень, цільову функцію.

Система обмежень складається з окремих математичних рівнянь чи нерівностей (так званих балансових рівнянь чи нерівностей).

Цільова функція зв'язує між собою різні величини моделі. Як правило, в якості мети вибирається економічний показник (прибуток, рентабельність,

собівартість, валова продукція тощо). Тому цільову функцію іноді називають економічною, критеріальною. Цільова функція – це функція багатьох змінних величин і вона може мати вільний член [9].

Критерії оптимальності – це економічний показник, що виражається за допомогою цільової функції через інші економічні показники. Тому самому критерію оптимальності можуть відповідати декілька різних, але еквівалентних цільових функцій. Моделі з однією і тією ж системою обмежень можуть мати різні критерії оптимальності і різні цільові функції.

Розв'язком економіко-математичної моделі, чи припустимим планом називається набір значень невідомих, котрі відповідають її системі обмежень. Модель має множину рішень, чи множину припустимих планів, і серед них потрібно знайти єдиний, який задовольнить систему обмежень і цільову функцію. Припустимий план, що задовольняє цільову функцію, називається оптимальним. Серед них, як правило, існує єдиний план, для якого цільова функція і критерій оптимальності мають максимальне чи мінімальне значення. Якщо модель задачі має декілька оптимальних планів, то для кожного з них значення цільової функції однакове [10].

Якщо економіко-математична модель задачі лінійна, то оптимальний план досягається в області зміни змінних величин системи обмежень. У випадку нелінійної моделі оптимальних планів і оптимальних значень цільових функцій може бути декілька. Тому необхідно визначати екстремальні плани й екстремальні значення цільової функції. План, для якого цільова функція моделі має екстремальне значення, називають екстремальним планом, чи екстремальним рішенням. Для нелінійних моделей іноді існують екстремальні значення цільової функції, а для лінійних моделей екстремальних планів і екстремальних значень цільової функції бути не може.

Таким чином, для ухвалення оптимального рішення будь-якої економічної задачі необхідно побудувати її економіко-математичну модель, яка складається з системи обмежень, цільової функції, критерію оптимальності.

Методика побудови економіко-математичної моделі полягає в тому, щоб економічну сутність задачі представити математично, використовуючи різні символи, перемінні і постійні величини, індекси й інші позначення. Всі умови задачі необхідно записати у виді рівнянь чи нерівностей [11].

Однією з важливих особливостей математичних моделей є потенційна можливість їх використання для вирішення різноманітних проблем. Для економіки, де неможливе будь-яке експериментування, особливого значення набуває математичне моделювання. Завдяки застосуванню потужного математичного апарату воно є найефективнішим і найдосконалішим методом. У свою чергу, математичні методи не можуть застосовуватися безпосередньо щодо реальності, а лише щодо математичних моделей того чи іншого кола явищ.

Прикладами економічних моделей є моделі споживчого вибору, моделі фірми, моделі економічного зростання, моделі рівноваги на товарних, фондових і фінансових ринках. Важливе місце приділяється економіко-математичним моделям у ціноутворенні, моделям прогнозування кон'юнктури ринку і визначення цін, моделям і методам аналізу інвестиційних проектів, моделям у керуванні фінансами, моделям оптимального галузевого і регіонального регулювання, економіко-математичним моделям проекту розвитку окремих галузей промисловості.

Отже, модель – це спеціально створений об'єкт, на якому відтворюються певні характеристики досліджуваного явища, а моделювання – це конкретне відтворення цих характеристик, що дає змогу вивчати можливу поведінку явища без проведення експериментів над ним [22].

Моделювання є важливим інструментом наукової абстракції, що допомагає виокремити, уособити та проаналізувати суттєві для даного об'єкта характеристики.

У процесі побудови моделі здійснюється зіставлення двох систем наукових знань – економічних і математичних. Звичайно, треба прагнути того, щоб одержати модель, яка належить до добре вивченого класу математичних задач. Часто це вдається зробити шляхом деякого спрощення вихідних положень моделі, які не

спотворюють суттєві риси модельованого об'єкта. Однак можлива й така ситуація, коли формалізація економічної проблеми приводить до невідомої раніше математичної структури. Проблеми економічної науки і практики в середині ХХ ст. сприяли розвиткові теорії гри, функціонального аналізу, обчислювальної математики, математичного програмування.

Математичне програмування (планування) – це розділ математики, що передбачає розробку методів розшуку екстремальних значень функції, на аргументи якої накладені обмеження. Методи математичного програмування використовуються в економічних, організаційних, військових та інших системах для розв'язання так званих розподільних задач. Розподільні задачі розв'язуються за наявності обмежених ресурсів, які необхідно якнайефективніше розподілити з метою одержання максимального прибутку або мінімізації витрат (відповідно до вибраного критерію оптимальності).

Назва «математичне програмування» походить від англійського «programming» що перекладається як процес пошуку найкращої програми (плану) дій. Слово «математичне» вказує на те, що такий пошук має проводитись із застосуванням математичних методів [6].

Предметом вивчення математичного програмування є задачі пошуку оптимальних управлінських рішень, що математично зводяться до задач знаходження умовного екстремуму функції багатьох змінних.

Задачі математичного програмування підрозділяються на такі види (в дужках вказано відповідні розділи математичного програмування):

- опуклі (лінійне й опукле програмування);
- динамічні (динамічне програмування);
- мережні (мережеве програмування);
- дискретні (дискретне програмування);
- стохастичні (стохастичне програмування).

Природно, результати досліджень будь-якої моделі можуть мати практичну цінність, якщо модель адекватна явищу, що вивчається, тобто досить добре відтворює реальну ситуацію.

Слово «програмування» тут і в аналогічних термінах («лінійне програмування», «динамічне програмування» тощо) є результатом історичного непорозуміння та неточного перекладу з англійської мови. Українською мовою краще було б вжити слово «планування». З програмуванням для комп'ютерів математичне програмування має спільне лише те, що більшість виникаючих на практиці задач математичного програмування занадто громіздкі для ручного розрахунку, вирішити їх можна тільки за допомогою комп'ютерів, попередньо склавши програму. Часом народження математичного програмування прийнято вважати 1939 р., коли була надрукована брошура Л. В. Канторовича «Математичні методи організації і планування виробництва». Оскільки методи, викладені Л. В. Канторовичем, були мало придатні для ручного розрахунку, а швидкодіючих обчислювальних машин у той час не існувало, робота Л. В. Канторовича залишилася майже непоміченою.

Своє друге народження математичне програмування одержало на початку п'ятидесятих років з появою ЕОМ. Тоді почалося загальне захоплення лінійним програмуванням, що викликало у свою чергу розвиток інших розділів математичного програмування. У 1975 році академік Л. В. Канторович і американець професор Т. Купманс одержали Нобелівську премію з економіки за «внесок у розробку теорії й оптимального використання ресурсів в економіці». Саме у книзі Л. В. Канторовича «Математичні методи організації і планування виробництва» закладено підстави того, що нині називається математичною економікою [32].

Однак ідеї Л. В. Канторовича не зустріли розуміння в момент їхнього зародження, були оголошені ерессю, і його робота була перервана. Концепції академіка незабаром після війни були перевідкриті на заході. Американський економіст Т. Купманс протягом багатьох років привертая увагу математиків до ряду задач, пов'язаних з військовою тематикою. Він активно сприяв тому, щоб був організований математичний колектив для розробки цих проблем. У підсумку було усвідомлено, що треба навчитися вирішувати задачі про наявність екстремумів лінійних функцій на багатогранниках, що задаються лінійними нерівностями. За

пропозицією Купманса цей розділ математики одержав назву математичного програмування.

Під математичним програмуванням, у вузькому значенні слова, розуміють опис у вигляді рівнянь і нерівностей реальних фізичних, хімічних, технологічних, біологічних, економічних і інших процесів. Для того, щоб використовувати математичні методи для аналізу і синтезу різних процесів, необхідно вміти описати ці процеси мовою математики, тобто описати у вигляді системи рівнянь і нерівностей.

Як методологія наукових досліджень, математичне моделювання, поєднує в собі досвід різних галузей науки про природу і суспільство, прикладну математику, інформатику і системне програмування для розв'язання фундаментальних проблем. Математичне моделювання об'єктів складної природи – єдиний цілісний цикл розробок від фундаментального дослідження проблеми до конкретних розрахунків показників ефективності об'єкту. Результатом розробок є система математичних моделей, які якісно описують різноманітні закономірності функціонування об'єкту і його еволюцію в цілому як складної системи в різних умовах. Експерименти з математичними моделями дають початкові дані для оцінки показників ефективності об'єкту.

Використання методів математичного програмування передую найважливіший етап – побудова математичної моделі, тож розглянемо їх класифікацію та етапи створення.

## **1.2. Класифікація математичних моделей та етапи їх створення**

Дослідження математичної моделі дає змогу діставати характеристики реального економічного об'єкта чи системи. Тип математичної моделі залежить як від природи системи, так і від задач дослідження.

Математичні моделі економічних процесів і явищ коротко можна назвати економіко-математичними моделями. Для класифікації цих моделей використовують різні критерії [16].



Розглянемо основні типи економіко-математичних моделей (ЕММ).

За цільовим призначенням ЕММ поділяються на теоретико-аналітичні, що використовуються під час дослідження загальних властивостей і закономірностей економічних процесів (наприклад, модель Кейнса), та прикладні, призначені для розв'язування конкретних економічних задач (моделі економічного аналізу, прогнозування, управління тощо).

Економіко-математичні моделі можуть бути призначені для дослідження як різних функціональних складових економіки (виробничо-технологічної, соціальної, територіальної структури), так і його окремих частин. Розглядають моделі всієї економіки в цілому та її підсистем – секторів, галузей, регіонів, комплексів моделей виробництва, споживання, формування та розподілу прибутків, трудових ресурсів, ціноутворення, фінансових зв'язків тощо.

Згідно із загальною класифікацією математичних моделей вони поділяються на функціональні та структурні, охоплюючи проміжні форми (структурно-функціональні). У дослідженнях на макроекономічному рівні частіше застосовуються структурні моделі, оскільки для планування та управління велике значення мають внутрішні залежності між елементами систем. Типовими структурними моделями є моделі міжгалузевих зв'язків. Функціональні моделі широко застосовуються в економічному регулюванні, коли на поведінку об'єкта («вихід») впливають шляхом зміни «входу». Прикладом може слугувати модель поведінки споживачів в умовах товарно-грошових відносин. Один і той самий об'єкт може описуватись одночасно і структурною, і функціональною моделями. Наприклад, для планування окремої галузевої системи використовується структурна модель, а на макроекономічному рівні кожна галузь може бути подана функціональною моделлю.

За іншою класифікацією моделі поділяють на дескриптивні та нормативні. Дескриптивні моделі відповідають на запитання: як це відбувається чи як це найімовірніше може розвиватися далі? Іншими словами, вони лише пояснюють факти, які спостерігалися, чи дають прогноз. Нормативні моделі відповідають на запитання: як це має бути? Тобто передбачають цілеспрямовану діяльність.

Типовим прикладом нормативних моделей є моделі оптимального (раціонального) планування, що формалізують у той чи інший спосіб мету економічного розвитку, можливість і засоби її досягнення.

Чи є економіко-математична модель дескриптивною або нормативною – це залежить не лише від її математичної структури, а й від характеру використання моделі. Наприклад, модель міжгалузевго балансу є дескриптивною, якщо вона використовується для аналізу пропорцій минулого періоду. Але ця сама математична модель стає нормативною, якщо застосовується для розрахунків збалансованих варіантів розвитку народного господарства, які задовольняють кінцеві потреби суспільства за умови планових нормативів виробничих витрат.

Багато економіко-математичних моделей поєднують ознаки дескриптивних і нормативних моделей. Типовою є ситуація, коли нормативна модель складної структури об'єднує окремі блоки, котрі є частковими дескриптивними моделями. Наприклад, міжгалузєва модель може включати функції купівельного попиту, які описують поведінку споживачів за зміни доходів. Подібні приклади характеризують тенденцію ефективного поєднання дескриптивного і нормативного підходів. Дескриптивний підхід широко застосовується в імітаційному моделюванні.

За характером відображення причинно-наслідкових зв'язків розрізняють детерміновані моделі та моделі, що враховують випадковість і невизначеність. Треба розрізняти невизначеність, яка описується ймовірнісними законами, і невизначеність, для опису котрої закони теорії ймовірностей застосовувати не можна. Другий тип невизначеності набагато складніший для моделювання: мається на увазі теорія нечітких множин та нечітка логіка [8].

За способами відображення чинника часу економіко-математичні моделі поділяються на статичні та динамічні. У статичних моделях усі залежності стосуються одного моменту або періоду часу. Динамічні моделі характеризують зміни економічних процесів у часі.

За тривалістю періоду часу, що розглядається, розрізняють моделі короткострокового (до року), середньострокового (до 5 років), довгострокового

(10–15 і більше років) прогнозування та планування. Час в економіко-математичних моделях може змінюватися неперервно або дискретно. Тому за цією функцією розрізняють неперервні та дискретні моделі.

Моделі економічних процесів надзвичайно різноманітні за формою математичних залежностей. У загальному випадку виокремлюють лінійні та нелінійні моделі. Відмінності між лінійними і нелінійними моделями є суттєвими не лише з математичної точки зору, а й у теоретико-економічному відношенні, адже багато залежностей в економіці як на макро-, так і на мікрорівні мають принципово нелінійний характер: вплив податкової та грошово-кредитної політики на економічних суб'єктів, ефективність використання ресурсів з розширенням виробництва, зміна попиту і споживання населення, збільшення виробництва, зміна обладнання, моделі управління запасами тощо. Теорія «лінійної економіки» істотно відрізняється від теорії «нелінійної економіки». Від того, чи вважаються множини виробничих потужностей підсистем (галузей, підприємств) опуклими чи неопуклими, суттєво залежать висновки про можливість поєднання централізованого планування й господарської самостійності економічних підсистем [26].

За співвідношенням екзогенних і ендогенних змінних, які включаються в модель, вони поділяються на відкриті і закриті. Повністю відкритих моделей не існує; модель повинна містити хоча б одну ендогенну (таку, що визначається за допомогою моделі) змінну. Повністю закриті економіко-математичні моделі, тобто такі, що не містять екзогенних змінних, надзвичайно рідкісні; побудова їх потребує повного абстрагування від «середовища», тобто серйозного спрощення економічних систем, які завжди мають зовнішні зв'язки. Переважна більшість економіко-математичних моделей посідає проміжну позицію і розрізняється за ступенем відкритості (закритості).

Макроекономічні моделі поділяють на агреговані та деталізовані. Залежно від того, чи містять ці моделі просторові чинники та умови, чи ні, розрізняють моделі просторові та точкові.

Отже, загальна класифікація ЕММ охоплює понад десять основних ознак. З розвитком економіко-математичних досліджень проблема класифікації застосовуваних моделей дедалі ускладнюється. Разом із виникненням нових типів моделей (особливо змішаних типів) і нових ознак їх класифікації здійснюється процес інтеграції моделей різних типів у більш складні модельні конструкції.

Для того, щоб побудувати модель, перш за все необхідно з'ясувати і чітко сформулювати дослідницьку або іншу задачу, заради розв'язання якої здійснюється моделювання. Це базується на змістовному аналізі початкової проблеми, передбачає збір і осмислення всіх уже наявних даних, що відносяться до задачі, і, таким чином, є зовнішнім відносно сформульованої моделі. Процедура безпосереднього моделювання починається з визначення меж об'єкту, що підлягає модельному опису і дослідженню з метою розв'язання задачі. Тут можливий дуже широкий діапазон різних ситуацій, залежних, з одного боку, від характеру задачі, з іншого – від ступеня складності вивченої тієї матеріальної або ідеальної сфери дійсності, до якої ця задача відноситься. Тому результати, одержані після такого аналізу на перших етапах формування моделі, неминуче носять не цілком достовірний, гіпотетичний характер і, як правило, уточнюються і корегуються в процесі подальшої роботи над моделлю [5].

Також існує системний підхід до створення моделі, який передбачає:

- визначення межі об'єкту та оточуючого його світу (розмежування);
- визначення та систематизацію всіх зв'язків об'єкту з оточуючим світом, а також структури об'єкту;
- формалізацію цих зв'язків та структури об'єкту, описання їх математичною мовою;
- створення моделі;
- дослідження моделі;
- уточнення її структури та властивостей з метою подальшої її апроксимації до об'єкту-оригіналу.

Розглянемо основні етапи економіко-математичного моделювання.

Процес моделювання передбачає наявність трьох структурних елементів:

- об'єкта дослідження;
- суб'єкта (дослідника);
- моделі, яка опосередковує відносини між суб'єктом і об'єктом.

Побудова ЕММ у загальному випадку складається з розглянутих далі етапів.

1. *Постановка економічної проблеми та її якісний аналіз.* На цьому етапі потрібно сформулювати сутність проблеми, визначити передумови й висловити припущення. Необхідно виокремити найважливіші властивості об'єкта моделювання, вивчити його структуру, дослідити взаємозв'язки між його елементами, дослідити його зв'язки із зовнішнім середовищем тощо.

2. *Побудова математичної моделі.* Цей етап полягає у формалізації економічної проблеми, тобто вираженні її у вигляді конкретних математичних залежностей (функцій, рівнянь, нерівностей тощо) і відношень.

3. *Математичний аналіз моделі.* Метою цього етапу є з'ясування загальних властивостей моделі. Тут часто застосовують математичні прийоми дослідження. Найважливіший момент – доведення існування рішень у сформованій моделі. Якщо математична задача не має рішення, то необхідність у наступній роботі за первісним варіантом моделі відпадає; слід скоригувати постановку економічної задачі чи модифікувати її математичну формалізацію. В аналітичному дослідженні моделі можуть постати такі питання як, наприклад:

- чи взагалі є та чи єдине рішення;
- які змінні (невідомі) можуть входити у рішення;
- які будуть співвідношення між ними;
- в яких межах і залежно від яких вихідних умов вони змінюються;
- якими є тенденції цих змін тощо.

Аналітичне дослідження моделі порівняно з емпіричним (числовим) має ту перевагу, що одержувані висновки зберігають свою силу за різноманітних конкретних значень зовнішніх і внутрішніх параметрів моделі. Знання загальних властивостей моделі має настільки велике значення, що часто задля доведення подібних властивостей дослідники свідомо йдуть на ідеалізацію первинної моделі. І все-таки моделі складних економічних об'єктів з великими труднощами

піддаються аналітичному дослідженню. У тих випадках, коли аналітичними методами не вдається з'ясувати загальні властивості моделі, а спрощення моделі спричиняється до недопустимих (неадекватних) результатів, переходять до чисельних методів дослідження.

4. *Підготовка вихідної інформації.* В економічних задачах це, як правило, найбільш трудомісткий етап моделювання, оскільки тут замало самого лише пасивного збору даних. Математичне моделювання висуває жорсткі вимоги до якості системи інформації. Водночас реальні можливості одержання інформації обмежують вибір моделей, які пропонуються до практичного використання. Разом з тим береться до уваги не лише принципова можливість підготовки інформації (за певний період), але й витрати на підготовку відповідних інформаційних масивів. Ці витрати не повинні перевищувати ефект від використання додаткової інформації. У процесі підготовки інформації використовуються методи теорії ймовірностей, математичної статистики, а також економічної статистики для агрегування, групування даних, оцінювання вірогідності даних тощо.

5. *Чисельні розв'язки.* Цей етап передбачає розробку алгоритмів чисельного розв'язання задачі, підготовку комп'ютерних програм та безпосереднє виконання розрахунків. Труднощі цього етапу зумовлені передусім великою розмірністю економічних задач, необхідністю опрацювання значних масивів інформації. Звичайно розрахунки на підставі використання ЕММ мають багатоваріантний характер. Завдяки високій швидкодії сучасних ЕОМ вдається проводити чисельні «модельні» експерименти, вивчаючи «поведінку» моделі при різних значеннях деяких умов. Дослідження, які проводяться за допомогою чисельних методів, можуть стати суттєвим доповненням до результатів аналітичного дослідження. Зазначимо, що клас економічних задач, які можна розв'язувати чисельними методами, значно ширший, ніж клас задач, доступних аналітичному дослідженню.

6. *Аналіз числових результатів та їх застосування.* На цьому, завершальному, етапі передусім з'ясовується найважливіше питання щодо правильності й повноти результатів моделювання та можливості їх практичного використання, а також досліджуються можливі напрямки подальшого

вдосконалення моделі. Тому спершу перевіряють адекватність моделі за тими властивостями, що було взято за найістотніші.

Верифікація моделі – перевірка правильності структури (логіки) моделі.

Валідація моделі – перевірка відповідності здобутих у результаті моделювання даних реальному процесу в економіці.

Математичні методи перевірки можуть виявляти некоректність підходу до побудови моделі і тим самим звужувати клас потенційно правильних моделей. Неформальний аналіз теоретичних висновків і числових результатів, які одержують за допомогою моделі, зіставлення їх із знаннями, якими володіємо, і фактами дійсності також дозволяють знаходити недоліки постановки економічної задачі, сконструйованої математичної моделі, її інформаційного і математичного забезпечення [31].

Перелічені етапи економіко-математичного моделювання перебувають у тісному взаємозв'язку, зокрема можуть існувати зворотні зв'язки між етапами, які виникають унаслідок того, що в процесі дослідження виявляються недоліки попередніх етапів моделювання.

Отже, моделювання являє собою циклічний процес. За останнім етапом необхідно переходити до першого й уточнювати постановку задачі згідно зі здобутими результатами, потім – до другого й уточнювати (коригувати) математичний модуль, далі – до третього і т. д.

### **1.3. Динамічне програмування як спосіб вирішення оптимізаційних задач**

На практиці в сферах фінансів, маркетингу, інвестування та інших дуже часто виникає проблема раціонального розподілу якихось ресурсів (капіталовкладень, товару тощо). Щоб прийняти вірне рішення щодо оптимального розподілу ресурсів застосовується математична модель динамічного програмування. Це один з найбільш широко відомих математичних методів сучасної теорії керування, який був запропонований наприкінці 50-х років минулого століття американським математиком Річардом Беллманом, автором книг «Динамічне програмування»,

«Прикладні задачі динамічного програмування», «Кібернетика та медична діагностика», «Теорія стійкості рішень диференціальних рівнянь» та багатьох інших. Його книги швидко набули відомості та одержали широке визнання за кордоном, і вже в 60-х рр. були перекладені російською мовою [3].

Динамічне програмування часто допомагає вирішити задачу, перебірний алгоритм для яких займав би дуже багато часу. Цей метод використовує ідею покрокової оптимізації. У цій ідеї є принципова тонкість: кожен крок оптимізується не сам по собі, а з «поглядом на майбутнє», на наслідки прийнятого «крокового» рішення. Воно повинно забезпечити максимальний виграш не на даному конкретному кроці, а на всій сукупності кроків, що входять в операцію. Такий метод, як правило, використовується для задач оптимізації, для яких можлива наявність багатьох рішень. Кожному варіанту розв'язку можна співставити деяке значення і нам потрібно знайти серед них той, який є оптимальним (мінімальним або максимальним). Такий розв'язок називають одним із можливих оптимальних розв'язків. Враховуючи те, що таких розв'язків може бути декілька, їх варто відрізнити від єдиного оптимального рішення [38].

Динамічне програмування – розділ математичного програмування, сукупність прийомів, що дозволяють знаходити оптимальні рішення, засновані на обчисленні наслідків кожного рішення і виробленню оптимальної стратегії для наступних рішень.

Процеси прийняття рішень, що будуються по такому принципі, називаються багатокроковими процесами. Математично оптимізаційна задача будується за допомогою таких співвідношень, що послідовно зв'язані між собою: наприклад, отриманий результат для одного року вводиться в рівняння для наступного (чи, навпаки, для попереднього). Таким чином, можна одержати на обчислювальній машині результати рішення задачі для будь-якого обраного моменту часу і «впливати» далі.

Загальним для задач динамічного програмування є те, що змінні розглядаються не разом, а послідовно, одна за іншою. Сутність полягає в тому, що будується така обчислювальна схема, коли замість однієї задачі з багатьма



змінними будується багато задач з малим числом змінних (звичайно навіть однією) у кожній. Це значно скорочує обсяг обчислень. Однак така перевага досягається лише при двох умовах: коли критерій оптимальності адитивний, тобто загальне оптимальне рішення є сумою оптимальних рішень кожного кроку, і коли майбутні результати не залежать від передісторії того стану системи, при якому приймається рішення. Це впливає з принципу оптимальності Беллмана, що лежить в основі теорії динамічного програмування. З нього ж випливає основний прийом – знаходження правила домінування, на основі якого на кожному кроці виконується порівняння варіантів майбутнього розвитку і завчасне відсівання свідомо безперспективних варіантів.

Розглянемо математичну постановку задачі динамічного програмування. Припустимо, що фізична система  $S$  знаходиться в стані  $S_0 \in \overline{S_0}$ , де  $\overline{S_0}$  – множина початкових станів і є керованою. Таким чином, під дією деякого керування  $U$  система переходить із початкового стану  $S_0$  у стан  $S_k \in \overline{S_k}$ , де  $\overline{S_k}$  – множина кінцевих станів. При цьому якість кожного з визначених керувань  $U$  характеризується відповідним значенням функції  $W(U)$ . Задача полягає у тому, щоб із множини можливих керувань знайти таке  $U^*$ , при якому функція  $W(U)$  приймає екстремальне (мінімальне або максимальне) значення  $W(U^*)$ ; при цьому  $S$  називається динамічною системою, а задачі, котрі вкладаються в дану модель, називаються задачами динамічного програмування.

1. Будемо вважати, що стан динамічної системи  $S$  на  $k$ -му кроці ( $k = \overline{1, n}$ ) визначений сукупністю чисел

$$X^{(k)} = (x_1^{(k)}, x_2^{(k)}, \dots, x_n^{(k)}), \quad (1.1)$$

які отримані в результаті реалізації керування  $u_k$ , що забезпечує перехід системи  $S$  із стану  $X^{(k-1)}$  у стан  $X^{(k)}$ . При цьому вважаємо, що стан  $X^{(k)}$ , у який перейшла система  $S$ , залежить від даного стану  $X^{(k-1)}$  і вибраного керування  $u_k$  та не залежить від того, яким чином система  $S$  прийшла в стан  $X^{(k-1)}$ . Умова (1.1) носить назву умови відсутності післядії.

2. Будемо вважати, що якщо в результаті реалізації  $k$ -го кроку забезпечено певний виграш  $W_k(x^{(k-1)}, u_k)$ , який залежить від стану  $x^{(k-1)}$  і вибраного керування  $u_k$ , то загальний дохід або виграш за  $n$  кроків складає

$$F = \sum_{k=1}^n W_k(x^{(k-1)}, u_k). \quad (1.2)$$

Умова (1.2) носить назву умови адитивності цільової функції.

Яким би не був стан системи перед черговим кроком, необхідно вибрати керування на цьому кроці так, щоб виграш на даному кроці плюс оптимальний виграш на всіх наступних кроках був максимальним.

Із цього принципу випливає, що загальну оптимальну стратегію керування  $U^*$ , що дорівнює  $U^* = (u_1^*, u_2^*, \dots, u_n^*)$ , можна отримати, якщо спочатку знайти оптимальну стратегію керування на  $n$ -му кроці ( $W_n^*$ ), потім на двох останніх кроках ( $u_{n-1}^*, u_n^*$ ), потім на 3-х останніх кроках ( $u_{n-2}^*, u_{n-1}^*, u_n^*$ ) і т.д. до першого кроку.

Можна виділити два найбільш загальні класи задач [13].

Перший – задача планування діяльності економічного об'єкта (підприємства, галузі тощо) з урахуванням зміни потреби у виробленій продукції в часі. Другий клас задач – оптимальний розподіл ресурсів між різними напрямками в часі.

Особливо ефективно застосовується динамічне програмування тоді, коли по самій суті задачі приходить приймати рішення по етапах. Динамічне програмування використовується для дослідження багатоетапних процесів. Стан системи, якою керують, характеризується певним набором параметрів (фазовими координатами). Процес переміщення в фазовому просторі розподіляють на ряд послідовних етапів і здійснюють послідовну оптимізацію кожного з них, починаючи з останнього. На кожному етапі знаходять умовно оптимальне управління при всіх можливих передбаченнях про результати попереднього кроку. Коли процес доходить до вихідного стану, знову проходять всі етапи, але вже з множини умовних оптимальних управлінь обирається одне найкраще [2].

Більшість методів дослідження операцій пов'язані в першу чергу із завданнями цілком певного змісту. Класичний апарат математики виявився

малопридатним для розв'язання багатьох задач оптимізації, що включають велику кількість змінних і обмежень у вигляді нерівностей. Основна ідея – це розбиття задачі великої розмірності на підзадачі меншої розмірності, які включають всього декілька змінних, і наступне розв'язання загальної задачі, враховуючи попередні кроки. Саме на цій ідеї заснований метод динамічного програмування.

### **Висновки до розділу 1**

Перший розділ присвячений дослідженню та вивченню математичних моделей, їх сутності та класифікації, розгляду існуючих методів та моделей математичного та динамічного програмування. Зважаючи на тему кваліфікаційної роботи, основна увага приділяється саме методу динамічного програмування, який являє собою математичний апарат, розроблений для ефективного розв'язування деякого класу задач математичного програмування. Цей клас характеризується можливістю природного (а іноді і штучного) розбиття всієї операції на ряд взаємозалежних етапів. Термін «динамічне» у назві методу виник тому, що етапи передбачаються розділеними в часі. Однак етапами можуть бути елементи операції, ніяк не зв'язані один з одним показником часу. Проте, метод для розв'язування подібних багатоетапних задач застосовується той самий, і його назва стала загальноприйнятною, хоча в деяких джерелах його називають багатоетапним програмуванням. Взагалі кажучи, більшість задач математичного програмування вписується в загальну постановку задачі оптимального розподілу ресурсів. Природно, що при розгляді моделей і обчислювальних схем розв'язання подібних задач методом динамічного програмування необхідно конкретизувати загальну форму задачі розподілу ресурсів.

## РОЗДІЛ 2

### ХАРАКТЕРИСТИКА, АНАЛІЗ ЕКОНОМІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ТА ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ ЛІКУВАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ

#### 2.1. Загальна характеристика лікувального закладу

Лікарня відновного лікування «Водолікарня» є лікувально-профілактичним закладом, діяльність якого направлена на надання фізіотерапевтичного та відновного лікування мешканцям м. Кременчука та Полтавської області (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Лікарня відновного лікування «Водолікарня» (м. Кременчук)

В лікарні працює спеціалізоване відділення реабілітації для учасників ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС. З 2020 року 20% ліжкового фонду виділено для лікування хворих з COVID-19.

Засновником та власником лікарні відновного лікування є територіальна громада міста Кременчука в особі Кременчуцької міської ради, підпорядкована відділу охорони здоров'я, виконкому Кременчуцької міської ради. Лікарня створена і діє відповідно Конституції України, основ законодавства України про

охорону здоров'я, постанов Верховної Ради України, указів та розпоряджень Президенту України, постанов та розпоряджень Кабінету Міністрів України, наказів Міністерства охорони здоров'я України, а також внутрішніми локальними нормативними актами.

Лікарня була збудована у 1974 році за оригінальним, не типовим проектом де всі корпуси лікарні а саме стаціонарний, поліклінічний та грязеводолікувальний корпус з'єднані між собою теплими переходами. Лікарня мала велику вану залу на 22 ванни, грязеве відділення, басейн з апаратами для підводного витягання, 2 зали ЛФК, масажні кабінети, фізіотерапевтичний кабінет та багато іншого – все це називалося Фізіотерапевтична лікарня.

2010-2013 роки були вирішальними в плані оновлення матеріально-технічної бази та проведення ремонтів, так було відремонтовано 6 палат для оздоровлення працівників бюджетної сфери, капітально відремонтовано терапевтичне відділення для реабілітації учасників ліквідації аварії на ЧАЕС, зроблені декілька палат класу «Люкс», капітально відремонтований лікувальний басейн, створений централізований харчоблок з новим варочним обладнанням, придбані сучасні фізіотерапевтичні апарати БТЛ та багато іншого.

Лікарня відновного лікування має 105 ліжок стаціонарного лікування, з них: 75 ліжок – неврологічне відділення з ортопедичними ліжками; 30 ліжок – спеціалізоване терапевтичне відділення для реабілітації учасників ліквідації аварії на ЧАЕС; лікувально-діагностичне відділення, відділення грязеводолікування та фізіотерапевтичне відділення.

У штаті лікарні працюють висококваліфіковані спеціалісти, а саме 16 лікарів таких спеціальностей: невропатологи, невролог-вертебролог, фізіотерапевти, травматолог, терапевти, хірург, уролог, гінеколог, лікар ЛФК, а також 70 працівників із середньою медичною освітою.

У відділеннях здійснюється стаціонарне лікування пацієнтів із захворюваннями внутрішніх органів, опорно-рухового апарату, периферичної та центральної нервової системи, серцево-судинної системи.

Особливою відмінністю лікарні є те, що поза курортною зоною є можливість застосовувати найсильніші природні чинники, а саме: ілові сульфідні грязі Сакського озера, гідрогальванічні ванни з Полтавським бішофітом, моршинську рапу, різноманітні морські ванни, а завдяки спелеокамері досягається лікувальний ефект соляних печер [23].

Лікарня відновного лікування є єдиним лікарняним закладом в регіоні, в якому надається вторинна медична допомога хронічним хворим, а саме: поряд зі звичайним медикаментозним лікуванням застосовується широкий спектр фізіотерапевтичного, бальнеологічного, грязе-озокеритового лікування, що дає змогу провести повноцінну реабілітацію та відновлення уражених органів і систем. Протягом останніх п'яти років у лікарні пройшли лікувальний курс 9500 хворих, з яких: 32% – виписано з одужанням, 67,7% – виписано з покращенням та 0,3% – виписано без змін.

Лікарня відновного лікування має самостійний баланс, розрахунковий та інші рахунки в банківських установах, круглу печатку із своєю назвою, а також інші печатки і штампи та інші необхідні реквізити. Лікарня може від свого імені укладати договори, набувати майнові та особисті права, нести обов'язки, бути позивачем та відповідачем у всіх судових органах.

Основною метою діяльності лікарні відновного лікування є забезпечення потреб населення в кваліфікованій, доступній медико-санітарній допомозі.

Предметом діяльності лікарні відновного лікування є:

- медична практика;
- впровадження та вдосконалення медико-санітарної допомоги;
- надання медичної допомоги, кваліфіковане обстеження хворих;
- аналіз стану здоров'я населення і проведення оздоровчої роботи;
- впровадження та здійснення прогресивних методів лікування;
- реабілітація хворих із різноманітними захворюваннями;
- консультативно-діагностичні послуги;
- проведення планових профілактичних оглядів працівників підприємств та інших груп населення;

- оцінка, апробація та впровадження нових лікувально-профілактичних технологій;
  - здійснення усіх видів діагностичної, лікувально-профілактичної діяльності;
  - підготовка та підвищення кваліфікації медичних працівників: лікарів, медичних сестер, а також атестація середнього медичного персоналу;
  - проведення усіх видів санітарно-просвітницької роботи серед населення;
- Принципи діяльності лікарні відновного лікування:
- лікарня здійснює свою господарську та медичну діяльність на підставі чинного законодавства та Статуту. З медичних питань керується наказами та постановами Міністерства охорони здоров'я, обласного управління охорони здоров'я в межах її компетенції;
  - управління здійснюється на основі поєднання централізованого керівництва та самоуправління трудового колективу;
  - відносини лікарні відновного лікування з іншими підприємствами, організаціями та громадянами в усіх сферах господарської діяльності будуються на договірних засадах згідно з чинним законодавством;
  - лікарня самостійно планує розробку та реалізацію програм перспектив розвитку, спрямованих на рішення проблем лікарні, оцінку їх ефективності;
  - лікарня має право надавати платні медичні послуги населенню згідно чинного законодавства;
  - при здійсненні господарської або іншої діяльності лікарня має право з власної ініціативи приймати будь-які рішення, що не суперечать законодавству України.

Трудовий колектив лікарні відновного лікування становлять усі громадяни, які своєю працею беруть участь у його діяльності на основі трудового договору (контракту, угоди), а також інших форм, що регулюють трудові відносини.

Працівники лікарні мають наступні повноваження:

- розглядають та затверджують проект колективного договору;
- беруть участь у матеріальному та моральному стимулюванні продуктивності праці;

- розглядають та затверджують згідно з Статутом питання самоврядування трудового колективу.

Інтереси трудового колективу представляє профспілковий комітет. Організаційна структура персоналу зображена на рис.2.2.

## **2.2. Аналіз економічної діяльності лікувального закладу**

Матеріально-технічну базу водолікарні складають основні засоби та обігові кошти, а також інші матеріальні цінності та фінансові ресурси, вартість яких відображається у балансі. Майно лікарні належить до комунальної власності територіальної громади м. Кременчука, проте лікарня має право розпоряджатися закріпленим за нею майном. Продавати основні засоби іншим юридичним особам, обмінювати, передавати в оренду, надавати безоплатно в користування або в позику приналежні йому засоби, а також списувати їх з балансу (фізично та морально застарілих, із закінченим терміном експлуатації, аварійних тощо) без рішення Кременчуцької міської ради лікарня не має права.

Джерелами формування майна та коштів лікарні є:

- грошові та майнові внески Кременчуцької міської ради;
- бюджетні кошти, одержані для виконання медичного обслуговування населення міста;
- капітальні вкладення та дотації з бюджетів;
- кошти від надання платних медичних послуг;
- кошти, отримані від здачі вільних приміщень в оренду;
- благодійні внески та пожертви підприємств та громадян;
- кредити банків та інших кредиторів;
- інші джерела, які не заборонені законодавством.

Водолікарня веде поточний облік результатів медичної діяльності та здійснює статистичну звітність за формами, затвердженими Міністерством охорони здоров'я і подає її у встановленому порядку та обсязі до органів державної статистики. Крім того лікарня здійснює оперативний та бухгалтерський облік господарської та фінансової діяльності згідно з чинним законодавством України.



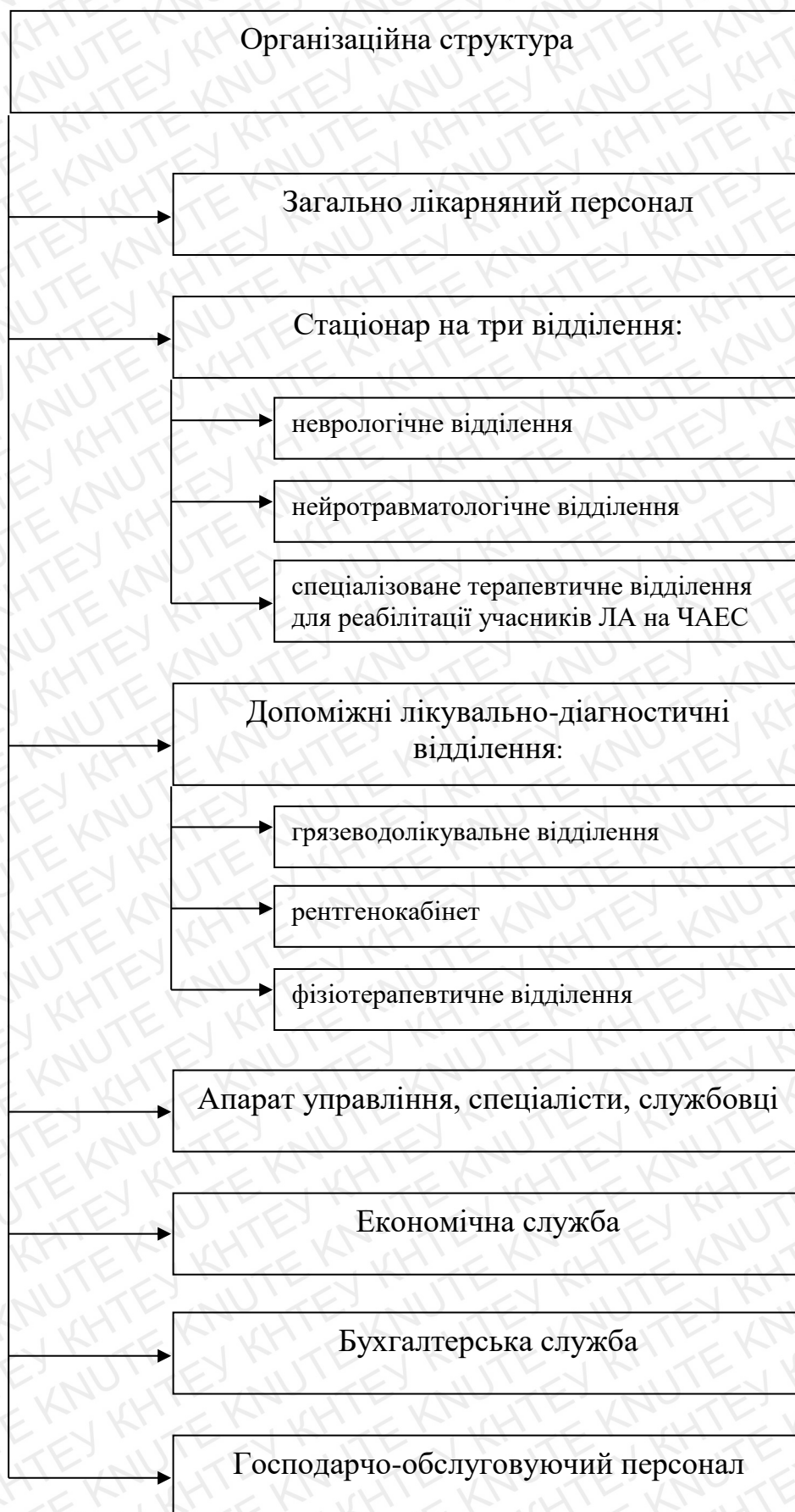


Рис. 2.2. Організаційна структура персоналу лікарні

Контроль та перевірка за діяльністю водолікарні здійснюється податковими та іншими державними органами України в межах їх компетенції і в порядку, визначеному діючим законодавством.

На основі даних економічного аналізу підсумків роботи лікарні за 2018-2019 рр. розглянемо господарську діяльність лікувального закладу та зробимо короткі висновки.

Штатна чисельність працівників за два роки залишилася незмінною, а саме: 213,25 штатних одиниць, в тому числі:

- лікарі – 18,00;
- середній медперсонал – 75,75;
- молодший медперсонал – 56,25;
- інший персонал – 63,25.

Отже, плинність кадрів не велика, персонал залишається в тому ж складі.

*Оптимальна потреба* в коштах на утримання лікарні на 2018 р., згідно з розрахунком проєкту бюджету, становить 3 млн. 825 тис. грн., а на 2019 р. становить 6 млн. 78 тис. грн. Тобто, у 2019 р. оптимальна потреба в коштах на утримання лікувального закладу зросла на 2 млн. 253 тис. грн.

*Затверджені лімітні асигнування* на 2018 р., із змінами, у сумі 2 млн. 719 тис. грн. становлять 71,1 % від оптимальної потреби, у 2019 р. асигнування склали 3 млн. 510 тис. 961 грн. і становлять 57,8% від оптимальної потреби. Тобто, в середньому за два роки міський бюджет задовольняє потреби в коштах лише на 65,5%.

*Планові видатки*, з урахуванням змін до кошторису загального фонду бюджету, на 2018 р. по загальному фонду затверджені у сумі 2 719 490 грн. За звітний період *надійшло коштів* на суму 2 718 548 грн., *фактичні витрати* склали 2 737 285 грн., *касові видатки* – 2 718 548 грн. *Залишку коштів* немає. Відповідно, планові видатки, з урахуванням змін до кошторису загального фонду бюджету, на 2019 р. по загальному фонду затверджені у сумі 3 510 961 грн. За звітний період *надійшло коштів* на суму 3 465 053,63 грн., *фактичні витрати* склали 3 495 450,59 грн., *касові видатки* – 3 465 053,63 грн. *Залишку коштів* немає.

Водолікарня має своєрідні позначення – коефіцієнти економічної класифікації (КЕК). Тому для кращого сприйняття даних проведемо систематизацію показників економічного аналізу за 2018-2019 рр., занесемо дані до зведеної таблиці (табл. 2.1) та зробимо короткі висновки по кожному показнику.

Таблиця 2.1

**Показники економічного аналізу діяльності лікарні відновного лікування  
за 2018-2019 рр., тис. грн.**

Показники	КЕК	Роки		Відхилення, (+;-)
		2018	2019	
Заробітна плата	1111	1467416	1938713	471297
Єдиний соціальний внесок	1120	524 263	690648	166385
Предмети, матеріали, обладнання та інвентар	1131	23200	15793	-7407
Медикаменти	1132	38000	33000	-5000
Продукти харчування	1133	78839	90500	11661
Транспортні витрати	1135	23023	1600	-21423
Поточний ремонт обладнання, інвентаря та будівель	1137	14464	232	-14232
Послуги зв'язку	1138	6000	1200	-4800
Оплата послуг та інші видатки	1139	-	9000	-
Видатки на відрядження	1140	1000	175	-825
Оплата теплопостачання	1161	212968	351648	138680
Оплата водопостачання і водовідведення	1162	67452	76533	9081
Оплата електроенергії	1163	55884	78285	22401
Оплата природнього газу	1164	58850	41514	-17336
Оплата інших комунальних послуг	1165	13987	17100	3113
Придбання обладнання	2110	43922	10000	-33922
Капітальний ремонт інших об'єктів	2133	124144	155000	30856
Окремі заходи	1172	4559	4620	61

Розглянемо кожний показник окремо.

За кодом 1111 – «Заробітна плата». Витрати на заробітну плату у 2019 р. порівняно з 2018 р. збільшились на 471297 грн., це пов'язано зі збільшенням ставки працівників. У 2018 р. за планом витрати на заробітну плату становлять 1 467 416 грн., а за фактом – 1 467 390 грн. Фактичні витрати менше планових за рахунок

відпустки без збереження заробітної плати. Відповідно за планом на 2019 р. – 1938713 грн., а за фактом – 1937916,06 грн. Фактичні витрати по заробітній платі менше планових за рахунок лікарняних листків по догляду за дитиною в другій половині грудня.

*За кодом 1120 «Єдиний соціальний внесок».* Єдиний соціальний внесок у 2019 р. порівняно з 2018 р. збільшився на 166385 грн., це пов'язано зі збільшенням надбавок працівників. У 2018 р. за планом – 524263 грн., а за фактом – 523499 грн. Фактичні витрати нижче планових на суму 764 грн. У 2019 р. планові та фактичні витрати на єдиний соціальний внесок становлять 524 263 грн.

*За кодом 1131 «Предмети, матеріали, обладнання та інвентар».* Витрати на предмети, матеріали, обладнання та інвентар у 2019 р. порівняно з 2018 р. зменшились на 7407 грн. У 2018 р. планові та фактичні показники рівні. Із спеціального фонду по даному коду використано 70 337 грн., тобто, загальним фондом бюджету було профінансовано 24,8 % фактичних витрат по даному КЕКВ. У 2019 р. планові та фактичні показники рівні. Із спеціального фонду на видатки по даному коду спрямовано 57926 грн., тобто, загальним фондом бюджету було профінансовано 21,4 % фактичних витрат по даному КЕКВ.

*За кодом 1132 «Медикаменти».* Витрати на медикаменти у 2019 р. порівняно з 2018 р. зменшились на 5000 грн. У 2018 р. планові та фактичні показники рівні. Із спецфонду по даному коду використано 87 668 грн. Згідно проведеного аналізу, фінансування із загального фонду бюджету склало 30,2 % фактичних витрат по даному КЕКВ. У 2019 р. планові та фактичні показники рівні. Із спецфонду на закупівлю медикаментів використано 43927,23 грн. власних надходжень, крім того отримано у вигляді товару медикаментів на суму 66138,11 грн.

*За кодом 1133 «Продукти харчування».* Витрати на продукти харчування у 2019 р. порівняно з 2018 р. збільшились на 11661 грн. У 2018 р. планові та фактичні показники рівні. Із спецфонду на оплату рахунків було спрямовано 31 850 грн. Згідно проведеного аналізу, фінансування із загального фонду бюджету склало 71,2% фактичних витрат за даним КЕКВ.

У 2019 р. планові та фактичні показники рівні. Із спецфонду на оплату рахунків було спрямовано 48610,70 грн. Згідно проведеного аналізу, фінансування із загального фонду бюджету склало 65,1 % фактичних витрат по даному КЕКВ.

*За кодом 1135 «Транспортні витрати».* Витрати на транспорт у 2019 р. порівняно з 2018 р. зменшились на 21423 грн. У 2018 р. планові та фактичні показники рівні. Із спеціального фонду на оплату рахунків було спрямовано 15 662 грн. Тобто, загальним фондом бюджету було профінансовано 59,5 % фактичних витрат по даному КЕКВ. У 2019 р. планові та фактичні показники рівні. Із спеціального фонду на оплату рахунків було спрямовано 30254,62 грн. Тобто, загальним фондом бюджету було профінансовано 5,0 % фактичних витрат по даному КЕКВ.

*За кодом 1137 «Поточний ремонт обладнання, інвентарю та будівель, технічне обслуговування обладнання».* Витрати на поточний ремонт обладнання, інвентарю та будівель, технічне обслуговування обладнання у 2019 р. порівняно з 2018 р. зменшились на 14232 грн. У 2018 р. планові та фактичні показники рівні і становлять 14 464 грн. Із спеціального фонду на оплату рахунків було спрямовано 5 844 грн. Тобто, загальним фондом бюджету було профінансовано 71,2 % фактичних витрат по даному КЕКВ. У 2019 р. планові та фактичні показники рівні і становлять 232 грн. Із надходжень спецфонду було сплачено 12551,57 грн.

*За кодом 1138 «Послуги зв'язку».* Витрати на послуги зв'язку у 2019 р. порівняно з 2018 р. зменшились на 4800 грн. У 2018 р. планові та фактичні показники рівні і становлять 6 000 грн. Коштами спецфонду було сплачено 3 098 грн. – це витрати послуг Інтернету та Велтон-Телекому. Асигнування загального фонду бюджету склали 65,9 % від загальної потреби у послугах зв'язку. Коштами спецфонду було сплачено 6867,55 грн. – це витрати послуг Інтернету та Велтон-Телекому. Асигнування загального фонду бюджету склали 14,8 % від загальної потреби у послугах зв'язку.

*За кодом 1139 «Оплата інших послуг та інші видатки».* У 2018 р. фінансування по даному КЕКВ із загального фонду бюджету не затверджувалося. Із надходжень спецфонду було сплачено 26 851 грн. Із надходжень спецфонду було

сплачено 14734,29 грн. Асигнування загального фонду бюджету склали 37,9 % від загальної потреби.

*За кодом 1140 « Видатки на відрядження».* Надходження із загального фонду бюджету забезпечили фактичні видатки на відрядження у розмірі 38,7 %. Надходження із загального фонду бюджету забезпечили фактичні видатки на відрядження у розмірі 5,1 %.

*За кодом 1161 «Оплата теплопостачання».* Витрати на оплату теплопостачання у 2019 р. порівняно з 2018 р. збільшилися на 138 680 грн. У 2018 р. за планом – 212968 грн., а за фактом – 210818 грн. У 2019 р. за планом – 351648 грн., а за фактом – 336910,24 грн. Касові витрати перевищують фактичні на 14737,76 грн за рахунок попередньої оплати у грудні 2019 р. за січень 2009 року. Крім того коштами спеціального фонду бюджету було оплачено 8,0% спожитого теплопостачання, що складає 29161,05 грн. Заборгованості за теплопостачання немає.

*За кодом 1162 «Оплата водопостачання і водовідведення».* Витрати на оплату водопостачання і водовідведення у 2019 р. порівняно з 2018 р. збільшилися на 9081 грн. У 2018 р. за планом – 67 452 грн., а за фактом – 78 618 грн. Фактичні витрати більші касових на 11 171 грн. за рахунок попередньої оплати у грудні 2017 р. Заборгованості за водопостачання і водовідведення немає. У 2019 р. за планом – 76533 грн., а за фактом – 76552,10 грн. Крім того коштами спеціального фонду бюджету було оплачено 5,7 % спожитого водопостачання і водовідведення, що складає 4638,40 грн. Заборгованості за водопостачання і водовідведення немає.

*За кодом 1163 «Оплата електроенергії».* Витрати на оплату електроенергії у 2019 р. порівняно з 2018 р. збільшилися на 22401 грн. У 2018 р. за планом – 55 884 грн., а за фактом – 63 230 грн. Фактичні витрати більше від касових на 7 483 грн. за рахунок попередньої оплати у грудні 2017 року. Заборгованості за спожиту електроенергію немає. У 2019 р. за планом – 78285 грн., а за фактом – 78284,26 грн. Крім того коштами спеціального фонду бюджету було оплачено 20,7 % спожитої електроенергії, що складає 20398,11 грн. Заборгованості за спожиту електроенергію немає.

*За кодом 1164 «Оплата природного газу».* Витрати на оплату природного газу у 2019 р. порівняно з 2018 р. зменшились на 17336 грн. У 2018 р. за планом – 58 850 грн., а за фактом – 60 769 грн. На 1.01.2020 р. заборгованість за спожитий газ відсутня. Фактичні витрати більше касових на 1926 грн. за рахунок попередньої оплати в грудні 2017 року. У 2019 р. за планом – 41514 грн., а за фактом – 41545,10 грн.

*За кодом 1165 «Оплата інших комунальних послуг».* Витрати на оплату інших комунальних послуг у 2019 р. порівняно з 2018 р. збільшились на 3113 грн. У 2018 р. за планом – 13 987 грн., а за фактом – 14 292 грн. У 2019 р. за планом – 17100 грн., а за фактом – 17095,18 грн. Крім того коштами спеціального фонду бюджету було оплачено 3,9 % спожитих інших комунальних послуг з вивозу сміття, що складає 700,00 грн.

*За кодом 2110 «Придбання обладнання».* Витрати на придбання обладнання у 2019 р. порівняно з 2018 р. зменшились на 33922 грн. У 2018 р. планові та фактичні показники витрат рівні і становлять 43 922 грн. Витрати по КЕК 2110 були спрямовані на придбання медичного обладнання: інгалятора вартістю 2550 грн., випромінювача вартістю 1572 грн., профілактора Євмінова вартістю 1280 грн., апарата УЗТ вартістю 2100 грн., холодильника вартістю 2305 грн., комплексу діагностичного ДХ-МТ вартістю 13995 грн., стендів для розміщення інформації вартістю 2800 грн., світлового інформаційного табло на суму 2200 грн., а також комп'ютера на суму 15120 грн. Кошти по КЕК 2110 були виділені та спрямовані на придбання та встановлення в місцях безпосередньої експлуатації водонагрівачів. Витрати по КЕК 2110 по спеціальному фонду бюджету в сумі 30633,20 були спрямовані на придбання медичного обладнання, а саме двох лазерних апаратів, комп'ютера, пральної машини, холодильника, комплексу м'яких меблів для відділення реабілітації учасників ліквідації аварії на ЧАЕС.

*За кодом 2133 «Капітальний ремонт інших об'єктів».* Витрати на капітальний ремонт інших об'єктів у 2019 р. порівняно з 2018 р. збільшились на 30856 грн. У 2018 р. планові та фактичні показники витрат рівні і становлять 124 143 грн. У 2019 р. планові та фактичні показники витрат рівні і становлять 155000

грн. Станом на 1.01.2020 р. не було профінансовано оплату робіт, виконаних підрядниками за графіком у грудні 2019 року, кошти на які були передбачені планом асигнувань на грудень 2019 р. на суму 450100 грн. Було виконано наступні види капітальних ремонтів:

1. Капітальний ремонт покрівлі гаражів та майстерень та капітальний ремонт ганку грязеводолікувального відділення.
2. Капітальний ремонт гідроізоляції фундаменту будівлі стаціонару.
3. Капітальний ремонт ганку центрального входу до стаціонару з обладнанням пандусами входу та фойє.

Слід відмітити, що зменшення вартості ліжко-дня не відбулося за жодним із КЕКВ.

### **2.3. Проблеми розвитку лікувального закладу**

Проаналізувавши діяльність медичного закладу, було виявлено декілька так званих «вузьких місць», які потребують вирішення. Основні з них:

- *закупівля нового фізіотерапевтичного та бальнеологічного обладнання.* Вирішення цього питання призведе до прискорення обслуговування пацієнтів медичного закладу, а отже значно зменшить ймовірність виникнення черги на лікування;
- *переведення лікувального басейну на автономний режим теплозабезпечення.* Лікувальний басейн водолікарні є єдиним в м. Кременчуці та регіоні, в якому застосовується унікальний високоефективний метод підводного витягування хребта. Черга на проведення курсу даних процедур складає в середньому 1 – 1,5 місяці. Враховуючи, що заміна або реконструкція мереж гарячого водопостачання в умовах обмеженого бюджетного фінансування неможлива, єдиним шляхом вирішення цього питання є встановлення автономної електричної системи гарячого водопостачання в басейні. Вирішення цього питання призведе до зменшення витрат на водопостачання та електроенергію, а також значно зменшить чергу на проведення лікувального



курсу. За попередніми підрахунками економія становить близько 45 тис.грн. щомісячно (грязеводолікувальне відділення);

- *закупівля та встановлення медичної інформаційної системи.* Це значно полегшить роботу бухгалтерської та економічної служб, зекономить витрати часу на підготовку регламентованих звітів та необхідних документів, надасть можливість ведення електронної медичної карти пацієнта, з'ясувати завантаження лікарів та інше (економічна та бухгалтерська служби);
- *закупівля нового твердого та м'якого інвентару.* Це призведе до надання більш якісних медичних послуг на платній основі, створить комфортніші умови перебування та лікування хворих, а отже значно підвищить конкурентоспроможність даного медичного закладу.

## **Висновки до розділу 2**

У другому розділі подана характеристика лікувального закладу, загальні положення, мета, предмет та принципи діяльності, організаційна структура, проведено економічний аналіз діяльності за останні два роки, розглянуто проблеми розвитку, які потребують вирішення. Звертається увага на те, що за результатами економічного аналізу за 2019 рік міським бюджетом було задоволено потреби в коштах лікувального закладу лише на 57,8%. Тому для вирішення основних проблем розвитку лікувального закладу необхідно залучити додаткові кошти від інвесторів та благодійних внесків і скласти модель динамічного програмування оптимального розподілу ресурсів. Саме цьому і присвячений наступний розділ кваліфікаційної роботи.

## РОЗДІЛ 3

## ОПТИМІЗАЦІЙНА МОДЕЛЬ РОЗПОДІЛУ РЕСУРСІВ

**3.1. Алгоритм розв'язування задачі оптимального розподілу ресурсів між структурними підрозділами**

У зв'язку з недостатнім фінансуванням лікарні Кременчуцькою міською радою, було вирішено залучити до переобладнання водолікарні кошти, отримані від інвестицій. Попередньо було розроблено три інвестиційні проекти, вартість яких становить 2 млн. грн. Для спрощення розрахунків вкладання коштів у кожний проект, розподілимо кошти частинами, тобто 0,5 млн. грн., 1,0 млн. грн., 1,5 млн. грн. та 2,0 млн. грн. Оскільки проекти не залежать один від одного, передбачається реалізація деяких з них в повному обсязі або частково. Однак, в результаті обмеженості ресурсів, деякі з проектів можуть бути не реалізовані в запланованому році, і тому інвестиційний проект переноситься на наступний рік. За відсутності необхідних грошових ресурсів для участі в кожному з проектів, виникає завдання оптимального розміщення інвестицій. Таким чином наше завдання полягає в оптимальному розподілі ресурсів між трьома напрямками проблем, розглянутих у попередньому розділі. Кожна проблема по своїй суті відноситься до окремого відділення лікувального закладу. Згідно попередньо розроблених інвестиційних проектів, прогнози значення ефективності від вкладання інвестицій у кожен проект, в залежності від величини вкладених коштів, наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1.

## Ефективність інвестиційного проекту

Кошти	Прогнозні значення ефективності інвестиційного проекту, млн.грн.		
	1	2	3
0,5	0,5	0,3	0,1
1,0	0,5	0,5	0,6
1,5	0,3	0,2	0,4
2,0	0,6	0,5	0,1

Математична модель задачі.

1. За умовою задачі необхідно визначити оптимальний розподіл ресурсів, тому введемо наступні змінні:

$x_1$  – кількість коштів, вкладених у перше відділення;

$x_2$  – кількість коштів, вкладених у друге відділення;

$x_3$  – кількість коштів, вкладених у третє відділення.

Введемо наступні позначення:

$f_1(x_1)$  – прогнозне значення ефективності використання ресурсів, вкладених у перше відділення;

$f_2(x_2)$  – прогнозне значення ефективності використання ресурсів, вкладених у друге відділення;

$f_3(x_3)$  – прогнозне значення ефективності використання ресурсів, вкладених у третє відділення.

Значення функції ефективності наведені в табл.3.2.

2. Оскільки критерієм оптимальності є ефективність використання ресурсів, то цільова функція матиме вигляд:

$$W = f_1(x_1) + f_2(x_2) + f_3(x_3) \rightarrow \max \quad (3.1)$$

3. Оскільки умовою задачі є ефективність використання ресурсів та їх оптимального розподілу, то змінні задачі – невід'ємні і цілі числа:

$$x_j \geq 0, \quad x_j = \overline{1...3} \quad (3.2)$$

Таким чином, маємо математичну модель:

$$\begin{aligned}
 W &= f_1(x_1) + f_2(x_2) + f_3(x_3) \rightarrow \max \\
 x_1 + x_2 + x_3 &= 2 \\
 x_j &\geq 0, \\
 x_j &= \overline{1 \dots 3}
 \end{aligned}
 \tag{3.3}$$

Отже, маємо трьохетапну задачу динамічного програмування.

Сформулюємо задачу як задачу оптимального управління інвестиціями. Етапами є інвестиції у відповідне відділення. Стан системи  $S_i$  перед кожним етапом – це кількість ще не розподілених коштів. Управліннями є величини інвестицій  $x_1, x_2, x_3$  у відповідні відділення. Оскільки вкладені кошти розподіляються рівними пропорційними частинами, то введемо допоміжні позначення: 0,5 млн. грн. – 1; 1,0 млн. грн. – 2; 1,5 млн. грн. – 3; 2,0 млн. грн. – 4.

На основі табл.3.1. та введених позначень складемо функції ефективності інвестицій  $f_j(x)$ ,  $j=1,2,3$  та розмістимо в табл.3.2.

Таблиця 3.2.

Функції ефективності інвестицій

$x$	Функції ефективності		
	$f_1$	$f_2$	$f_3$
0	0	0	0
1	0,5	0,3	0,1
2	0,5	0,5	0,6
3	0,3	0,2	0,4
4	0,6	0,5	0,1

Після кожного етапу кількість коштів зменшується на величину інвестицій, тобто

$$S_{i+1} = S_i - x_i. \tag{3.4}$$

Для виграшу  $W_i(S)$  – максимальної ефективності від вкладання інвестицій  $S$ -млн.грн. запишемо рівняння Беллмана:

$$W_i(S) = \max_{x_i \leq S} \{f_i(x_i) + W_{i+1}(S - x_i)\} \quad (3.5)$$

Проведемо умовну оптимізацію останнього третього етапу. Функція ефективності  $f_3(s)$  монотонно зростає, тому умовне оптимальне управління на цьому етапі полягає у інвестиції всіх наявних коштів  $S$  у третє відділення, тобто  $x_3(S) = S$ . Рівняння (3.5) для даного етапу має вигляд:

$$W_3(S_3) = \max_{x_3 \leq S_3} (f_3(x_3)) = f_3(S_3) \quad (3.6)$$

Складемо таблицю для умовних оптимальних управлінь (табл. 3.3)

$$W_3(S) = f_3(S). \quad (3.7)$$

Таблиця 3.3.

Умовні оптимальні управління для третього етапу

$S$	0	1	2	3	4
$x_3(S)$	0	1	2	3	4
$W_3(S)$	0	0,1	0,6	0,4	0,1

Проведемо умовну оптимізацію другого етапу. Рівняння (3.5) для даного етапу має вигляд:

$$W_2(S_2) = \max_{x_2 \leq S_2} \{f_2(x_2) + W_3(S_2 - x_2)\} \quad (3.8)$$

Складемо допоміжну таблицю 3.4 для функції

$$V_2(S, x_2) = f_2(x_2) + W_3(S - x_2). \quad (3.9)$$

Якщо для кожного стану  $S$  вибрати максимальне по  $x_2$  значення функції  $V_2(S, x_2)$ , то одержимо таблицю виграшів:

$$W_2(S) = \max_{x_2 \leq S} \{V_2(S, x_2)\} \quad (3.10)$$

і відповідних умовних оптимальних управлінь.

Таблиця 3.5.

Умовні оптимальні управління для другого етапу

$S$	0	1	2	3	4
$x_2(S)$	0	1	0	1	2
$W_2(S)$	0	0,3	0,6	0,9	1,1

Проведемо умовну оптимізацію першого етапу, враховуючи, що перед першим кроком стан системи  $S_1 = 2$ . Рівняння (3.5) для даного етапу має вигляд:

$$W_1(S_1) = \max_{x_1 \leq S_1} \{f_1(x_1) + W_2(S_1 - x_1)\} \quad (3.11)$$

Складемо допоміжну таблицю 3.6 для функції

$$V_1(S, x_1) = f_1(x_1) + W_2(S - x_1) \quad (3.12)$$

і відповідних умовних оптимальних управлінь.

Таблиця 3.6.

Умовні оптимальні управління для першого етапу

$S$	4	4	4	4	4
$x_1$	0	1	2	3	4
$f_1(x_1)$	0	0,5	0,5	0,3	0,6
$W_2(S - x_1)$	1,1	0,9	0,6	0,3	0
$V_1(S, x_1)$	1,1	1,4	1,1	0,6	0,6

Допоміжна таблиця для функції  $V_2(S, x_2) = f_2(x_2) + W_3(S - x_2)$

$S$	0	1	1	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	4
$x_2$	0	0	1	0	1	2	0	1	2	3	0	1	2	3	4
$f_2(x_2)$	0	0	0,3	0	0,3	0,5	0	0,3	0,5	0,2	0	0,3	0,5	0,2	0,5
$W_3(S - x_2)$	0	0,1	0	0,6	0,1	0	0,4	0,6	0,1	0	0,1	0,4	0,6	0,1	0
$V_2(S, x_2)$	0	0,1	0,3	0,6	0,4	0,5	0,4	0,9	0,6	0,2	0,1	0,7	1,1	0,3	0,5

Якщо вибрати оптимальне по  $x_1$  значення функції  $V_1(s, x_1)$ , то одержимо максимальну ефективність від вкладання коштів  $w_1(1) = 1,4$  млн. грн. Використовуючи таблиці умовних оптимальних управлінь (табл.3.2 і табл.3.4), послідовно знайдемо оптимальні управління на наступних етапах:

$$x_1^* = 1, S_2 = S_1 - x_1^* = 4 - 1 = 3,$$

$$x_2^* = 2, S_3 = S_2 - x_2^* = 3 - 2 = 1,$$

$$x_3^* = 1$$

Таким чином, максимальну ефективність від владання коштів у інвестиційні проекти 1,4 млн.грн. одержимо, якщо перше відділення одержить на розвиток 0,5 млн.грн., друге відділення одержить 1,0 млн. грн. і, відповідно, третє відділення одержить 0,5 млн. грн.

В результаті обмеженості ресурсів всі проекти не можуть бути повністю реалізовані в запланованому році, тому в наступному році передбачається часткова або повна реалізація нереалізованих проектів.

### **3.2. Модель вирішення проблем розвитку лікувального закладу**

Розв'яжемо дану модель за допомогою табличного процесора MS Excel [21]. Для цього нам необхідно ввести змінні та позначення, скласти цільову функцію та математичну модель. Оскільки ми маємо трьохетапну модель динамічного програмування, алгоритм розв'язання задачі складається з семи етапів. Розглянемо кожен етап розв'язку окремо (додатки А, Б).

#### **ЕТАП 1**

Згідно попередньо розроблених інвестиційних проектів, прогнозні значення ефективності від вкладання інвестицій у кожен проект, в залежності від величини вкладених коштів, наведені на рис. А.1. та рис. А.8. (додаток А).

Оскільки умовою задачі є ефективність використання ресурсів та їх оптимального розподілу, то змінні задачі – невід'ємні і цілі числа: (3.2).



## ЕТАП 2

На основі рис. А.1. (додаток А) та змінних, введених на першому етапі, складемо функції ефективності використання інвестицій  $f_j(x)$ ,  $j=1,2,3$ .

Значення функції ефективності наведені на рис. А.2 та рис. А.9 (додаток А).

Таким чином, маємо математичну модель (3.3).

Для виграшу  $w_i(s)$  – максимальної ефективності від вкладання інвестицій  $S$  млн.грн. запишемо рівняння Беллмана (3.5)

## ЕТАП 3

Задачі динамічного програмування починають розв'язувати з кінця. Отож, проведемо умовну оптимізацію останнього третього етапу. Функція ефективності  $f_3(s)$  монотонно зростає, тому умовне оптимальне управління на цьому етапі полягає у інвестиції всіх наявних коштів  $S$  у третє відділення, тобто  $x_3(s) = s$ . Рівняння (3.5) для даного етапу має вигляд (3.6).

Складемо таблицю для умовних оптимальних управлінь (табл. 3.3), використовуючи формулу (3.7).

Значення  $f_3$  беремо з попередньої таблиці, тобто посилаємося на відповідні клітинки, як це зображено на рис. А.9.

Умовні оптимальні управління для третього етапу наведені на рис. А.3 та А.10.

## ЕТАП 4

Проведемо умовну оптимізацію другого етапу. Рівняння (3.5) для даного етапу має вигляд (3.8). Спочатку складемо допоміжну таблицю для функції (3.9). Для цього використовуємо значення  $f_2$  з табл. 3.2. та значення  $w_3$  з табл. 3.3., робимо посилання на відповідні клітинки. Далі сумуємо ці значення і для кожного стану системи  $s_i$  вибираємо максимальне.

Допоміжна таблиця для цієї функції зображена на рис. А.4 та А.11.

## ЕТАП 5

Якщо для кожного стану системи  $S$  вибрати максимальне по  $x_2$  значення функції  $v_2(s, x_2)$ , то одержимо таблицю виграшів виду (3.10) і відповідних умовних оптимальних управлінь для другого етапу. Для цього робимо необхідні посилання, як це показано на рис. А.11. В загальному вигляді таблиця умовних оптимальних управлінь для другого етапу зображена рис. А.5.

#### ЕТАП 6

Проведемо умовну оптимізацію першого етапу, враховуючи, що перед першим кроком стан системи  $s_1 = 2$ . Рівняння (3.5) для даного етапу має вигляд (3.11)

Складемо допоміжну таблицю виду 3.6 для функції (3.12) і відповідних умовних оптимальних управлінь для першого етапу.

Для цього робимо необхідні посилання, як це показано на рис. А.13. В загальному вигляді таблиця умовних оптимальних управлінь для першого етапу зображена на рис. А.6.

#### ЕТАП 7

Якщо вибрати оптимальне по  $x_1$  значення функції  $v_1(s, x_1)$ , то одержимо максимальну ефективність від вкладання коштів  $w_1(1) = 1,4$  млн.грн. Використовуючи таблиці умовних оптимальних управлінь, послідовно знайдемо оптимальні управління на наступних етапах. Це зображено на рис. А.7 та А.14. Таким чином, максимальну ефективність від владання коштів у інвестиційні проекти 1,4 млн.грн. одержимо, якщо перше відділення одержить на розвиток 0,5 млн.грн., друге відділення одержить 1,0 млн. грн. і, відповідно, третє відділення одержить 0,5 млн. грн..

Для наглядності моделі, її загальний вигляд (рис. Б.1) та вигляд з висвітленням формул (рис. Б.2) зображено у додатку Б.

### Висновки до розділу 3

Третій розділ присвячений безпосередній розробці оптимізаційної моделі динамічного програмування ефективного розподілу ресурсів для даного медичного закладу на основі економічного аналізу. У першому підрозділі даного розділу було

розроблено алгоритм розв'язку математичної моделі, а в другому – описана її практична поетапна реалізація за допомогою табличного процесора MS Excel.

Розроблена математична модель оптимального розподілу обмежених ресурсів надає можливість:

- оптимального управління інвестиціями та інвестиційними проектами;
- визначення максимальної ефективності від вкладання інвестицій;
- визначення ступеня реалізації інвестиційних проектів у звітному році та в майбутньому.

Дана модель може бути прийнята до уваги керівництвом даного лікувального закладу і використана для вирішення існуючих в даних час проблем розвитку лікувального закладу. Оскільки за результатами проведеного в попередньому розділі економічного аналізу було виявлено, що в середньому за два роки міський бюджет задовольняє потреби лікувального закладу в коштах лише на 65,5%, то дану оптимізаційну модель доцільно використовувати і в майбутніх періодах для оптимального розподілу обмежених ресурсів, отриманих за рахунок небюджетних фондів.

## ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

Одним з основних завдань галузі економіки та підприємництва є управління економічними системами, що передбачає знаходження ефективних способів досягнення найкращого результату. Для прийняття оптимальних рішень потребується їх наукове обґрунтування. Ці питання вивчає теорія дослідження операцій, яка охоплює всі етапи вивчення економічних систем: від з'ясування мети її функціонування, побудови економіко-математичної моделі, знаходження оптимального розв'язку до практичної реалізації отриманих результатів дослідження. Основним інструментом для прийняття оптимальних рішень є математичне програмування – галузь, яка вивчає методи розв'язання оптимізаційних задач.

Актуальність математичних моделей безупинно зростає через їхню гнучкість, адекватність реальним процесам, невисоку вартість реалізації на базі сучасних комп'ютерів, значні можливості яких розширюються для фахівця з моделювання систем засобами обчислювальної техніки. Сучасні обчислювальні засоби дозволили істотно збільшити складність моделей при вивченні систем, з'явилася можливість побудови комбінованих, аналітико-імітаційних моделей, які враховують усе розмаїття факторів, що мають місце в реальних системах, і забезпечують використання моделей, більш адекватних досліджуваному явищу.

В результаті виконання кваліфікаційної роботи було вивчено економічну сутність математичної моделі, її класифікація та етапи створення, досліджено основні методи розв'язку оптимізаційних задач математичного та динамічного програмування, надано характеристику лікувального закладу, проаналізовано економічний аналіз діяльності лікувального закладу, розглянуто проблеми розвитку лікувального закладу та розроблено модель динамічного програмування оптимального розподілу ресурсів лікувального закладу.

Розроблена математична модель оптимального розподілу обмежених ресурсів надає можливість:

- оптимального управління інвестиціями та інвестиційними проектами;
- визначення максимальної ефективності від вкладання інвестицій;

- визначення ступеня реалізації інвестиційних проектів у звітному році та в майбутньому.

Дана модель може бути прийнята до уваги керівництвом даного лікувального закладу і використана для вирішення існуючих в даних час проблем розвитку лікувального закладу. Оскільки за результатами проведеного в попередньому розділі економічного аналізу було виявлено, що в середньому за два роки міський бюджет задовольняє потреби лікувального закладу в коштах лише на 65,5%, то дану оптимізаційну модель доцільно використовувати і в майбутніх періодах для оптимального розподілу обмежених ресурсів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Барвінський А.Ф та ін. Математичне програмування: Навчальний посібник А.Ф. Барвінський, І.Я. Олексів, З.І. Крупка, І.О. Бобик, І.І. Демків, Р.І. Квіт, В.В. Кісілевич – Львів: Національний університет “Львівська політехніка” (Інформаційно-видавничий центр “Інтелект+” Інститут післядипломної освіти) “Інтелект - Захід”, 2004. – 448 с.
2. Бейко И.В., Бублик Б.Н., Зинько П.Н. Методы и алгоритмы решения задач оптимизации. – К.: Вища школа, 1983. – 512 с.
3. Беллман Р., Дрейфус С. Прикладные задачи динамического программирования. – М.: Наука, 1987. – 402 с.
4. Богаєнко І.М., Григорків В.С., Бойчук М.В., Рюмашин М.О. Математичне програмування: Навч. посіб. – К.: Логос, 2006. – 318 с.
5. Боровик О. В. Дослідження операцій в економіці : Навч. посібник для студентів вищих навч. закладів / О. В. Боровик, Л. В. Боровик. – К. : Центр учбової літератури, 2007. – 423 с.
6. Вітлінський В.В. Моделювання економіки: Навч. посібник. – К.: КНЕУ, 2003.- 408 с.
7. Вітлінський В.В., Наконечний С.І., Терещенко Т.О. Математичне програмування: Навч.-метод. посібник для самост. вивч. дисц. – К.: КНЕУ, 2001. – 248 с.
8. Вовк В. М. Математичні методи дослідження операцій в економіко-виробничих системах. – Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2006. – 622 с.
9. Гвоздинський А.М. Оптимізаційні задачі в організаційному управлінні: Навч. посіб. – Харків: ХНУРЕ, 2007. –304 с.
10. Гетманцев В.Д. Лінійна алгебра і лінійне програмування: Навч. посіб. – К.: Либідь, 2001. – 256 с.
11. Глушаков С. В., Жакин И. А., Хачиров Т. С. Математическое моделирование: Учебный курс. – Харьков: Фолио. – 2001. – 524 с.

12. Дослідження операцій: Методичні рекомендації до самостійної роботи студентів / Каф. вищої та прикладної математики; уклад. С.В. Білоусова, Ю.А. Гладка, Т.В. Ковальчук та ін. – Київ : КНТЕУ, 2008. – 54 с.
13. Жалдак М. І., Триус Ю.В. Основи теорії і методів оптимізації.– Черкаси: Брама-Україна, 2005. – 306 с.
14. Зайченко Ю.П. Исследование операций / Ю. П. Зайченко. – Киев: Издательский дом «Слово», 2003. – 688 с.
15. Касьяненко В.О., Старченко Л.В. Моделювання та прогнозування економічних процесів. Конспект лекцій. Навчальний посібник. . – К: Кондор, 2021. – 185 с.
16. Клебанова Т. С., Дубровина Н. А., Полякова О. Ю. и др. Моделирование экономической динамики: Учебное пособие // Х: Издательский дом «ИНЖЭК», 2005. – 244 с.
17. Клебанова Т.С., Забродський В.О., Полякова О.Ю., Петренко В.Л. Моделювання економіки: Навч. посібник. – Харків: Видавництво ХДЕУ, 2001.- 140 с.
18. Ковальчук К. Ф., Лозовская Л. І, Савчук Л. М., Аберніхіна І. Г. Моделі і методи прийняття управлінських рішень. - Дніпропетровськ: Редакційно-видавничий відділ НМетАУ. – 2010. – 116 с.
19. Кутковецький, В. Я. Дослідження операцій: Навч. посібник для студентів вищих навч. закладів / В. Я. Кутковецький. – К. : Професіонал, 2004. – 350 с.
20. Литвинов А. Л. Компьютерное моделирование в экономике. – Белгород: Изд-во БелГУ, 2003. – 108 с.
21. Мазаракі А.А., Толбатов Ю.А. Математичне програмування в Excel: Навч. посіб. – К.: Четверта хвиля, 1998. – 208 с.
22. Наконечний С.І. Математичне програмування / С. І. Наконечний, С. С. Савіна.– К.: КНЕУ, 2005.– 452 с.
23. Офіційний сайт лікарні відновного лікування «Водолікарня». – Режим доступу: <http://www.vodolikarnya.com.ua/pro-likarnyu>

24. Охріменко, М. Г. Дослідження операцій: Навч. посібник для студентів вищих навч. закладів / М. Г. Охріменко, І. Ю. Дзюбан. – К.: Центр навчальної літератури, 2006. – 182 с.
25. Ситник В. Ф., Татарчук М. І., Писаревська Т. А. та ін. Системи оброблення економічної інформації: Навч.- мет. посібник. – К.: КНЕУ, 2004. – 332 с.
26. Ульяновченко, О. В. Дослідження операцій в економіці: Підручник для студентів вузів / О. В. Ульяновченко. – Х.: Гриф, 2003. – 578 с.
27. Фортуна В. В. Основи економіко-математичного моделювання. Навч. посібник. (рекомендовано МОН України). – Львів: ПП «Магнолія 2006», 2018. – 540 с.
28. Чемерис, А. Методи оптимізації в економіці: Навч. посібник для студентів вищих навч. закладів / А. Чемерис, Р. Юринець, О. Мишишин. – К.: Центр навчальної літератури, 2006. – 150 с.
29. Шувалова Ю. С., Гончарова О. О. Економіко-математичні моделі задач лінійного програмування. Завдання та методичні вказівки до виконання індивідуальних завдань з дисципліни «Оптимізаційні методи і моделі». Харків: УкрДУЗТ, 2019. – 62 с.
30. Яремчук С. І. Математичні методи дослідження операцій в прикладах: Навчальний посібник / С. І. Яремчук. – Житомир: ЖІТІ, 2002. – 264 с.
31. Baron J. Teaching Decision Making To Adolescents / J. Baron, R. V. Brown. – Routledge, 2012. – 354 p.
32. Bhunia A. K., Sahoo L., Shaikh A. A. Advanced Optimization and Operations Research / Asoke Kumar Bhunia, Laxminarayan Sahoo, Ali Akbar Shaikh. – Singapore : Springer Singapore Pte. Limited, 2020. – 626 p.
33. Morcol G. Handbook of Decision Making / G. Morcol. – CRC Press, 2006. – 664 p.
34. Naidu N. V. R. Operations Research / N. V. R. Naidu, G. I. K. Rajendra. – International Pvt Ltd, 2010. – 180 p.
35. Rajagopal K. Operations research / K. Rajagopal. – PHI Learning Pvt. Ltd., 2012. – 608 p.
36. Shah N. H. Operations research / N. H. Shah, R. M. Gor, H. Soni. – PHI Learning Pvt. Ltd., 2007. – 576 p.



37. Sharma A. Operations Research / A. Sharma. – Himalaya Publishing House, 2009. – 454 p.
38. Sharma J. K. Operations Research: Theory and Applications / J. K. Sharma. – Macmillan Publishers India Limited, 2009. – 976 p.
39. Tovey C. A. Linear Optimization and Duality. A modern Exposition / Craig A. Tovey. – Chapman and Hall/CRC, 2021. – 585 p.
40. Vaughn R. H. Decision-Making Training / R. H. Vaughn. – American Society for Training and Development, 2010. – 268 p.

## ДОДАТКИ

## Додаток А.

## Етапи розв'язання математичної моделі

	A	B	C	D	E	F	
1							
2		<b>Кошти</b>	<b>Прогнозні значення ефективності інвестиційного проекту, млн.грн.</b>				
3			1	2	3		
4			0,5	0,5	0,3	0,1	
5			1	0,5	0,5	0,6	
6			1,5	0,3	0,2	0,4	
7			2	0,6	0,5	0,1	
8							

Рис. А.1. Прогнозні значення ефективності інвестиційного проекту

	A	B	C	D	E	F
9						
10		<b>Функції ефективності</b>				
11		<b>x</b>	<b>f1</b>	<b>f2</b>	<b>f3</b>	
12		0	0	0	0	
13		1	0,5	0,3	0,1	
14		2	0,5	0,5	0,6	
15		3	0,3	0,2	0,4	
16		4	0,6	0,5	0,1	
17						

Рис. А.2. Значення функції ефективності використання ресурсів

	A	B	C	D	E	F	G	H
18								
19		<b>3 етап</b>						
20		$S$	0	1	2	3	4	
21		$x_3(S)$	0	1	2	3	4	
22		$W_3(S)$	0	0,1	0,6	0,4	0,1	
23								

Рис. А.3. Умовні оптимальні управління для третього етапу

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
25													
26		<b>2 етап</b>											
27		$S$	0	1	1	2	2	2	3	3	3	3	
28		$x_2$	<b>0</b>	0	<b>1</b>	<b>0</b>	1	2	0	<b>1</b>	2	3	
29		$f_2(x_2)$	0	0	0,3	0	0,3	0,5	0	0,3	0,5	0,2	
30		$W_3(S-x_2)$	0	0,1	0	0,6	0,1	0	0,4	0,6	0,1	0	
31		$V_2(S, x_2)$	<b>0</b>	0,1	<b>0,3</b>	<b>0,6</b>	0,4	0,5	0,4	<b>0,9</b>	0,6	0,2	
32		$S$	4	4	4	4	4						
33		$x_2$	0	1	2	3	4						
34		$f_2(x_2)$	0	0,3	0,5	0,2	0,5						
35		$W_3(S-x_2)$	0,1	0,4	0,6	0,1	0						
36		$V_2(S, x_2)$	0,1	0,7	<b>1,1</b>	0,3	0,5						
37													

Рис. А.4. Допоміжна таблиця для функції  $V_2(S, x_2) = f_2(x_2) + W_3(S - x_2)$

	A	B	C	D	E	F	G	H
33								
34		<b>2 етап</b>						
35		$S$	0	1	2	3	4	
36		$x_2(S)$	0	1	0	1	2	
37		$W_2(S)$	0	0,3	0,6	0,9	1,1	
38								

Рис. А.5. Умовні оптимальні управління для другого етапу

	A	B	C	D	E	F	G	H
39								
40		<b>1 етап</b>						
41		$S$	4	4	4	4	4	
42		$x_1$	0	1	2	3	4	
43		$f_1(x_1)$	0	0,5	0,5	0,3	0,6	
44		$W_2(S - x_1)$	1,1	0,9	0,6	0,3	0	
45		$V_1(S, x_1)$	<b>1,1</b>	<b>1,4</b>	<b>1,1</b>	<b>0,6</b>	<b>0,6</b>	
46								

Рис. А.6. Умовні оптимальні управління для першого етапу

	A	B	C	D	E	F	G
47							
48		$x_1 =$	1		$s_2 =$	3	
49		$x_2 =$	2		$s_3 =$	1	
50		$x_3 =$	1				
51							

Рис.А.7. Умовні оптимальні управління

	A	B	C	D	E	F
1						
2		<b>Кошти</b>	<b>Прогнозні значення ефективності інвестиційного проекту, млн.грн.</b>			
3			1	2	3	
4		0,5	0,5	0,3	0,1	
5		1	0,5	0,5	0,6	
6		1,5	0,3	0,2	0,4	
7		2	0,6	0,5	0,1	
8						

Рис. А.8. Прогнозні значення ефективності інвестиційного проекту

(з формулами)

	A	B	C	D	E	F
9						
10		<b>Функції ефективності</b>				
11		<b>x</b>	<b>f1</b>	<b>f2</b>	<b>f3</b>	
12		0	0	0	0	
13		1	=C4	=D4	=E4	
14		2	=C5	=D5	=E5	
15		3	=C6	=D6	=E6	
16		4	=C7	=D7	=E7	
17						

Рис. А.9. Значення функції ефективності використання ресурсів  
(з формулами)

	A	B	C	D	E	F	G	H
18								
19		<b>3 етап</b>						
20		$S$	0	1	2	3	4	
21		$x_3(S)$	0	1	2	3	4	
22		$W_3(S)$	=E12	=E13	=E14	=E15	=E16	
23								

Рис. А.10. Умовні оптимальні управління для третього етапу (з формулами)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
25													
26		<b>2 етап</b>											
27		$S$	0	1	1	2	2	2	3	3	3	3	
28		$x_2$	0	0	1	0	1	2	0	1	2	3	
29		$f_2(x_2)$	0	=D12	=D13	=D12	=D13	=D14	=D12	=D13	=D14	=D15	
30		$W_3(S-x_2)$	0	=D22	=C22	=E22	=D22	=C22	=F22	=E22	=D22	=C22	
31		$V_2(S, x_2)$	0	=СУММ(D29:D30)	=СУММ(E29:E30)	=СУММ(F29:F30)	=СУММ(G29:G30)	=СУММ(H29:H30)	=СУММ(I29:I30)	=СУММ(J29:J30)	=СУММ(K29:K30)	=СУММ(L29:L30)	
32		$S$	4	4	4	4	4						
33		$x_2$	0	1	2	3	4						
34		$f_2(x_2)$	=D12	=D13	=D14	=D15	=D16						
35		$W_3(S-x_2)$	=G22	=F22	=E22	=D22	=C22						
36		$V_2(S, x_2)$	=СУММ(C34:C35)	=СУММ(D34:D35)	=СУММ(E34:E35)	=СУММ(F34:F35)	=СУММ(G34:G35)						
37													

Рис. А.11. Допоміжна таблиця для функції  $V_2(S, x_2) = f_2(x_2) + W_3(S - x_2)$  (з формулами)

	A	B	C	D	E	F	G	H
37								
38		<b>2 етап</b>						
39		$S$	0	1	2	3	4	
40		$x_2(S)$	=C27	=E27	=F27	=J27	=E32	
41		$W_2(S)$	=МАКС(C30)	=МАКС(D30:E30)	=МАКС(F30:H30)	=МАКС(I30:L30)	=МАКС(C35:G35)	
42								

Рис. А.12. Умовні оптимальні управління для другого етапу (з формулами)

	A	B	C	D	E	F	G	H
43								
44		<b>1 етап</b>						
45		$S$	4	4	4	4	4	
46		$x_1$	0	1	2	3	4	
47		$f_1(x_1)$	=C12	=C13	=C14	=C15	=C16	
48		$W_2(S - x_1)$	=G41	=F41	=E41	=D41	=C41	
49		$V_1(S, x_1)$	=СУММ(C47:C48)	=СУММ(D47:D48)	=СУММ(E47:E48)	=СУММ(F47:F48)	=СУММ(G47:G48)	
50								

Рис. А.13. Умовні оптимальні управління для першого етапу (з формулами)

	A	B	C	D	E	F	G
51							
52		$x_1 =$	1		$s_2 =$	=4-C52	
53		$x_2 =$	2		$s_3 =$	=F52-C53	
54		$x_3 =$	1				
55							

Рис. А.14. Умовні оптимальні управління (з формулами)

Додаток Б.

Загальний вигляд моделі динамічного програмування

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1													
2		<b>Кошти</b>	<b>Прогнозні значення ефективності інвестиційного проекту, млн.грн.</b>										
3			1	2	3								
4			0,5	0,5	0,3	0,1							
5			1	0,5	0,5	0,6							
6			1,5	0,3	0,2	0,4							
7			2	0,6	0,5	0,1							
8													
9													
10		<b>Функції ефективності</b>											
11		<b>x</b>	<b>f1</b>	<b>f2</b>	<b>f3</b>								
12		0	0	0	0								
13		1	0,5	0,3	0,1								
14		2	0,5	0,5	0,6								
15		3	0,3	0,2	0,4								
16		4	0,6	0,5	0,1								
17													
18													
19		<b>3 етап</b>											
20		$S$	0	1	2	3	4						
21		$x_1(S)$	0	1	2	3	4						
22		$W_1(S)$	0	0,1	0,6	0,4	0,1						
23													
24													
25		<b>2 етап</b>											
26		$S$	0	1	1	2	2	2	3	3	3	3	
27		$x_2$	0	0	1	0	1	2	0	1	2	3	
28		$f_2(x_2)$	0	0	0,3	0	0,3	0,5	0	0,3	0,5	0,2	
29		$W(S-x_2)$	0	0,1	0	0,6	0,1	0	0,4	0,6	0,1	0	
30		$V_2(S, x_2)$	0	0,1	0,3	0,6	0,4	0,5	0,4	0,9	0,6	0,2	
31		$S$	4	4	4	4	4						
32		$x_2$	0	1	2	3	4						
33		$f_2(x_2)$	0	0,3	0,5	0,2	0,5						
34		$W(S-x_2)$	0,1	0,4	0,6	0,1	0						
35		$V_2(S, x_2)$	0,1	0,7	1,1	0,3	0,5						
36													
37													
38		<b>2 етап</b>											
39		$S$	0	1	2	3	4						
40		$x_1(S)$	0	1	0	1	2						
41		$W_2(S)$	0	0,3	0,6	0,9	1,1						
42													
43													
44		<b>1 етап</b>											
45		$S$	4	4	4	4	4						
46		$x_1$	0	1	2	3	4						
47		$f_1(x_1)$	0	0,5	0,5	0,3	0,6						
48		$W_2(S-x_1)$	1,1	0,9	0,6	0,3	0						
49		$V_1(S, x_1)$	1,1	1,4	1,1	0,6	0,6						
50													
51													
52		$x1 =$	1			$s2 =$	3						
53		$x2 =$	2			$s3 =$	1						
54		$x3 =$	1										

Рис.Б.1. Загальний вигляд моделі



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1													
2		Кошти	Прогнозні значення ефективності інвестиційного проекту, млн.грн.										
3			1	2	3								
4		0,5	0,5	0,3	0,1								
5		1	0,5	0,5	0,6								
6		1,5	0,3	0,2	0,4								
7		2	0,6	0,5	0,1								
8													
9													
10			Функції ефективності										
11		x	f1	f2	f3								
12		0	0	0	0								
13		1	=C4	=D4	=E4								
14		2	=C5	=D5	=E5								
15		3	=C6	=D6	=E6								
16		4	=C7	=D7	=E7								
17													
18													
19		3 етап											
20		S	0	1	2	3	4						
21		$x_1(S)$	0	1	2	3	4						
22		$W_3(S)$	=E12	=E13	=E14	=E15	=E16						
23													
24													
25		2 етап											
26		S	0	1	1	2	2	2	3	3	3	3	
27		$x_2$	0	0	1	0	1	2	0	1	2	3	
28		$f_2(x_2)$	0	=D12	=D13	=D12	=D13	=D14	=D12	=D13	=D14	=D15	
29		$W_2(S-x_2)$	0	=D22	=C22	=E22	=D22	=C22	=F22	=E22	=D22	=C22	
30		$V_2(S, x_2)$	0	=СУММ(D28:D29)	=СУММ(E28:E29)	=СУММ(F28:F29)	=СУММ(G28:G29)	=СУММ(H28:H29)	=СУММ(I28:I29)	=СУММ(J28:J29)	=СУММ(K28:K29)	=СУММ(L28:L29)	
31		S	4	4	4	4	4						
32		$x_2$	0	1	2	3	4						
33		$f_2(x_2)$	=D12	=D13	=D14	=D15	=D16						
34		$W_2(S-x_2)$	=G22	=F22	=E22	=D22	=C22						
35		$V_2(S, x_2)$	=СУММ(C33:C34)	=СУММ(D33:D34)	=СУММ(E33:E34)	=СУММ(F33:F34)	=СУММ(G33:G34)						
36													
37													
38		2 етап											
39		S	0	1	2	3	4						
40		$x_1(S)$	=C27	=E27	=F27	=J27	=E32						
41		$W_1(S)$	=МАКС(C30)	=МАКС(D30:E30)	=МАКС(F30:H30)	=МАКС(I30:L30)	=МАКС(C35:G35)						
42													
43													
44		1 етап											
45		S	4	4	4	4	4						
46		$x_1$	0	1	2	3	4						
47		$f_1(x_1)$	=C12	=C13	=C14	=C15	=C16						
48		$W_1(S-x_1)$	=G41	=F41	=E41	=D41	=C41						
49		$V_1(S, x_1)$	=СУММ(C47:C48)	=СУММ(D47:D48)	=СУММ(E47:E48)	=СУММ(F47:F48)	=СУММ(G47:G48)						
50													
51													
52		x1 =	1		=2	=4	=C52						
53		x2 =	2		=3	=F52	=C53						
54		x3 =	1										
55													

Рис. Б.2. Загальний вигляд моделі (з формулами)