

ЛІТЕРАТУРА



НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНА

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ**

Кафедра економічної кібернетики

**Методичні рекомендації
для самостійної роботи
з дисципліни
«Методи оптимального управління»
для здобувачів другого (магістерського)
рівня вищої освіти
спеціальності 051 «Економіка»
усіх форм навчання**

Тернопіль 2024

Методичні рекомендації для самостійної роботи з дисципліни «Методи оптимального управління в економіці» для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти усіх форм навчання спеціальності 051 «Економіка» / уклад. Н. М. Різник. Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2024. 30 с.

Укладач: Наталія РІЗНИК,
кандидат економічних наук, доцент
доцент кафедри економічної кібернетики
ТНТУ ім. І. Пулюя

Рецензент: Олена БЕРЕСТЕЦЬКА,
кандидат економічних наук, доцент
доцент кафедри економічної кібернетики
ТНТУ ім. І. Пулюя

Методичні вказівки розглянуто і затверджено на засіданні кафедри економічної кібернетики.

Протокол № ____ від _____ 2024 р.

Схвалено НМК факультету економіки та менеджменту

Протокол № ____ від _____ 2024 р.

Зміст

1. Зміст самостійної роботи студента	5
2. Методичні рекомендації до виконання СРС	6
3. Матеріали для опрацювання окремих розділів програми, винесених на самостійне вивчення	7
3.1. Вплив цифровізації на процес прийняття управлінських рішень у міжнародному бізнесі	7
3.2. Сфери застосування штучного інтелекту при прийнятті управлінських рішень	12
3.3. Графічний метод розв’язку задач теорії ігор	15
3.4. Використання MS Excel для розв’язку задач теорії ігор	20
3.5. Детермінована одноресурсна статична модель управління запасами у випадку дискретного постачання з наявністю дефіциту ресурсу.....	24
4. Форми звітності та порядок зарахування СРС	27
Рекомендована література та інформаційні ресурси.....	28

Вступ

Дисципліна «Методи оптимального управління в економіці» викладається з метою надати майбутньому фахівцеві достатнє уявлення про функціонування та розвиток економічної системи, єдності об'єкта та процесу управління, формувати вміння та навички використання сучасної комп'ютерної техніки до розв'язування фахових задач.

Визначальну роль у вивченні дисципліни відіграє комплекс практичних робіт, головною задачею якого є покращення розуміння студентом причинно-наслідкових зв'язків в економіці, закріпити знання теоретичного курсу і дати навички в технології практичного аналізу, прогнозування і планування.

1. Зміст самостійної роботи студента

Для закріплення матеріалу, самоперевірки та поглибленого вивчення тем курсу пропонується самостійне опанування розділів дисципліни. Самостійна робота студентів передбачає поглиблене вивчення тем, що розглядаються на лекціях, виконання завдань по варіантах, що видає викладач на практичних заняттях, підготовку до модульного контролю 1 та модульного контролю 2, опитувань.

При виконанні самостійної роботи використовується конспект лекцій, матеріаль електронного навчального курсу, документація підприємств, довідкова література, інформаційні ресурси.

Згідно навчального плану самостійна робота з дисципліни „Методи оптимального управління в економіці” становить 78 год (денна форма навчання) та 108 год (заочна форма навчання) (табл. 1).

Таблиця 1

Структура самостійної роботи здобувачів

№	Найменування робіт	Кількість годин	
		ДФН	ЗФН
1.	Опрацювання лекційного матеріалу	7	2
2.	Підготовка до практичних занять	14	4
3.	Опрацювання окремих розділів програми, які не виносяться на лекції	21	66
	Вплив цифровізації на процес прийняття управлінських рішень у міжнародному бізнесі	3	3
	Сфери застосування штучного інтелекту при прийнятті управлінських рішень.	3	3
	Графічний метод розв’язку задач теорії ігор	5	5
	Використання MS Excel для розв’язку задач теорії ігор	5	5
	Детермінована одноресурсна статична модель управління запасами у випадку дискретного постачання з наявністю дефіциту ресурсу	5	3
4.	Підготовка до контрольних заходів (складання заліку, тестування)	36	36
Усього годин		78	108

2. Методичні рекомендації до виконання СРС

Самостійна робота студентів при вивченні будь-якої дисципліни протягом усього періоду навчання в університеті є найважливішою ланкою формування знань та умінь фахівця.

Навчальний план та робоча програма дисципліни “Методи оптимального управління в економіці” передбачають наступні основні види самостійної роботи:

1. Робота з конспектом лекцій та рекомендованою літературою.
2. Підготовка до практичних занять.
3. Підготовка до модульного контролю 1, модульного контролю 2, експрес-опитувань, заліку.

Вивчення теоретичного матеріалу рекомендується проводити в день прослуховування відповідної лекції. У процесі роботи з конспектом лекцій, рекомендованою літературою необхідно з'ясувати незрозумілі аспекти і сформулювати питання, які варто задати викладачу на консультації. Для визначення ступеню засвоєння програмного матеріалу потрібно відповідати на контрольні питання.

Відведений на самостійну роботу час варто використовувати раціонально протягом усього семестру. Систематична робота над теоретичним матеріалом дозволить ефективно підготуватися до практичних занять, експрес опитувань, модульних контрольних робіт та заліку.

На самостійне вивчення віднесено 5 тем (табл. 2).

Таблиця 2

№	Назва теми	Кількість годин	
		ДФН	ЗФН
1	Вплив цифровізації на процес прийняття управлінських рішень у міжнародному бізнесі	3	3
2	Сфери застосування штучного інтелекту при прийнятті управлінських рішень.	3	3
3	Графічний метод розв'язку задач теорії ігор	5	5
4	Використання MS Excel для розв'язку задач теорії ігор	5	5
5	Детермінована одноресурсна статична модель управління запасами у випадку дискретного постачання з наявністю дефіциту ресурсу	5	5

3. Матеріали для опрацювання окремих розділів програми, винесених на самостійне вивчення

3.1. Вплив цифровізації на процес прийняття управлінських рішень у міжнародному бізнесі

Переважна більшість міжнародних підприємств почали змінювати бізнес-моделі, розуміючи необхідність і доцільність розширення своєї участі в цифрових екосистемах, щоб повною мірою отримувати віддачу від цифрової інфраструктури. Остання охоплює сховища даних, системи отримання інформації та даних – системи комунікацій і зв'язку, апаратно-програмні комплекси та технології зі збирання, перетворення, передачі та зберігання інформації, а також засоби й технології, що забезпечують доступ споживачів і користувачів до інформації та знань.

Цифровізація процесів управління спричинює появу необмеженої множинності альтернатив при прийнятті управлінських рішень. Надлишок інформації, колосальний масив різнорідних факторів, які потрібно врахувати при прийнятті стратегічного управлінського рішення, реактивна динаміка розвитку соціального й економічного середовищ для того, щоб опрацювати релевантні факти та на їх основі прийняти рішення, яке, до всього іншого, має бути успішно імplementовано у внутрішнє середовище організації, – все це потребує нелюдської оперативної пам'яті або, що набагато реальніше, – посередницького інформаційного інструментарію.

Функціонування міжнародного підприємства в умовах динамічного розвитку соціального, економічного, екологічного та політико-правового середовища потребує пошуку й опрацювання великої кількості актуальних даних при прийнятті стратегічних управлінських рішень. Окрім того, ці рішення мають бути успішно впроваджені у внутрішнє середовище підприємства. Усе це потребує не лише виняткової оперативної пам'яті, а й використання спеціалізованих інформаційних інструментів. Ідеться про впровадження цифрових технологій у процес прийняття управлінських рішень.

Виділяють два рівні впровадження цифрових технологій у процес прийняття управлінських рішень: традиційний, де рішення ухвалює людина, а комп'ютерна програма виконує роль консультанта, і автоматизований, коли рішення приймається за результатами реалізації комп'ютерного алгоритму, а людина лише спостерігає й аналізує його.

Повна цифровізація процесу прийняття управлінських рішень на практиці спостерігається досить рідко. Це зумовлено як відносною новизною делегування прийняття рішень ІТ-програмам та штучному інтелекту, так і страхом, пов'язаним з подібним делегуванням.

Варто зазначити, що вплив цифровізації на процес прийняття управлінських рішень прямо чи опосередковано розглядається вченими не з позиції масового звільнення людей, які беруть участь у цьому процесі, а з погляду зміни вимог до компетентності фахівців-управлінців, системи освіти, формування компетенцій, перекваліфікації.

Інтелектуальний, аналітичний, творчий рівень особи, що приймає управлінські рішення, має постійно розвиватись і відповідати тим можливостям, які надають інформаційні та цифрові технології. Збільшується роль суб'єкта управлінського рішення – особи, що приймає управлінські рішення, або колегіального органу, який наділений певними повноваженнями та відповідає за наслідки прийнятих управлінських рішень.

Обсяг інформації, яку доводиться опрацьовувати для прийняття ефективного управлінського рішення, настільки великий, що він давно перевищив можливості людини. Якість управлінських рішень безпосередньо залежить від можливостей інструментів, що використовуються. Цифровізація процесів прийняття управлінського рішення дозволяє приймати його, зважаючи не тільки на всю доступну, а й на контекстну інформацію, що не можна отримати в рамках системи.

Упорядковані дані стають необхідним ресурсом планування майбутніх стратегічних дій. Базисом системи цифровізації та майданчиком прийняття управлінських рішень є цифрове середовище, або цифрова екосистема –

середовище, яке створює у віртуальному просторі нові ідеї та продукти, проте взаємодіє з матеріальною реальністю

Перехід від традиційної до цифрової технології прийняття управлінських рішень на шляху до забезпечення ефективної міжнародної підприємницької діяльності в цифровій економіці відображено на рис. 1

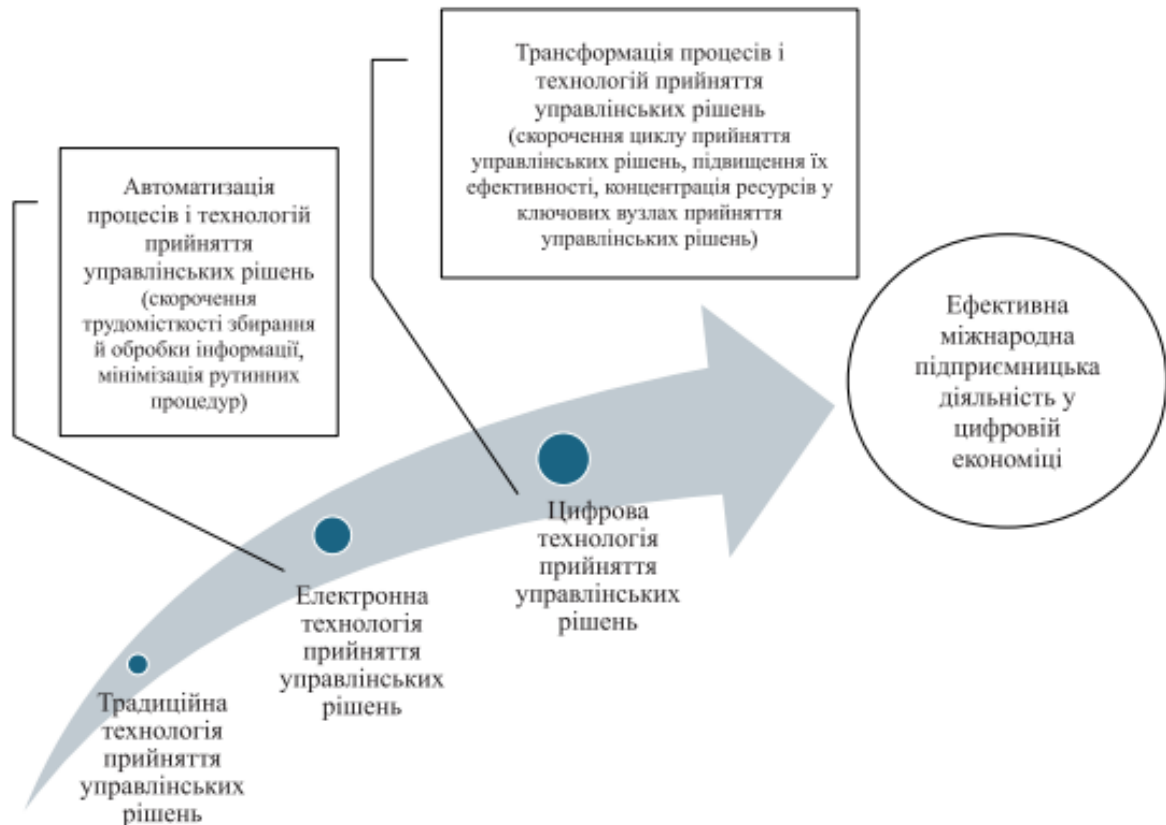


Рис. 1. Перехід до цифрової технології прийняття управлінських рішень.

Цифровізація та цифрова трансформація міжнародної підприємницької діяльності можуть забезпечити ефективність бізнесу за рахунок прискореного прийняття обґрунтованих управлінських рішень з допомогою цифрової технології. Стартовими етапом цифровізації цього процесу є автоматизація та інформатизація – створення системи інформаційного забезпечення прийняття управлінських рішень. Суть цієї системи полягає, перш за все, у зниженні числа рутинних операцій, що дозволяє зробити робочий процес ефективнішим, менш витратним та більш інформативним.

Слід підкреслити, що зі збільшенням складності управлінського рішення й обсягу використовуваної інформації зростає значення технологій та важливість інформаційного забезпечення прийняття управлінських рішень. Метою прийняття управлінського рішення у цифровому середовищі є забезпечення руху поставлених перед організацією стратегічних і тактичних завдань з використанням інформаційних та цифрових технологій.

Варто зазначити, що можливості використання інформаційних і цифрових інструментів змінюються залежно від етапу процесу прийняття управлінських рішень. Так, на стадії постановки проблеми в умовах цифрової економіки визначаються вимоги до існуючої інформаційної системи, для чого може бути використаний штучний інтелект. Останній на основі інструментів аналізу зовнішнього та внутрішнього середовища організації із заданими параметрами може допомогти швидше акцентувати увагу на підозрілі відхилення, на основі яких вже аналітик зможе заздалегідь припустити виникнення проблеми або виявити можливості для підвищення міжнародної конкурентоспроможності підприємства.

На стадії формування цілей і стратегії для вирішення визначеної проблеми можуть бути використані інтелектуальні експертні системи підтримки прийняття рішень з управління виробництвом, що ґрунтуються на аналізі великих даних та використанні спеціалізованих баз знань, які дозволяють виявити тенденції та відхилення у розвитку міжнародного підприємства.

На етапі вироблення альтернативних рішень аналіз великих даних дозволяє виявити альтернативи й оцінити ймовірні наслідки їх реалізації. Штучний інтелект забезпечує необхідний обсяг інформації з меншими трудовитратами, розробляє достовірні сценарії наслідків прийнятих управлінських рішень. Сьогодні більшість формалізованих завдань вирішується з допомогою інформаційних технологій. Системи підтримки прийняття управлінських рішень дозволяють ранжувати можливі альтернативи та оптимізувати вибір найкращого управлінського рішення з безлічі запропонованих альтернатив.

Звичайно, вибір альтернативи може бути як пов'язаний із психологічними й аналітичними здібностями особи, яка приймає управлінські рішення, так і спиратися на ті можливості, що надають йому інформаційні технології та цифрові інструменти. На етапі реалізації управлінських рішень на міжнародних підприємствах найчастіше використовують автоматизовані інформаційні системи, що у загальному вигляді представляють сукупність технічних і програмних засобів, інформаційного фонду, баз моделей та алгоритмів.

Як правило, це класичні інструменти бізнес-аналітики (BI, Business Intelligence) та передові прикладні системи аналітики Big Data. Для того, щоб на міжнародному підприємстві велася злагоджена робота у всіх структурних підрозділах незалежно від їх географічного розташування, необхідна наявність єдиного інформаційного простору в процесі розробки й реалізації управлінського рішення.

Отже, в епоху цифровізації та штучного інтелекту процес прийняття управлінських рішень значно змінився. З появою передових технологій і величезних обсягів даних міжнародні підприємства отримали безпрецедентні цифрові інструменти для прийняття більш обґрунтованих, точних і стратегічних управлінських рішень. Щоб повністю усвідомити, як штучний інтелект і людський інтелект можуть працювати разом, важливо зрозуміти концепцію інтелекту прийняття рішень. Ця концепція об'єднує різні дисципліни для створення цілісної основи прийняття більш обґрунтованих та ефективних рішень.

Цифрові інструменти відіграють вирішальну роль у сучасних компаніях у прийнятті управлінських рішень, надаючи розширену аналітику, можливості розпізнавання образів і автоматичного прийняття рішень. Ця інтеграція цифрових інструментів в управлінську діяльність покращує процес прийняття рішень, роблячи його більш ефективним, точним і масштабованим.

3.2. Сфери застосування штучного інтелекту при прийнятті управлінських рішень

Розглянемо основні напрями застосування штучного інтелекту при прийнятті управлінських рішень:

1. Алгоритмічна торгівля – використання складних систем штучного інтелекту для прийняття торгових рішень зі швидкістю, що перевищує швидкість, на яку здатний людський організм. Це дозволяє робити мільйони угод в день без будь-якого втручання людини. Автоматизовані торгівельні системи зазвичай використовуються великими інституційними інвесторами.

2. Дослідження ринку та інтелектуальний аналіз даних. Кілька великих фінансових установ вклали кошти в розвиток ШІ, щоб використовувати його в їх інвестиційній практиці. Розробки BlackRock AI, Aladdin, використовуються як всередині компанії, так і для її клієнтів, допомагаючи в прийнятті інвестиційних рішень. Широкий спектр функціональних можливостей даної системи включає обробку природної мови для читання тексту, такого як новини, звіти брокерів і канали соціальних мереж. Потім система оцінює настрою в згаданих компаніях і присвоює їм оцінку. Банки, такі як UBS і Deutsche Bank, використовують систему ШІ під назвою Sqream (Sequential Quantum Reduction and Extraction Model) – модель послідовної квантової редукції і екстракції), яка може обробляти дані для розробки профілів споживачів та зіставляти їх з продуктами, які вони, швидше за все, забажають. Goldman Sachs використовує Kensho, платформу аналітики ринку, яка об'єднує статистичні обчислення з великими даними і обробкою природної мови. Його системи машинного навчання використовують дані в Інтернеті та оцінюють кореляції між світовими подіями та їх впливом на ціни фінансових активів. Інформація, витягнута системою ШІ з прямої трансляції новин, використовується в прийнятті інвестиційних рішень.

3. Управління особистими фінансами. Існують продукти, які використовують ШІ для допомоги людям в управлінні їх особистими фінансами. Наприклад, Digit – це додаток, заснований на штучному інтелекті, який

автоматично допомагає споживачам оптимізувати свої витрати і заощадження, ґрунтуючись на своїх особистих звичках та цілях. Додаток може аналізувати такі фактори, як щомісячний дохід, поточний баланс і звички до витрат, потім приймати власні рішення та переводити гроші на окремий ощадний рахунок. Wallet.AI, що розвивається в Сан-Франциско стартап, створює агентів, які аналізують дані, які генерує споживач, при взаємодії зі смартфонами і соціальними мережами, щоб проінформувати споживача про свої витрати.

4. Управління фінансовим портфелем. Автоматизовані поміч-ники-порадники стають все більш широко використовуватися в галузі управління інвестиціями. Автоматизовані системи надають фінансові консультації і поради в управлінні фінансовим портфе-лем з мінімальним втручанням людини. Цей клас фінансових консультантів працює на основі алгоритмів, створених для авто-матичного розвитку фінансового портфеля відповідно до інвести-ційних цілей і схильністю до ризику клієнтів. Він може коригувати зміни в реальному часі на ринку і калібрувати портфель відповідно до побажань клієнта.

5. Управління людськими ресурсами та рекрутинг. Існує три способи використання ШІ для управління людськими ресурсами та найму фахівців. ШІ використовується для перегляду резюме і ранжирування кандидатів за їх рівнем кваліфікації. ШІ також використовується для прогнозування успіху кандидата в заданих ролях через платформи зіставлення посад. І нарешті, ШІ використовується при створенні чат-ботів, які можуть автома-тизувати повторювані комунікаційні завдання.

Як правило, процес перегляду резюме включає в себе аналіз і пошук інформації в базі даних резюме. Стартапи, такі як Romato, створюють алгоритми машинного навчання для автоматизації процесів перевірки резюме. Система Romato AI націлена на автоматизацію перевірки технічних претендентів на позиції в технічних фірмах. ШІ Romato виконує більше 200000 обчислень на кожне резюме за лічені секунди, а потім розробляє власне технічне інтерв'ю на основі корисних навичок.

У 2016–2017 роках компанія споживчих товарів Unilever використовувала штучний інтелект, щоб відобразити всіх співробітників початкового рівня. ШІ Unilever використовував ігри, засновані на нейробіології, записані інтерв'ю та аналіз лицевих і мовних сигналів, щоб передбачити успіх кандидата в компанії. Компанія Unilever співпрацювала з Pymetrics і HireVue щоб створити нову систему аналізу на основі ШІ і збільшити число розглянутих кандидатів з 15000 до 30000 протягом одного року. Unilever також скоротив час на обробку заяв від 4 місяців до 4 тижнів і заощадив понад 50 000 годин часу рекрутерів.

6. Андеррайтинг. Онлайн-кредитор Upstart аналізує величезна кількість споживчих даних і використовує алгоритми машинного навчання для побудови моделей кредитного ризику, які прогнозують ймовірність дефолту. Їх технологія буде ліцензована для банків, щоб вони могли використовувати її для оцінки своїх процесів. ZestFinance розробила свою платформу ZAML (Zest Automated Machine Learning) спеціально для кредитного андеррайтингу. Ця платформа використовує комп'ютерне навчання для аналізу десятків тисяч традиційних і нетрадиційних змінних (від транзакцій покупки до того, яким чином клієнт заповнює форму), що використовуються в кредитній індустрії, для оцінки позичальників. Платформа особливо корисна для присвоєння кредитних балів клієнтам з невеликою кредитною історією, таким як мілленіали.

7. Важка промисловість. Роботи стали поширені в багатьох галузях промисловості та часто займаються роботою, яка вважається небезпечною для людей. Роботи виявилися ефективними на робочих місцях, пов'язаних з повторюваними рутинними завданнями, які можуть привести до помилок або нещасних випадків через зниження концентрації з плином часу. Також широке застосування роботів відбувається в роботах, які люди можуть вважати принизливою.

У 2014 році Китай, Японія, Сполучені Штати, Республіка Корея і Німеччина разом склали 70 % від світового обсягу продажів роботів. В автомобільній промисловості, секторі з особливо високим ступенем автоматизації.

3.3. Графічний метод розв'язку задач теорії ігор

Цей метод застосовують тільки для гри, в якій хоча б один гравець має лише дві стратегії. Розглянемо гру виду $(2 \times n)$

<i>Стр.А \ Стр.В</i>	q_1	q_2	$\dots$	q_n
p_1	a_{11}	a_{12}	$\dots$	a_{1n}
p_2	a_{21}	a_{22}	$\dots$	a_{2n}

Припускаємо, що ця гра не має сідлової точки. Так як гравець А має тільки дві стратегії, то $p_2 \leq 1 - p_1$. Очікувані виграші гравця А, які відповідають чистим стратегіям гравця В, представимо у вигляді таблиці

<i>Чисті страт. гравця В</i>	<i>Очікувані виграші гравця А</i>
1	$a_{11}p_1 + a_{21}p_2 \leq (a_{11} - a_{21})p_1 + a_{21}$
2	$(a_{12} - a_{22})p_1 + a_{22}$
$\dots$	$\dots$
n	$(a_{1n} - a_{2n})p_1 + a_{2n}$

Звідси бачимо, що очікуваний виграш гравця А лінійно залежить від p_1 . У відповідності з критерієм мінімакса для ігор у змішаних стратегіях гравець А повинен вибрати p_1 так, щоб максимізувати свій мінімальний очікуваний виграш. Цю задачу можна розв'язати графічно шляхом побудови прямих ліній що відповідають лінійним функціям від p_1 . Проілюструємо це на конкретному прикладі.

Приклад 1. Для гри двох осіб з нульовою сумою і заданою платіжною матрицею визначити оптимальні стратегії для обох гравців.

<i>Стр.А\Стр.В</i>	1	2	min	max min
1	0	2	0	0
2	3	-1	-1	
max	3	2		
min max		2		

Для даної платіжної матриці $\max \min = 0$, $\min \max = 2$. Отже верхнє та нижнє значення гри не співпадають, гра не має сідлової точки і відповідні чисті стратегії гравців А та В будуть неоптимальними.

Позначимо p_1 та p_2 – ймовірності вибору відповідно 1-ї та 2-ї стратегії гравцем А; q_1 та q_2 – ймовірності вибору відповідно 1-ї та 2-ї стратегії гравцем В. Тоді запишемо матрицю у вигляді

<i>Стр.А\Стр.В</i>	q_1	q_2
p_1	0	2
p_2	3	-1

Оскільки гравець А має лише дві стратегії, то справедливою буде рівність

$$p_1 \leq p_2 \leq 1, \text{ звідки } p_1 \leq 1 - p_2.$$

На основі матриці (2.3), враховуючи залежність (2.4), визначимо очікувані виграші гравця А, що відповідають чистим стратегіям гравця В

<i>Чисті стратегії гравця В</i>	<i>Очікувані виграші гравця А</i>
1	$0 \cdot p_1 + 3 \cdot p_2 = 3p_2$
2	$2 \cdot p_1 - p_2 = 2p_1 - p_2$

Зобразимо відповідні відрізки прямих на рисунку (рис. 2).

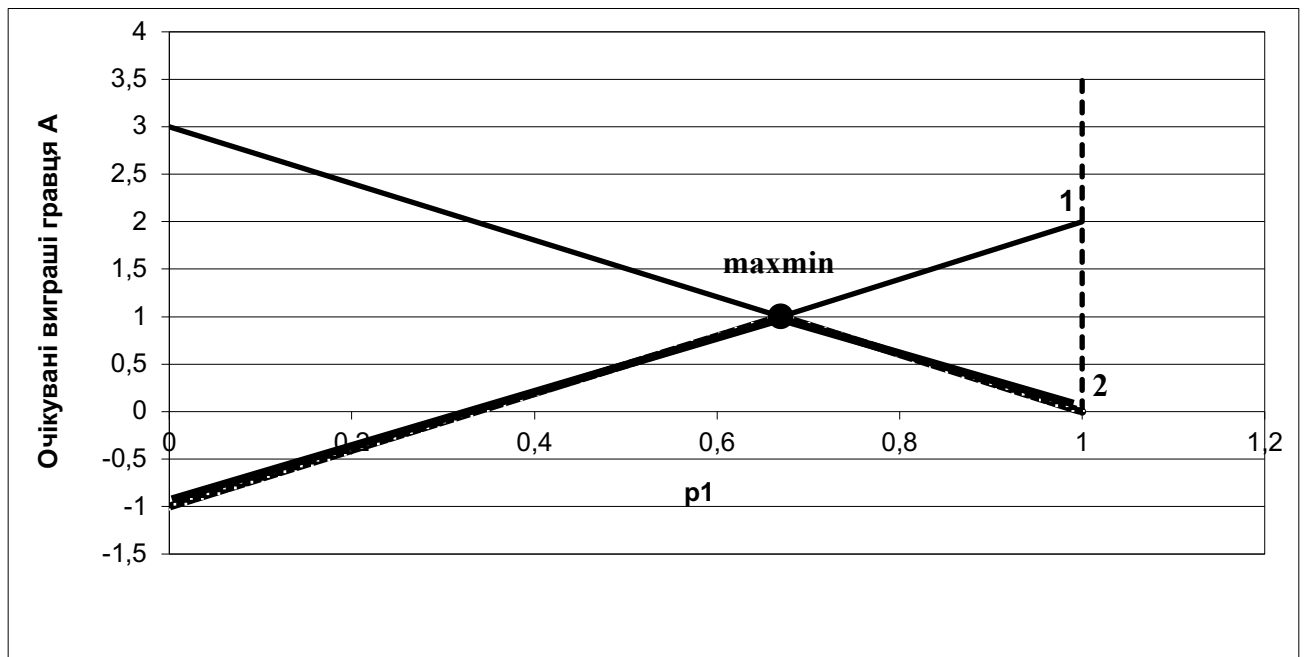


Рис. 2

За максимінною стратегією гравець А прагне максимізувати свій мінімальний виграш. Шуканий максимум знаходиться на перетині прямих, що відображають відповідно 1-шу та 2-гу стратегії гравця В. Тоді розв'яжемо дві системи рівнянь□

$$\begin{cases} 0 \cdot p_1 + 3p_2 = v; \\ 2p_1 - p_2 = v; \\ p_1 + p_2 = 1. \end{cases} \quad \Rightarrow \quad \begin{cases} p_1 = \frac{2}{3}; \\ p_2 = \frac{1}{3}; \\ v = 1. \end{cases}$$

$$\begin{cases} 0 \cdot q_1 + 2q_2 = v; \\ 3q_1 - q_2 = v; \\ q_1 + q_2 = 1. \end{cases} \quad \Rightarrow \quad \begin{cases} q_1 = \frac{1}{2}; \\ q_2 = \frac{1}{2}; \end{cases}$$

Отже, оптимальна змішана стратегія для гравця А – $S_A = (\frac{1}{3}; \frac{2}{3})$, для гравця В – $S_B = (\frac{1}{2}; \frac{1}{2})$. Ціна гри $v = 1$.

Приклад 2. Для гри двох осіб з нульовою сумою і заданою платіжною матрицею (5) визначити оптимальні стратегії для обох гравців.

<i>Стр.А \ Стр.В</i>	1	2	min	max min
1	4	8	4	
2	13	1	1	
3	10	6	6	6
max	13	8		
min max		8		

Для даної платіжної матриці $\max \min = 6$, $\min \max = 8$. Оскільки верхнє та нижнє значення гри не співпадають, гра не має сідлової точки і відповідні чисті стратегії гравців А та В будуть неоптимальними. Визначимо оптимальні змішані стратегії гравців.

Позначимо p_1, p_2, p_3 – ймовірності вибору відповідно 1-ї, 2-ї та 3-ї стратегії гравцем А; q_1 та q_2 – ймовірності вибору відповідно 1-ї та 2-ї стратегії гравцем В. Тоді запишемо матрицю у вигляді

<i>Стр.А \ Стр.В</i>	q_1	q_2
p_1	4	8
p_2	13	1
p_3	10	6

Справедливими будуть рівності

$$p_1 \square p_2 \square p_3 \square 1,$$

$$q_1 \square q_2 \square 1.$$

Визначимо очікувані програші гравця В, що відповідають чистим стратегіям гравця А

<i>Чисті стратегії гравця А</i>	<i>Очікувані програші гравця В</i>
1	$4q_1 \square 8q_2 \square -4q_1 \square 8$
2	$13q_1 \square q_2 \square 12q_1 \square 1$
3	$10q_1 \square 6q_2 \square 4q_1 \square 6$

Зобразимо відповідні відрізки прямих на рисунку (рис. 3).

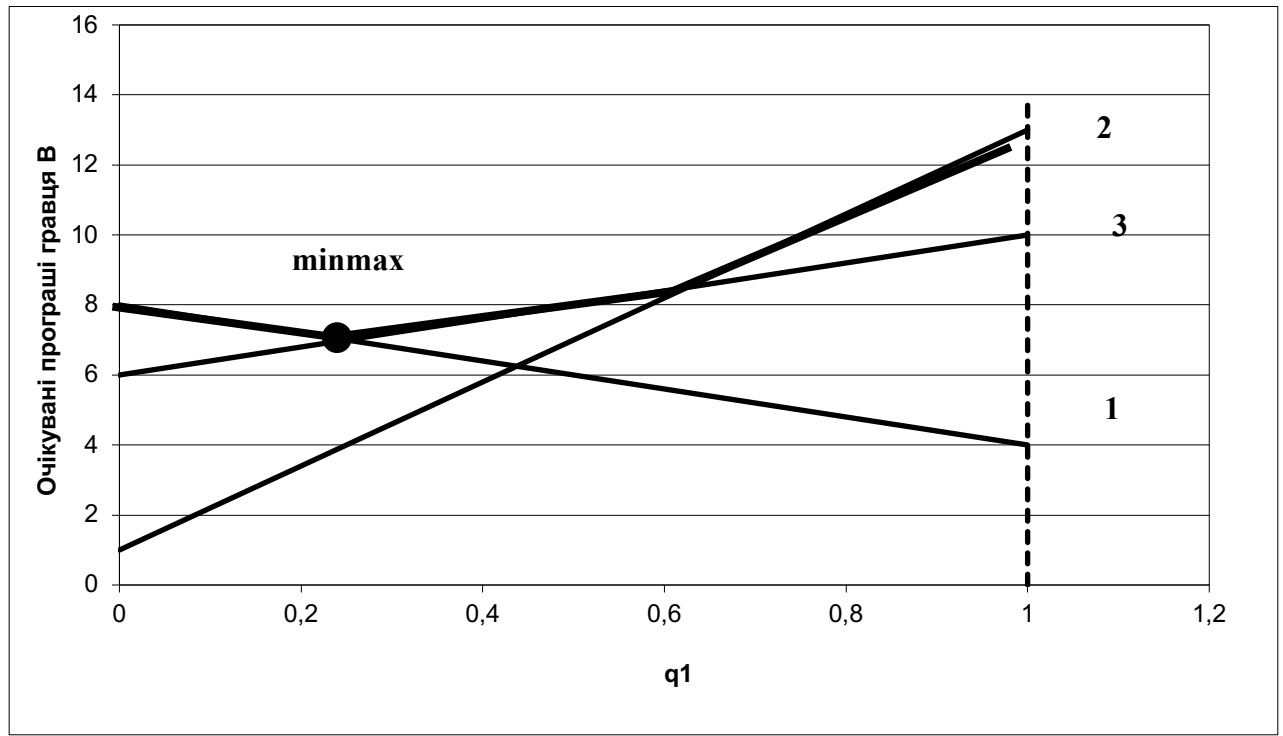


Рис. 3

За мінімаксною стратегією гравець В прагне максимізувати свій мінімальний програш. Шуканий мінімум знаходиться на перетині прямих, що відповідають очікуваним програшам гравця В при виборі гравцем А 1-ї та 3-ї стратегій. Отже $p_2 \neq 0$.

Знайдемо розв'язки систем рівнянь

$$\begin{cases} 10p_3 \leq 4p_1 \leq v; \\ 6p_3 \leq 8p_1 \leq v; \\ p_1 \leq p_3 \leq 1. \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} p_1 \leq \frac{1}{2}; \\ p_2 \leq \frac{1}{2}; \\ v \leq 7. \end{cases}$$

$$\begin{cases} 4q_1 \leq 8q_2 \leq v; \\ 10q_1 \leq 6q_2 \leq v; \\ q_1 \leq q_2 \leq 1. \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} q_1 \leq \frac{1}{4}; \\ q_2 \leq \frac{3}{4}; \\ v \leq 7. \end{cases}$$

Отже, оптимальна змішана стратегія для гравця А – $S_A = (\frac{1}{2}; \frac{1}{2})$, для гравця В – $S_B = (\frac{1}{4}; \frac{3}{4})$. Ціна гри $v = 7$.

3.4. Використання MS Excel для розв'язку задач теорії ігор

Нехай гра задана платіжною матрицею, причому $a_1, a_2, \dots, a_m$ – стратегії гравця А; $b_1, b_2, \dots, b_n$ – стратегії гравця В; $p_1, p_2, \dots, p_m$ – ймовірності вибору відповідних стратегій гравцем А; $q_1, q_2, \dots, q_n$ – ймовірності вибору відповідних стратегій гравцем В.

<i>Стр.А\Стр.В</i>	q_1	q_2	$\dots$	q_n
p_1	a_{11}	a_{12}	$\dots$	a_{1n}
p_2	a_{21}	a_{22}	$\dots$	a_{2n}
$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\dots$
p_m	a_{m1}	a_{m2}	$\dots$	a_{mn}

При цьому справедливими будуть рівності:

$$p_1 \square p_2 \square \dots \square p_m \square 1;$$

$$q_1 \square q_2 \square \dots \square q_n \square 1.$$

Потрібно визначити оптимальні змішані стратегії гравця А та гравця В.

Оптимальна стратегія забезпечуватиме гравцю А виграш, не менший ніж ціна гри v при будь-якій стратегії гравця В, і виграш, рівний ціні гри, при оптимальній стратегії гравця В.

Тому отримуємо систему нерівностей:

$$\begin{cases} a_{11}p_1 \square a_{21}p_2 \square \dots \square a_{m1}p_m \geq v; \\ a_{12}p_1 \square a_{22}p_2 \square \dots \square a_{m2}p_m \geq v; \\ \dots \\ a_{1n}p_1 \square a_{2n}p_2 \square \dots \square a_{mn}p_m \geq v. \end{cases}$$

Вважатимемо, що ціна гри $v > 0$. Цього можна досягнути, зробивши всі елементи платіжної матриці додатними. Тоді кожен з нерівностей поділимо на v :

$$\begin{cases} a_{11} \frac{p_1}{v} \square a_{21} \frac{p_2}{v} \square \dots \square a_{m1} \frac{p_m}{v} \geq 1; \\ a_{12} \frac{p_1}{v} \square a_{22} \frac{p_2}{v} \square \dots \square a_{m2} \frac{p_m}{v} \geq 1; \\ \dots \\ a_{1n} \frac{p_1}{v} \square a_{2n} \frac{p_2}{v} \square \dots \square a_{mn} \frac{p_m}{v} \geq 1. \end{cases}$$

Зробимо заміну $x_1 \square \frac{p_1}{v}; x_2 \square \frac{p_2}{v}; \dots; x_m \square \frac{p_m}{v}$.

$$\text{Тоді } \begin{cases} a_{11}x_1 \square a_{21}x_2 \square \dots \square a_{m1}x_m \geq 1; \\ a_{12}x_1 \square a_{22}x_2 \square \dots \square a_{m2}x_m \geq 1; \\ \dots \\ a_{1n}x_1 \square a_{2n}x_2 \square \dots \square a_{mn}x_m \geq 1. \end{cases}$$

Ціль гравця А – максимізувати свій гарантований виграш, тобто $v \rightarrow \max$. Як зазначалося вище, справедливою є рівність $p_1 \square p_2 \square \dots \square p_m \square 1$,

тоді $\frac{p_1}{v} \square \frac{p_2}{v} \square \dots \square \frac{p_m}{v} \square \frac{1}{v}$ або $x_1 \square x_2 \square \dots \square x_m \square \frac{1}{v}$.

Якщо гравець А прагне максимізувати ціну гри, то обернена величина $\frac{1}{v} \rightarrow \min$.

Позначимо $w \square \frac{1}{v}$.

Задачу лінійного програмування для гравця А можна сформулювати таким чином:

Визначити значення змінних $x_i \geq 0, i \square 1, 2, \dots, m$, так, щоб цільова функція досягала свого мінімального значення

$$W \square x_1 \square x_2 \square \dots \square x_m \rightarrow \min$$

і при цьому виконувались умови

$$\begin{cases} a_{11}x_1 \square a_{21}x_2 \square \dots \square a_{m1}x_m \geq 1; \\ a_{12}x_1 \square a_{22}x_2 \square \dots \square a_{m2}x_m \geq 1; \\ \dots \\ a_{1n}x_1 \square a_{2n}x_2 \square \dots \square a_{mn}x_m \geq 1. \end{cases}$$

Аналогічно, сформулюємо задачу лінійного програмування для гравця В.

Для оптимальної змішаної стратегії граця В всі очікувані програші не більші за ціну гри v , тому отримуємо систему нерівностей:

$$\begin{cases} a_{11}q_1 \leq a_{12}q_2 \leq \dots \leq a_{1n}q_n \leq v; \\ a_{21}q_1 \leq a_{22}q_2 \leq \dots \leq a_{2n}q_n \leq v; \\ \dots \\ a_{m1}q_1 \leq a_{m2}q_2 \leq \dots \leq a_{mn}q_n \leq v. \end{cases}$$

Кожну з нерівностей поділимо на v :

$$\begin{cases} a_{11} \frac{q_1}{v} \leq a_{12} \frac{q_2}{v} \leq \dots \leq a_{1n} \frac{q_n}{v} \leq 1; \\ a_{21} \frac{q_1}{v} \leq a_{22} \frac{q_2}{v} \leq \dots \leq a_{2n} \frac{q_n}{v} \leq 1; \\ \dots \\ a_{m1} \frac{q_1}{v} \leq a_{m2} \frac{q_2}{v} \leq \dots \leq a_{mn} \frac{q_n}{v} \leq 1. \end{cases}$$

Зробимо заміни $y_1 \leq \frac{q_1}{v}$; $y_2 \leq \frac{q_2}{v}$; ...; $y_m \leq \frac{q_m}{v}$.

$$\text{Тоді} \begin{cases} a_{11}y_1 \leq a_{12}y_2 \leq \dots \leq a_{1n}y_n \leq 1; \\ a_{21}y_1 \leq a_{22}y_2 \leq \dots \leq a_{2n}y_n \leq 1; \\ \dots \\ a_{m1}y_1 \leq a_{m2}y_2 \leq \dots \leq a_{mn}y_n \leq 1. \end{cases}$$

Ціль гравця В – мінімізувати свій гарантований програш, тобто $v \rightarrow \min$. Як зазначалося вище, справедливою є рівність $q_1 \leq q_2 \leq \dots \leq q_n \leq 1$,

тоді $\frac{q_1}{v} \leq \frac{q_2}{v} \leq \dots \leq \frac{q_n}{v} \leq \frac{1}{v}$ або $y_1 \leq y_2 \leq \dots \leq y_n \leq \frac{1}{v}$.

Якщо гравець В прагне мінімізувати ціну гри, то обернена величина $\frac{1}{v} \rightarrow \max$.

Позначимо $w \leq \frac{1}{v}$.

Задачу лінійного програмування для гравця В можна сформулювати таким чином:

Визначити значення змінних $y_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n$, так, щоб цільова функція досягала свого максимального значення

$$W = y_1 + y_2 + \dots + y_n \rightarrow \max$$

і при цьому виконувались умови

$$\begin{cases} a_{11}y_1 + a_{12}y_2 + \dots + a_{1n}y_n \leq 1; \\ a_{21}y_1 + a_{22}y_2 + \dots + a_{2n}y_n \leq 1; \\ \dots \\ a_{m1}y_1 + a_{m2}y_2 + \dots + a_{mn}y_n \leq 1. \end{cases}$$

Отже, процес знаходження розв'язку гри з використанням лінійного програмування складається з таких етапів:

- Знаходження верхнього та нижнього значення гри, перевірка чи гра має сідлову точку.
- Якщо гра не має сідлової точки, необхідно звести задачу до задачі лінійного програмування (окремо для гравця А і для гравця В).

Розв'язання задачі з використанням пакета прикладних програм Excel за допомогою команди «Поиск решения».

3.5. Детермінована одноресурсна статична модель управління запасами у випадку дискретного постачання з наявністю дефіциту ресурсу

Розглянемо випадок, що відрізняється від попереднього лише тим, що перевищення попиту над запасами вже допускається, тобто штраф за недостачу скінченний.

Розглянута ситуація відображена на рис. 4

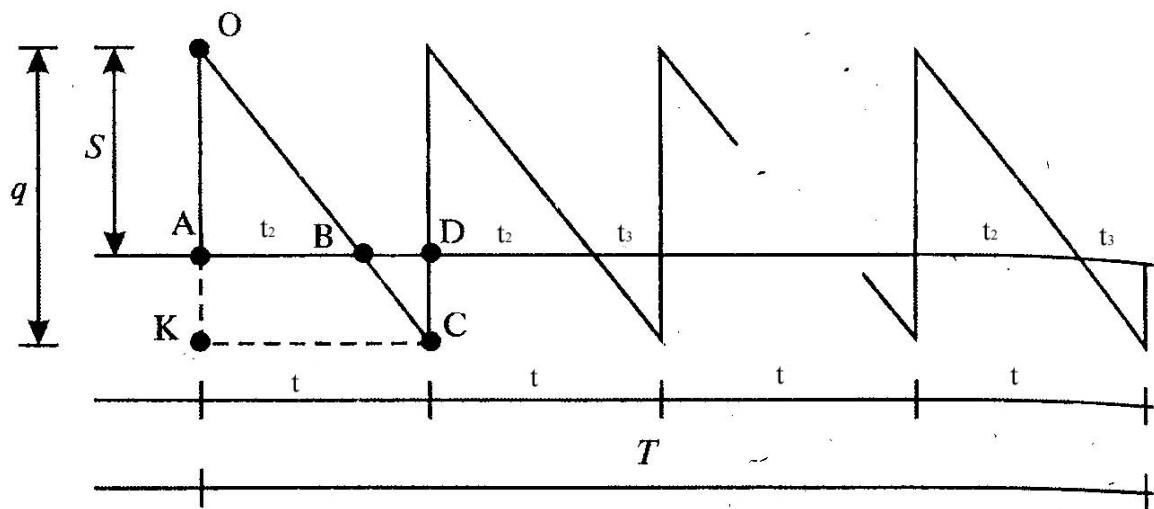


Рис. 4

З подібності трикутників AOB, BCB, та КОС знаходимо:

$$t_2 = \frac{S}{q} \cdot t, t_3 = \frac{q-S}{q} \cdot t.$$

Середній запас протягом t_2 дорівнює $S/2$. Тому витрати на зберігання за час t_2 становитимуть

$$S/2 \cdot C_1 \cdot t_2$$

Середня недостача (перевищення попиту над рівнем запасів) за час t_3 дорівнює $\frac{(q-S)}{2}$ і штраф за час t_3 дорівнює

$$\frac{(q-S)}{2} \cdot C_3 \cdot t_3.$$

Таким чином, очікувані сумарні витрати за весь час T визначаються виразом

$$Q(q, S) = \left(\frac{S}{2} \cdot C_1 \cdot t_2 + \frac{(q-S)}{2} \cdot C_3 \cdot t_3 + C_2 \right) \cdot \frac{R}{q}.$$

Підставляючи в отриману формулу знайдені вище вирази для t_2 та t_3 і з огляду на отримане в попередній моделі для значення t , маємо

$$Q(q, S) = \frac{S^2 C_1 T}{2q} + \frac{(q-S)^2 C_3 T}{2q} + \frac{C_2 R}{q}.$$

Можна знайти оптимальні значення q та S . Для цього про диференціюємо функцію $F(q, S)$ по змінних S та q :

$$\begin{aligned} \frac{\partial Q(q, S)}{\partial S} &= \frac{S C_1 T}{q} - \frac{(q-S)^2 C_3 T}{q}; \\ \frac{\partial Q(q, S)}{\partial q} &= -\frac{S^2 C_1 T}{2q^2} - C_3 T \frac{(q-S)^2}{2q^2} + C_3 T \frac{2(q-S)}{2q} - \frac{C_2 R}{q^2}. \end{aligned}$$

Прирівнявши ці частинні похідні до нуля і спрощуючи отримані вирази, одержуємо

$$\begin{aligned} S &= q \frac{C_3}{C_1 + C_3}; \\ q^2 C_3 - S^2 (C_1 + C_3) &= \frac{2C_2 R}{T}. \end{aligned}$$

Розв'язуючи цю систему рівнянь відносно S та q , знаходимо

$$q_0 = \sqrt{\frac{2C_2 R}{T} \cdot \frac{(C_1 + C_3)}{C_1 C_3}}.$$

$$\text{Оскільки } \left(\frac{\partial^2 F(q, S)}{\partial q^2} = \frac{2C_2 R}{q^3} \right)_{q=q_0} > 0.$$

Отже при $q = q_0$ маємо мінімум.

Для S_0 одержимо

$$S_0 = \sqrt{\frac{2C_2 R}{T} \cdot \frac{C_3}{C_1 (C_1 + C_3)}}.$$

Тоді

$$t_0 = \frac{T q_0}{R} = \sqrt{\frac{2C_2 T}{R} \cdot \frac{(C_1 + C_3)}{C_1 C_3}}.$$

Далі отримаємо:

$$Q(q_0, S_0) = \sqrt{\frac{C_3}{C_1 + C_3}} \sqrt{2RTC_1C_2}.$$

Розглянемо приклад. Нехай зберігаються умови прикладу 1., але штраф C_3 за недостачу тепер дорівнює 0,2 у.о. за один виріб за місяць.

Розв'язування. Застосовуючи наведені вище формули визначимо:

$$q_0 = \sqrt{\frac{2 \cdot 350 \cdot 24000}{12} \cdot \frac{(0,1 + 0,2)}{0,1 \cdot 0,2}} = 4578 \text{ од.},$$

$$S_0 = \sqrt{\frac{2 \cdot 350 \cdot 24000}{12} \cdot \frac{0,2}{0,1 \cdot (0,1 + 0,2)}} = 3056 \text{ од.},$$

$$t_0 = \frac{12 \cdot 4578}{24000} \approx 2,29 \text{ місяця} \approx 70 \text{ днів},$$

$$Q(q_0, S_0) = \sqrt{2 \cdot 24000 \cdot 12 \cdot 0,1 \cdot 350 \cdot \frac{0,2}{0,1 + 0,2}} = 3667 \text{ ум. од.}$$

При оптимальній стратегії очікуваний дефіцит до кінця кожного періоду складав би $4578 - 3056 = 1522$ вироби.

4. Форми звітності та порядок зарахування СРС

Основними формами контролю виконання самостійної роботи студентів є співбесіда та опитування на практичних заняттях, експрес-опитування, модульні контрольні роботи.

Усі форми самостійної роботи переслідують загальні цілі і задачі: освоєння і поглиблення теоретичних знань з курсу, розвиток навичок розв'язання типових задач, придбання досвіду правильного оформлення науково-технічної документації.

Рекомендована література та інформаційні ресурси

1. Аналіз і прийняття рішень для зміцнення економічної безпеки (у сферах обліку, оподаткування, маркетингу, фінансів, менеджменту трудових ресурсів та публічного управління на рівні підприємств, регіонів, держави): монографія / [Сугак Т. О. та ін.] ; за ред. проф. Нусінова В. Я., доц. Міщук Є. В. ; Криворіз. нац. ун-т. Кривий Ріг : Р. Козлов [вид.]. 2023. 358 с.
2. Берестецька О. Модель формування цифрових навичок в Україні. European experience and its application in training in economics and management: Proceedings of scientific and pedagogical internship (February 13 – March 26, 2023, Riga, Latvia). Riga, Latvia : "Baltija Publishing". 2023. p. 23-25.
3. Берестецька О., Різник Н. Використання CRM–систем в Україні в умовах невизначеностей. Bulletin of Sumy National Agrarian University. 2023. №4 (96). С. 26-31.
4. Берестецька О., Бакушевич І., Беззубка В. Наукові дослідження у сфері інформаційної економіки в умовах війни. Економічний простір. 2024. № 191. С. 396-400.
5. Гарматій Н., Химич І., Різник Н. Специфіка забезпеченості ефективності діяльності підприємства фінансовими ресурсами, на прикладі ПАТ «Київська кондитерська фабрика «Рошен». Соціально-економічні проблеми і держава. Вип. 1 (22). 2020. URL: <http://sepd.tntu.edu.ua/images/stories/pdf/2020/20hnmkfr.pdf>.
6. Гринчак, Н. А., Горобець, О. О. Вплив цифровізації на процес прийняття управлінських рішень у міжнародному бізнесі. Статистика України. 2024. № 2. С.108-115.
7. Гудзь, О. Є. Цифрова економіка: зміна цінностей та орієнтирів управління підприємствами. Економіка. Менеджмент. Бізнес.2018. № 2. С. 4-12.
8. Гуренко, А. В., Гашутіна, О. Е. . Напрями розвитку систем управління в умовах діджиталізації бізнесу в Україні. Економіка і суспільство. 2018. № 19. С. 739-745.
9. Державна служба статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
10. Дриньов, Д. М., Войтех, К. Р.,Тимошенко, Р. Р. Штучний інтелект в процесі прийняття та реалізації управлінських рішень. Таврійський науковий вісник. Серія: Економіка/ 2023. № 18. С. 74-79.
11. ЕНК «Методи оптимального управління в економіці» ID 1658. Сторінка курсу на сервері дистанційного навчання ТНТУ. URL: <https://dl.tntu.edu.ua/index.php>.
12. Ковальчик О., Різник Н. Основні тренди інформаційних технологій для бізнесу //Тези доповідей III Міжнародної науково-практичної конференції учених та студентів „Цифрова економіка як фактор інновацій та сталого розвитку суспільства “. 2022. С. 91-93.
13. Коряшкіна Л.С. Практикум за курсом "Методи оптимізації та дослідження операцій" : навч. посіб. / Л. С. Коряшкіна, С. А. Ус ; Нац. техн. ун-т "Дніпров. політехніка" Дніпро : НТУ "ДП", 2020. Ч. 1 : Дослідження операцій. 2020. 181 с.
14. Математичне моделювання для економістів у науково-дослідних роботах: Навчальний посібник / за заг. ред. д-ра екон. наук, проф. О. Є. Кузьміна. Львів : Видавництво Львівської політехніки. 2021. 284 с.

15. Математичне моделювання для економістів: бакалавр-магістр-доктор філософії(PhD) / Ю.Г.Козак . К. : «Центр учбової літератури». 2019. 252 с.
16. Методи підтримки прийняття рішень : навч. посіб. / Шевченко І. В., Оксанич І. Г., Рилова Н. В. Кременчук : НОВАБУК. 2024. 195 с.
17. Науково-технічна бібліотека Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. URL: <https://library.tntu.edu.ua>.
18. Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського. URL: <http://www.nbuvf.gov.ua>.
19. Олешко Т. І., Касьянова Н. В., Смерічевський С. Ф. та ін. Цифрова економіка : підручник. К. : НАУ. 2022. 200 с.
20. Основи системного аналізу і прийняття оптимальних рішень: підручник / О. М. Величко, Т. Б. Гордієнко ; Держ. ун-т телекомунікацій. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС. 2021. 670 с.
21. Прикладні проблеми теорії прийняття рішень : навч. посіб. / Г. О. Доленко ; Київ. нац. ун-т ім. Тараса Шевченка. Київ : Київський університет. 2023. 95 с.
22. Різник Н. М., Малецький Д.; Беркита Х. Моделювання задачі оперативного управління ліквідністю багатофіліального банку на основі методу заміщень. Тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції „Цифрова економіка як фактор інноваційного розвитку суспільства “. 2020. С. 63-65.
23. Різник Н., Берестецька О. Цифрова трансформація сфер життя як основа зростання соціальної цінності. Соціально-економічні проблеми і держава. 2021. № 2(25). С. 393–404. URL: <http://sepd.tntu.edu.ua/images/stories/pdf/2021/21bomzsc.pdf>.
24. Різник Н.М. Аналіз впливу пандемії COVID-19 на розвиток цифрової економіки світу : зб. матеріалів доп. учасн. міжн. наук.-пр. конф. «Цифрова економіка як фактор інноваційного розвитку суспільства»/ Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя (11 листоп. 2020 р.), 2020. С.40-42 .
25. Різник Н.М. Методика оптимізації виробничої програми підприємства. Підготовлено тези доповіді: зб. матеріалів доп. учасн. міжн. наук.-пр. конф. «Цифрова економіка як фактор інновацій та сталого розвитку суспільства» Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя (2-3 грудня 2021 р.). 2021. С. 82-83.
26. Різник, Н., Гарматій, С., & Макогон, А. (2019). Аналіз динаміки страхового ринку національної економіки та визначення основних кластерів інструментарієм економіко-математичного моделювання. Галицький економічний вісник Тернопільського національного технічного університету, 60(5), 27-39.
27. Різник Н.М. Методичні рекомендації для виконання практичних робіт з дисципліни «Методи оптимального управління в економіці» для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти усіх форм навчання спеціальності 051 «Економіка» / уклад. Різник Н.М. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2024. 40 с.
28. Різник Н.М. Опорний конспект лекцій з дисципліни «Методи оптимального управління в економіці» для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти усіх форм навчання спеціальності 051 «Економіка» / уклад. Різник Н.М. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2024. 55 с.

29. Семенко О.Г. Оптимізаційні методи та моделі: навчально-методичний посібник. Переяслав: ПХДПУ. 2020. 300 с.
30. Теорія прийняття рішень : навч. посіб. / [уклад. П. О. Куцик та ін.] ; Львів. торг.-екон. ун-т. Львів : Вид-во Львів. торг.-екон. ун-ту. 2024. 399 с.
31. Теорія прийняття рішень : навч. посіб. / Н. Ю. Науменко [та ін.] ; [за ред. Н. Ю. Науменко] ; Держ. ВНЗ "Укр. держ. хім.-технол. ун-т". Дніпро : ДВНЗ УДХТУ. 2021. 245 с.
32. Тернопільська обласна універсальна наукова бібліотека. URL: <https://library.te.ua>.
33. Химич І., Різник Н. Фінансово-економічний аналіз підприємств: основа прогнозування позитивних результатів в умовах кризи. Міжнародний науковий журнал менеджменту, економіки та фінансів. 2024. № 3 (1). С. 62-71.
34. Information Processing in Control and Decision-Making Systems. Problems and Solutions : monograph / [N. Axak et al. ; ed. V. Vychuzhanin] ; Odesa Polytechnic National University, [Information Control Systems and Technologies (ICST-2023)]. Odesa : НУ "ОМА". 2023. 357 p.