

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет менеджменту та маркетингу
Кафедра математичного моделювання економічних систем

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ В. О. Капустян
(підпис) (ініціали, прізвище)
“ ____ ” _____ 2018 р.

**Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра**

зі спеціальності 051 «Економіка» спеціалізації «Економічна кібернетика»
на тему: «Економіко-математичне моделювання управління підприємством в умовах інфляції»

Виконав: студент 6 курсу, групи УК-61м
(шифр групи)

Онипко Богдан-Микола Олексійович _____
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Керівник: професор. к. ф.-м. н. Капустян В. О. _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент: доцент, к.е.н. Черненко Н. О. _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цій дипломній роботі немає
запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2018 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Факультет менеджменту та маркетингу

Кафедра математичного моделювання економічних систем

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-науковою
програмою

Спеціальність 051 «Економіка»

Спеціалізація «Економічна кібернетика»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

_____ В. О. Капустян
(підпис) (ініціали, прізвище)

«__» _____ 2018 р.

**ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту**

Онипко Богдан-Микола Олексійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації «Економіко-математичне моделювання управлінням підприємством в умовах інфляції»

науковий керівник дисертації професор. к. ф.-м. н. Капустян В. О.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «10» січня 2018 р. №17-с

2. Термін подання студентом дисертації 15 травня 2018 р.

3. Об'єкт дослідження Металургійне підприємство

4. Предмет дослідження критерії ризиків

5. Перелік завдань, які потрібно розробити

1. Пошук і аналіз літературних джерел; 2. Постановка проблеми вибору ступеня вкладу в інвестиції згідно зовнішнього ринкового стану 3. Аналіз моделей

економічного зростання; 4. Побудова математичної моделі; 5. Програмна реалізація обраної моделі; 6. Проведення модельних розрахунків; 7. Аналіз отриманих результатів.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу
презентація роботи

7. Перелік публікацій:

Онипко Б.-М.О. Еколого-економічна модель управління металургійним виробництвом в Україні. - Міжнародний науковий журнал «Наука онлайн».

Онипко Б.-М.О. Стратегія розвитку металургійного підприємства в умовах невизначеності. - Міжнародний науковий журнал «Наука онлайн».

8. Дата видачі завдання 10 січня 2018 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Визначення актуальної теми	10.10.16-20.11.16	
2	Дослідження предметної області	21.11.16-30.12.16	
3	Огляд літератури	03.01.17-03.03.17	
4	Дослідження ринку	03.03.17-30.06.17	
5	Економічна постановка задачі	24.01.17-25.10.17	
6	Побудова математичної моделі	26.10.17-01.12.17	
7	Розв'язок моделі і аналіз результатів	02.12.17-20.03.18	
8	Розробка рекомендацій та висновків	21.03.18-23.03.18	
9	Підготовка презентації	23.03.18-09.05.18	

Студент

(підпис)

(ініціали, прізвище)

Науковий керівник магістерської
дисертації

(підпис)

(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Розвиток металургійного підприємства в період коливання рівня інфляції ставить перед підприємцем питання про можливість збільшення виробництва. Розвиток металургійного виробництва завдяки вигідній територіальній зоні не дає можливість постійного збільшувати виробництво. У роботі досліджені стратегії збільшення виробництва для отримання максимального прибутку з мінімальними ризиками.

Також досліджено економічний розвиток промисловості, основні методи управління адаптацією підприємства до умов навколишнього середовища, а саме інфляції. В роботі вирішується питання доцільності збільшення виробництва, а також розраховується виготовлення кількості товарів на наступний квартал відповідно до виробничих потужностей підприємства.

Дана робота присвячена вибору оптимального відсотку інвестицій від прибутку в капітал при змінній інфляції. Оптимальність вибору ґрунтується на аналізі даних отриманих шляхом використання критеріїв максімакса, Вальда та Севіджа. Результатом цього аналізу є модель виробництва, яка дає відповідь підприємцеві скільки продукту треба виготовити, а також за якою ціною його продати для того щоб мінімізувати ризики та максимізувати прибуток.

Правильність отриманих даних моделювання порівнюється з реальними даними за минулий рік.

Ключові слова: Металургійне виробництво, економіко-математична модель, управління, інфляція, продукт, капітал, споживання.

ABSTRACT

The development of the metallurgical enterprise during the period of fluctuations in the level of inflation puts the question of the possibility of increasing production to the entrepreneur. The development of metallurgical production due to the advantageous territorial zone does not allow constant increase of production. The paper examines the strategies to increase production to maximize profits with minimal risks.

Also, the economic development of industry, the main methods of managing the adaptation of an enterprise to environmental conditions, namely inflation, was investigated. The issue of the expediency of increasing production is being considered, as well as the production of the quantity of goods for the next quarter according to the production capacities of the enterprise.

This work is devoted to the choice of the optimal percentage of investment from profit to capital with a variable inflation. The optimality of the choice is based on the analysis of data obtained using Maximax, Wald and Sevidu criteria. The result of this analysis is a production model that answers the entrepreneur how much a product is to be manufactured and how much to sell it in order to minimize risks and maximize profits.

The correctness of the received modeling data is compared with the real data for the past year.

Key words: metallurgical production, economic model, management, inflation, product, capital, consumption.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ФУНКЦІОНУВАННЯ МЕТАЛУРГІЙНОГО ПІДПРИЄСТВА ТА ВПЛИВ ІНФЛЯЦІЇ НА ВИРОБНИЦТВО	9
1.1 Моделювання економічною діяльністю підприємства	9
1.2 Металургійне підприємство «Запоріжсталь»	26
1.3 Прийняття рішення в умовах невизначеності	29
1.4 Аналіз моделей виробництва в умовах нестабільності	34
2 ПОСТАНОВА ЗАДАЧІ ТА ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ	42
2.1 Побудова економіко-математичної моделі	42
2.2 Застосування моделі на підприємстві «Запоріжсталь»	53
2.3 Аналіз побудованої моделі	60
3 ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	63
ВИСНОВКИ	74
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	76
ДОДАТОК А Програмна реалізація моделі на мові javascript.	80

ВСТУП

Тема магістерської дисертації стосується актуального об'єкта дослідження: економічної діяльності підприємства в умовах невизначеності, а саме вплив інфляції на виробничий процес і його здатність до інвестування.

Предметом дослідження є пошук гарантованого прибутку за критерієм Вальда та обрахунок ризику за критерієм Сєвіджа з метою досягнення найбільшого прибутку за рік в умовах невизначеної інфляції. Продовжуючи дослідження початі в бакалаврській роботі за об'єкт вибране металургійне підприємство ПАТ «Запоріжсталь».

Мета і завдання дослідження: знайти оптимальну долю від прибутків, яку треба інвестувати, щоб наприкінці року отримати максимальний прибуток з мінімальними ризиками.

Для реалізації цієї мети і вирішення цього завдання потрібно виконати наступне :

- 1) знайти математичну модель, яка може бути застосована для металургійного підприємства;
- 2) застосувати виробничу функцію, яка відображає процеси виробництва на підприємстві ;
- 3) знайти статистичні дані по металургійному виробництву і збути його продукції ;
- 4) розробити економіко-математичну модель для управління підприємством в умовах невизначеності ;
- 5) вибрати критерії оцінки рішень ;
- 6) знайти оптимальне керування металургійним підприємством ;

При виконанні роботи застосовувались такі методи:

- 1) Математичний аналіз виробничої функції металургійного підприємства
- 2) Розробка алгоритму розрахунків рішень для вибраних критеріїв ;

- 3) Програмування алгоритму вирішення задачі ;
- 4) Виконання розрахунків по програмі та аналіз результатів.

Інформаційна база дослідження складається з нормативних документів, монографій , підручників , статей та інших друкованих та електронних джерел , перелік яких приведено в кінці роботи в списку використаних джерел.

1 ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ФУНКЦІОНУВАННЯ МЕТАЛУРГІЙНОГО ПІДПРИЄСТВА ТА ВПЛИВ ІНФЛЯЦІЇ НА ВИРОБНИЦТВО

1.1 Моделювання економічною діяльністю підприємства

В першу чергу необхідно визначити основи теорії моделювання та особливості цього процесу для економіки.

Моделювання широко застосовувалось в досліджуванні фізичних та технічних науках. Зазвичай моделювання базується на фізичній подібності процесів, що відбуваються в різних сферах науки. Загальна послідовність розробки і застосування моделі базується на 5 пунктах:

1) спочатку об'єкт описується вербально: його склад, робота і результат; при цьому також описується взаємодія складових частин об'єкта та його взаємодія із зовнішнім середовищем;

2) при теоретичних дослідженнях встановлюються математичні залежності, що стосуються параметрів систем у вигляді систем алгебраїчних, диференціальних чи інших рівнянь.

3) на основі п.2 шляхом рішення рівнянь створюється математична модель для кількісної оцінки результату моделювання; при цьому спрощується отримана математична модель з урахуванням тільки основних суттєвих чинників та додатково вводяться граничні або початкові умови;

4) Рішення моделі може бути, якщо це можливо, аналітичне або чисельне із допомогою ЕОМ.

5) Апробація моделі виконується співставленням отриманих результатів рішення з реальними результатами роботи об'єкта.

Стосовно економіки слід відрізнити макроекономіку і мікроекономіку. Макроекономіка вивчає поведінку великої системи, наприклад промисловості взагалі або окремої галузі. При цьому запропоновані досить універсальні та відносно прості моделі: Солоу, А-Джексона та інші, які

встановлюють зв'язок між продуктами, капіталом та робочою силою у деякій формулі, аналіз якої дозволяє узагальнювати процеси в промисловості.

Наприклад, промислова функція Кобба-Дугласа має вигляд $Y = A * K^{b_1} * L^{b_2}$, де Y об'єм випущеної продукції,

A – технічний прогрес, b_1, b_2 – невідомі параметри моделі, K – затрати капіталу, L – затрати робочої сили.

У своїй дипломній роботі за ступенем бакалавра я використовував функцію Кобба-Дугласа і для металургійної галузі ця функція має вигляд [23]:

$$Y = 7,467 * K^{0,363} * L^{0,062} \quad (1.1)$$

Статичний аналіз цієї функції показав, що вона достатньо точно описує динаміку виробництва металопродукції. Значення коефіцієнту детермінації показує, що 94% варіації обумовлена двома факторами моделі, а тільки 6% варіації припадає на долю факторів, які не входять в модель.

Сучасний етап розвитку економіки характеризується зростанням складності економічних систем не стільки через зростання кількості взаємозалежних елементів, скільки через збільшення розмаїтості і явного ускладнення зв'язків між елементами економіки, зміни якісного рівня цих зв'язків і посилення впливу на ці взаємодії деяких аспектів, існування яких раніше ставилось під сумнів і найчастіше в дослідженнях приписувалось впливу стохастичних чинників, які можна враховувати на рівні розподілу ймовірностей. Сучасна економіка, безперечно, є складною нелінійною системою, складність якої прирівнюється до складності живих організмів. Класичні економіко-математичні моделі, які використовувались раніше для моделювання й прогнозування економіки і котрі використовували лінійні апроксимації залежностей, таких як, наприклад, павутиноподібна модель ринкової рівноваги або модель Солоу, у наш час вважаються лише ілюстрацією методів і підходів моделювання й аж ніяк не претендують на

адекватність і реалізм.

Водночас, класичні підходи мають низку методологічних прийомів, які застосовуються дотепер у сучасних дослідженнях в сфері моделювання динаміки економічних систем. Аналіз і узагальнення цих прийомів дозволяють сформулювати класичні принципи моделювання, котрі є методологічним підґрунтям даного напрямку.

Процес моделювання є дослідженням об'єктів пізнання на їхніх моделях, тобто це - побудова й вивчення моделей реально існуючих предметів і явищ. Моделювання як пізнавальний прийом невіддільне від розвитку знань. По суті, моделювання як форма відображення дійсності виникає одночасно з виникненням наукового пізнання [2]. Отже, будь-яка цілеспрямована пізнавальна діяльність є моделюванням, у процесі якої об'єкти реального світу відображаються у вигляді знань суб'єкта пізнання (рис. 1.1).

Формування моделі явища або процесу на найнижчому рівні пізнання є накопиченням даних, які характеризують окремі його прояви. Накопичення даних здійснюється за допомогою фіксації значень показників, які характеризують на думку дослідника об'єкт дослідження. Зіставлення даних, встановлені зв'язки між ними, впорядковані в просторово-часовій перспективі, надають дослідникові інформацію про досліджуваний об'єкт. Зіставлення інформації, накопиченої про об'єкт дослідження, дає можливість розпізнавати принципи його функціонування й тенденції розвитку, а також проектувати засоби керування об'єктом, який досліджується.

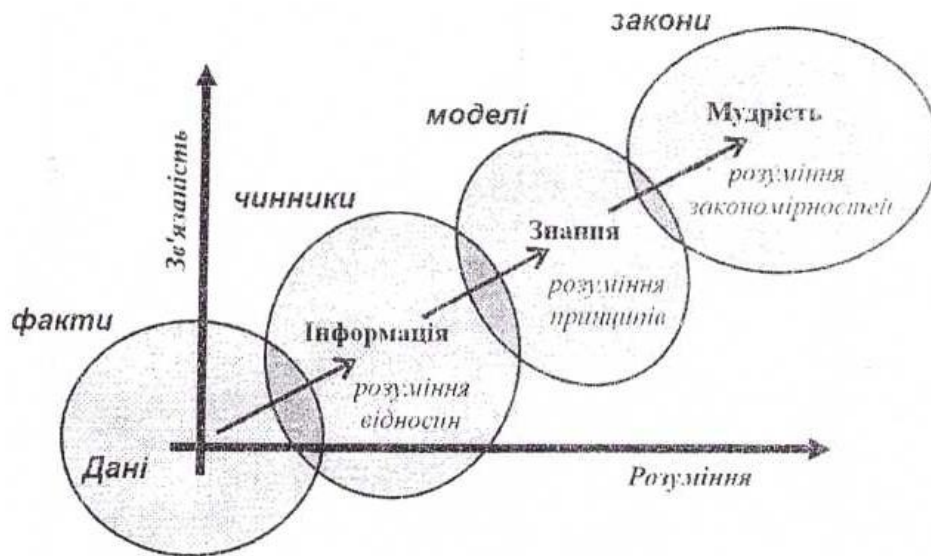


Рисунок 1.1 – Агрегування відомостей у процесі пізнання

Можливість поширювати накопичений досвід на інші системи, котрі мають той або інший ступінь подібності з первісною системою, універсализація знань водночас з агрегуванням і систематизацією відомостей про досліджуваний об'єкт призводить до того (рівень мудрості на рис. 1.1), що стає необхідною методологія економіко-математичного моделювання, тобто галузь знань, яка досліджує передумови, принципи, структуру, логічну організацію, засоби й методи застосування формальних математичних методів до дослідження й вирішення проблем функціонування, керування й розвитку економічних систем. Це дозволяє сформулювати наступне визначення.

Економіко-математична модель — математичний опис економічного процесу або економічної системи, котра використовується під час дослідження замість об'єкта-оригіналу (економічної системи), з метою аналізу, визначення кількісних або логічних зв'язків між різними частинами.

Економічні системи, є абстракцією, одержаною в процесі пізнання відносин природи й людини. Класик української економічної науки

М.І. Туган-Барановський [28] пише про це так: "Завдання економіста зводиться до визначення, якою буде рівнодіюча у взаємодії багатьох сил, закони дії кожної із яких йому відомі - завдання дуже важке, завдяки складності цієї взаємодії, але цілком розв'язуване за певного спрощення завдання. Спрощення це полягає в тому, що економіст відмовляється від зовсім

безнадійної спроби вивчати народногосподарські явища у всій їхній складності, як вони спостерігаються в емпіричній дійсності. Замість цього, він ставить собі більше скромне завдання. Він конструює спрощену людину, котра діє в спрощеному соціальному середовищі" [28, стор. 44]. Тобто можна сказати про те, що політична економія за МЛ. Туган-Барановським [28] й економічна теорія взагалі відповідають на фундаментальне запитання "Що таке економіка?", виокремлюючи в сукупності об'єктивно існуючих взаємодій ті, котрі відбуваються в реальному світі, від тих, які пов'язані з задоволенням потреб, і здійснюваних відповідно до принципу раціонального поведіння, тобто "Принципом найменшої дії". Економічна теорія тоді формує ментальну модель, яка містить виявлені закономірності, і використовується для пояснення економічних явищ, прогнозування тенденцій розвитку ситуації й керування економічними процесами.

Однак, складність і розмаїтість процесів, які відбуваються в економіці, різноманіття природи й форм зв'язку елементів економіки висувають високі вимоги до процедур і методів вироблення й прийняття управлінських рішень. Вихідною точкою математичного моделювання економіки, котре здійснюється методами й засобами економічної кібернетики – модель. Структурування даної ментальної моделі й доведення її до рівня математичної формалізації - основне завдання економіко-математичного моделювання.

Існує думка, що теоретичні побудови можуть виникати лише на підґрунті солідного експериментального матеріалу, дослідження, котре з усіх боків висвітлює предмет. Однак історія природознавства повна прикладів, які не підтверджують подібну концепцію. Найбільш яскравим прикладом, мабуть, може слугувати загальна теорія відносності - одне із найбільш вражаючих узагальнень в історії науки [6].

Подібних прикладів навести можна чимало, і вони наштовхують на таку думку: стимулом, який спонукує, до створення нової теорії є зазвичай невелика кількість фундаментальних фактів; зокрема збільшення кількості експериментальних даних нічого принципового не додає до наших уявлень і не

полегшує формулювання нової теоретичної концепції; після того як концепція сформульована, і модель явища побудована, цей "додатковий" експериментальний матеріал у найкращому випадку може бути використаний для перевірки створеної теорії, у найгіршому – буде марним [11].

Останнє твердження потребує наступного роз'яснення. Без сумніву, експеримент надає факти для теоретичних побудов і слугує тим підґрунтям, на якому створюється теорія. Відомо, що для одержання фундаментальних експериментальних фактів необхідно виконати трудомістку пошукову роботу, більша частина результатів якої надалі може виявитись невикористаною, оскільки на етапі збирання даних не завжди вдається відразу відрізнити факти, котрі представляють загальну закономірність, від окремих випадків. Отже, для побудови моделей досліджуваної реальності обсяг експериментального матеріалу, очевидно, сам по собі не має принципового значення. Експеримент як проста сукупність спостережуваних фактів за умови невірної концепції може ввести дослідника в оману, що неодноразово й траплялось в історії науки [6].

Економіко-математичне моделювання як метод має низку істотних відмінностей від безпосереднього застосування апарату математичних методів до вирішення економічних проблем, а саме:

- врахування природи об'єкта дослідження;
- суб'єктивізм;
- абстрагування від деяких істотних характеристик;
- використання гіпотез;
- просторово-тимчасова обмеженість об'єкта.

Особливістю економічних систем є те, що вони є взаємозалежною сукупністю суб'єктів економічних відносин, які проявляють у своїх взаємодіях індивідуальне раціональне поведіння, і такі, що використовують ресурси і права власності для вироблення управлінських рішень, зазвичай, в умовах неповної інформації. Вплив ресурсів, прав власності й інформації робить процеси взаємодії нерівнозначними, тому в цілому не можна говорити про те, що всі суб'єкти впливають на зміну в економічній ситуації однаково.

Виокремлення серед безлічі динамічних моделей квазістатичних виправдане тим, що ці моделі, зокрема, описують перехідні процеси як рівноважні, на відміну від чисто динамічних моделей, для яких перехід пов'язаний з втратою рівноваги. До класу псевдостохастичних деякі автори відносять моделі хаотичної динаміки [16].

Відповідно до обраних критеріїв можна одержати наступні класи економіко-математичних моделей (впорядковані від простого до складного):

- показники;
- моделі оптимального планування;
- моделі оптимального планування в умовах невизначеності;
- моделі оптимального керування;
- моделі оптимального керування в умовах невизначеності;
- моделі поводження;
- моделі стохастичних процесів.

До класу показників віднесені як чисто детерміновані, так і стохастичні індекси.

Відповідно до призначення запропоновані критерії класифікації дозволяють виокремити:

- когнітивні моделі, призначенням яких є відтворення з метою подальшого дослідження істотних закономірностей, які мають місце в об'єкті-оригіналі і відповідають на питання: "Чим є досліджувана система?";
- прогностичні моделі, котрі слугують для оцінювання майбутнього стану об'єкта-оригіналу і відповідають на питання: "Якою буде система, котра досліджується?";
- управлінські моделі, метою яких є визначення бажаного стану системи й способів його досягнення, котрі відповідають на питання: "Якою повинна бути система, котра досліджується?";
- експериментальні моделі, котрі застосовуються в ситуаційному аналізі і відповідають на питання: "Що буде з системою, котра досліджується, якщо?".

вирішувались за допомогою методів оптимізації.

Проблемам оптимізації економічних систем макrorівня й економіки в цілому присвячені роботи А.Г. Аганбегяна [29], К.А. Багріновського й А.Г. Гранберга [21,22], А.Н. Алімова [23], І.В.Сергієнка [24], Н.З. Шора [25], Д.Б. Юдіна [26]. Розробці економіко-математичних моделей оптимального керування на рівні мікроекономічних систем присвячені праці В.М. Амітана [27], В.М. Буркова, Д.А. Новікова [28], Е.Г. Гольдштейна [29], Ю.М. Єрмольєва й А.И. Ястремського [39], В.А. Забродського [32,33], Т.С. Клебанової [6,32], Н.Г. Гузя, Ю.Г. Лисенка [26,27,43,44].

Економіко-математичне моделювання застосовувалось також як метод вирішення спеціальних завдань, таких як завдання прогнозування й завдання прийняття управлінських рішень. Проблемам і методології застосування кількісних методів у дослідженні економіки присвячені роботи К.А. Багріновського [21], В.В. Вітлинського [2], В.М. Гейця [17,42], В.М. Глушкова [40,41], Я.А. Дуброва, В.Г. Штелика [44], Н.Е. Кобринського [15], Е.З. Майминас [45,46], А.В. Лотова [33] та інші.

Аспекти динамічного поводження в структурі досліджень у сфері моделювання економіки зустрічаються досить рідко. Моделювання динаміки економічних систем висвітлено в роботах Ю.Г. Лисенка [26,27], В.С. Михалевича [35], М.В. Михалевича [35], В.Л.Петренка [13,50].

Саме методи, котрі розвиваються в економічній кібернетиці, дають можливість здійснити побудову експерименту на моделях і визначити бажаний ефект у керуванні економікою України. Без цього неможливо передбачати майбутні результати змін в економіці, оскільки з кібернетичної позиції вона є складною системою, котра характеризується великою кількістю ступенів свободи, великою розмаїтістю форм зв'язків між елементами, значною свободою в цілепокладанні підсистем, і, нарешті, іманентною властивістю трансформації, що вимагає й буде вимагати розробки нових, усе більш ефективних і продуктивних підходів до керування .

Одним з методів подолання параметричної невизначеності є метод, який запропонував У.Р. Ешбі [36], що виявляється у випадковому переборі можливих значень невідомих параметрів та перевіркою “якості” вибраного параметра. Цю ідею У.Р. Ешбі застосував при моделюванні явища гомеостазу.

Сучасна кібернетика послуговується двома інструментами проектування функцій на основі структури. Перший, рекурсія, дозволяє проводити структурування об'єкта керування, розщеплюючи його на підсистеми більш низького рівня. Другий, рефлексія діяльності, дає можливість представити систему як сукупність взаємозалежних процесів, які прагнуть до спільної мети. Обидва ці підходи дозволяють, в результаті, сформулювати представлення системи у вигляді, що дозволяє формалізувати її поведінку.

Відзначимо, що етапи переходу від об'єкта-оригіналу до його структури й від структури до функцій відносяться до економічного аспекту моделювання, оскільки рівень їхньої формалізації дозволяє відображати специфічні економічним системам ознаки раціональності й цілеспрямованості. Математичне відображення зазначених особливостей представляє окрему методологічну проблему. Загалом, виокремлення економічного й математичного аспекту методології обумовлено розходженням підходів до визначення об'єкта й вибору методу дослідження.

Аналітичні методи дослідження динамічних моделей, є єдиною формалізованою методикою, не зв'язаною жорстко з якими-небудь програмними засобами. Крім того, аналітичні методи дають найбільш повне уявлення про динаміку системи в точному виді. До недоліків аналітичних методів варто віднести невисокий ступінь наочності представлення матеріалів дослідження й очевидну складність самих процедур дослідження.

Параметричне дослідження моделей дозволяє одержати наочне про залежність поведінки від якого-небудь параметра, але не дає представлення формально вираженого значення параметра, за якого відбувається зміна поведінки. Оскільки економічна динаміка вивчає чітко детерміновані динамічні процеси (хоча топологічна детермінованість цих процесів і не завжди

очевидна), зазвичай застосовуються методи математичного аналізу, а ймовірнісні й статистичні методи слугують лише як інструментарій для одержання оцінок параметрів динамічних моделей.

На етапі вироблення рекомендацій з удосконалення керування приймають рішення відповідно до мети проведеного дослідження. У результаті цього в модель можуть потрапити нові рівняння, що описують керуючі впливи. У цьому випадку варто провести повторний аналіз для визначення ступеня відповідності динаміки системи цілям її функціонування.

Представлена концепція моделювання динаміки економічних систем, яка ґрунтується на класичних постановках завдань моделювання, дає можливість розробляти економіко-математичні моделі динаміки, котрі належать до класів когнітивних і експериментальних моделей. Когнітивні моделі описують взаємний вплив чинників на поведінку системи, експериментальні - дозволяють оцінювати ефективність стратегій. З певним ступенем допущення можна говорити й про управлінські моделі - критерій може бути перетворений до виду функції, екстремум якої досліджується доступними засобами, однак, в умовах прагнення дослідника до зниження кількості змінних у моделі, одержувані результати за змістом будуть цілком порівняльними з ситуаційними оцінками, котрі одержані з використанням експериментальних моделей.

Розглянемо процес побудови економіко-математичних моделей на підставі даної концепції. Аналізуючи визначення поняття стратегії, можна затверджувати, що воно поєднує такі аспекти розвитку економічних систем, як цілепокладання, планування й прагнення до досягнення мети доступними засобами. З погляду адаптивної економіки стратегія спрямована на пристосовування й використання різних змін у реалізованому системою поведінні, характері зовнішніх (середовище - система - середовище) і внутрішніх (підсистема - метасистема — підсистема) взаємодій, і структурі системи відповідно до внутрішніх і зовнішніх змін, що виникають з метою здійснення розвитку, підтримки функціонування й забезпечення необхідного рівня життєздатності.

Одержуємо, що в межах класичного визначення стратегії вона розглядається як засіб досягнення розвитку, що є ціллю стратегічного керування. Стратегія також спрямована на одержання економічною системою переваг. Переваги, які є за характером відносною категорією, можуть розглядатись не тільки в контексті конкурентної боротьби, тобто стосовно інших систем, але й стосовно стану зовнішнього середовища, а також щодо динаміки власного розвитку (стосовно своїх попередніх станів).

Особливості моделювання як методу пізнання тягнуть необхідність специфічного трактування поняття стратегії. З погляду класичних підходів до моделювання нормально функціонуюча система повинна перебувати в стані рівноваги. Динамічна система в якості нормального функціонування рухається по рівноважній траєкторії свого розвитку, котра є послідовністю станів рівноваги, впорядкованих у часі. Слід зазначити, що під рівновагою системи з середовищем функціонування розуміється такий стан, за якого впливи, як системи, так і середовища один на одного взаємно компенсуються - жоден з них не зростає через поглинання іншого .

У випадку застосування квазістатичного підходу з метою дослідження динаміки розвитку й функціонування економічної системи весь процес розбивається на стадії, або, так звані, кванти, у кожній із яких система перебуває в рівновазі. Стани рівноваги на початку і в кінці процесу не зобов'язані мати ідентичну природу, співвідношення "система-середовище" практично незмінне на сусідніх стадіях процесу. Погрішність у вимірі даного співвідношення прямо пропорційна тривалості стадії.

Проте, цей підхід не використовується для аналізу процесів утворення стрибкоподібних змін у структурі й поведженні системи. У подібних випадках застосовується синергетичний підхід і нелінійні підходи до опису таких процесів (теорія біфуркацій, теорія катастроф, хаотична динаміка тощо).

Саме даний підхід, заснований на нелінійних взаємозв'язках, є в наш час діючим інструментом для опису найбільших, які динамічно розвиваються, систем і неквазістатичних процесів. Але, незважаючи на те, що квазістатичні

процеси - це лише окремий випадок динамічних процесів, дослідження моделювання стратегічного розвитку не втрачає для них актуальності.

Рівноважні траєкторії досліджуються на рівні стійкості, оскільки від даної характеристики залежить, яким чином буде розвиватись система: нестійкість свідчить про те, що система буде розвиватись за даною траєкторією до виникнення впливу, котрий збурює, з боку зовнішнього середовища або у внутрішньому середовищі, і, отже, система буде відхилятися від свого рівноважного стану.

Стійкість траєкторії залежить від зовнішніх умов функціонування, внутрішніх можливостей (потенціалу) і обмежень. Відзначимо, що адекватне оцінювання стійкості не може відбуватись, з огляду лише на окремі наведені чинники, необхідно розглядати їх комплексно, оскільки нестійкість рівноваги не обов'язково веде до порушення стійкого розвитку й функціонування системи за рахунок включення регулюючих механізмів, які переводять функціонування в рівноважний режим.

Будь-яка система може мати більше одного стану рівноваги, і, відповідно, кілька рівноважних траєкторій. Синергетичний підхід акцентує увагу на процесах з декількома рівноважними траєкторіями.

Трансформаційні перетворення в економіці України в цілому і на підприємствах: визначаються відходом від планової економічної науки радянських часів до конкурентної ринкової економіки.

Для того, щоб рішення були оптимальні необхідно:

- Зібрати багато інформації про об'єкт управління і процеси в ньому.
- Створити економіко-математичну модель об'єкта та процесу.
- Вибрати методи вирішення задачі управління.
- Виконати розрахунки на ЕОМ результати різних альтернатив управління.
- Застосувати вибране оптимальне керування.

Головна функція управління виробничо-господарською діяльністю підприємства – планування. За допомогою планування визначають траєкторії

розвитку підприємства в довгостроковому періоді, перспективи ведення виробничої діяльності в короткостроковому періоді, вирішення поточних завдань підприємства та ефективне використання його основних виробничих фондів, промислово-виробничого персоналу та матеріальних ресурсів. Сьогодні математика стала беззаперечним інструментом розв'язання задач у різних галузях науки, зробивши їхній подальший розвиток без неї неможливим. Адже в умовах безперервної економічної динаміки та нестабільного середовища для проведення виробничої діяльності стає недостатньо просто досвіду та підприємницької інтуїції. Моделі прийняття рішення розробляють як основу рекомендацій для здійснення управління.

Відомі економісти у своїх працях зазначають, що основною задачею економіки підприємства є в елементах побачити ціле, часткове розглядати як пояснення загального. Вони вважають, що цінність економічного дослідження полягає насамперед у його методичності та логічному обґрунтуванні, і не залежить від практичної ваги об'єкта, який досліджують.

Математичні моделі та їхні системи допомагають у розв'язанні проблем, з якими стикається підприємство в процесі виробничо-господарської діяльності. За допомогою чітких математичних виразів, які враховують кількісні взаємозалежності між елементами виробничої системи, можна досягнути однозначної відповідності системи планування на підприємстві та об'єктом управління. Моделі пов'язують між собою основні параметри, за допомогою яких можливо зрозуміти суть економічних процесів, які відбуваються. Апарат математичного моделювання дає змогу врахувати особливості проходження виробничого, фінансового та інших економічних процесів. Економіко-математичне моделювання дає підстави провести експеримент, не проводячи його реально і, відповідно, зменшити можливі затрати на його проведення та скерувати розвиток економічного процесу або об'єкта у потрібному напрямі, вибравши потрібні для цього значення вхідних параметрів, які впливають на систему. Математична модель багатofункціональна, тобто можна використовувати не лише для однієї конкретної змодельованої ситуації, а й для

інших економічних процесів, яким властиві аналогічні умови проходження. Реалізація економіко-математичних моделей ґрунтується на використанні сучасних світових комп'ютерних технологій. Поліпшується наукова обґрунтованість їхнього застосування, дедалі більше розширюються напрями використання математичних моделей та досліджуються нові сфери.

Економіко-математичні моделі дають змогу приймати оптимальні рішення в певних виробничих ситуаціях та допомагають ефективно досягнути поставленої мети. Розроблені на професійному рівні економіко-математичні моделі дають змогу не тільки розв'язати поставлені на підприємстві задачі оптимального використання наявних ресурсів, вибору оптимальної системи планування та управління, але й своєчасно реагувати на зміни у виробничому процесі та проводити корекцію управлінських рішень. Математичне моделювання відкрило шлях до використання сучасних комп'ютерних технологій, які забезпечують швидкість і точність прийнятих рішень.

Математичні моделі можуть відображатись у явному та в неявному вигляді. В явному вигляді у моделі відображаються ті параметри виробничого процесу, яким властива кількісна оцінка і які піддаються формальному опису. Сучасні методи математичного моделювання враховують і їхні якісні характеристики. В неявному вигляді математичну модель записують за допомогою математичних символів, які відповідають параметрам виробництва.

Перші спроби застосувати кількісний аналіз в економіці належить французькому вченому Франсуа Кене, який розробив у 1776 р, йому першу модель суспільного відтворення, яка називається "арифметична формула".

Застосувати кількісний аналіз в економіці спробував французький вчений Франсуа Кене, який у 1766 р. заснував так звану арифметичну формулу, яка була фактично першою моделлю суспільного відтворення в економіці, в якій враховувалися вартісні та матеріально-речові пропорції.

Український вчений економіст Павло Чомпа [45] , який жив і працював у Львові 1910 р. видав книгу "Нариси економетрії і розбудована на національній економії натуральна теорія бухгалтерії", яка стала початком науки економетрії.

Сьогодні вітчизняні та зарубіжні вчені економісти-математики зробили значний внесок у дослідження сфери застосування математичного моделювання, створили економіко-математичні моделі та їхні комплекси, які допомагають розв'язувати економічні задачі та охоплюють виробничу, господарську та фінансову діяльність підприємства. Нагромаджено великий досвід використання економіко-математичного моделювання на практиці.

Зауважимо, що теоретичним підґрунтям застосування математичних методів і моделювання в економічних дослідженнях українських вчених стали праці М.І. Туган-Барановського [28], В.М. Глушкова [40,41], С. Міхалевича [35], В.Ф. Ситника, О.І. Ястремського [39], які розробили і застосували адекватні методи математичного аналізу, що дало змогу суттєво підвищити наукову обґрунтованість та об'єктивність економічних рішень.

В умовах сучасного зростання складності виробничо-господарських відносин неможливо обійтись без широкого використання математичних методів і моделювання для ефективного управління економічними -процесами та прийняття оптимальних управлінських рішень в умовах лімітованості виробничих і фінансових ресурсів. Варто зауважити, що успішнішого застосування інструментарію математичного моделювання потрібна безпосередня участь у створенні, максимальному наближенні до реалій проходження економічного процесу та реалізації моделі спеціалістів-практиків. Необхідність оптимального використання можливостей підприємства щодо виробництва продукції зумовлює підвищення наукового рівня організації та планування господарської діяльності. Підприємство треба розглядати як цілісну систему, яка пов'язує економічну, технічну та організаційну сторони діяльності. Тому система прийняття управлінських рішень, а відповідно і методи математичного моделювання, повинна охоплювати весь комплекс проблем, які виникають у процесі функціонування підприємства на ринку та розв'язувати їх, максимально наближаючи фактичні результати його виробничо-господарської діяльності до бажаних. У такій ситуації важливо виявити головні проблеми та відокремити їх від другорядних. Можлива також

ситуація, коли існує декілька рівнозначних проблемних ситуацій. Математичні моделі, які покликані розв'язувати такі задачі, називаються багатокритеріальними, тобто мають понад один критерій оптимізації.

Для розв'язання задач, які виникають у процесі господарювання, існує великий інструментарій математичних методів і моделювання. Вибір конкретного методу залежить від визначеності проблеми, тобто від обсягу наявної інформації про ситуацію, яка виникла. Для визначення проблеми треба відповісти на п'ять питань. По-перше, чи є мета, досягнувши якої можна вважати проблему вирішеною; по-друге, чи існують альтернативні шляхи досягнення мети; по-третє, треба визначити витрати, необхідні для досягнення мети за кожною альтернативою; по-четверте, чи існує модель або їхній комплекс, які відображають взаємозалежності між основними параметрами задачі, для кожної альтернативи вирішення проблеми; по-п'яте, чи існує система визначення пріоритетності для кожної з альтернатив досягнення мети. Залежно від визначеності проблемної ситуації відповідно до перелічених питань відбувається вибір певного математичного інструментарію для її розв'язання. Якщо проблема повністю детермінована за всіма питаннями, то для її вирішення можна застосувати стандартні методики та процедури. У випадку багатоваріантності можливих розв'язків добре структурованих проблем використовуються методи дослідження операцій. Виділяють також слабоструктуровані проблеми, які трапляються разом з дослідженими та формалізованими параметрами. Такі задачі вирішуються за допомогою методів системного аналізу та економіко-математичного моделювання. На практиці підприємство не завжди стикається з проблемами, що повністю або частково визначені. Існують проблеми, для яких характерний високий рівень невизначеності або, інакше кажучи, неструктуровані проблеми. Тоді для вирішення такої ситуації необхідними стають досвід та інтуїція

керівників. Сьогодні все більше проблем підлягають детальному дослідженню і, відповідно, вдосконалюються методи їхнього оптимального розв'язання.

Теоретичні передумови побудови системи оптимального функціонування економічного об'єкта такі:

- існування єдиного критерію оптимізації у кількісному виразі;
- визнання лімітованості ресурсів, потрібних для досягнення мети;
- існування багатьох варіантів використання наявних ресурсів;
- наявність інформації про всі альтернативи досягнення мети;
- відсутність обмежень щодо можливостей виконання необхідних обчислень.

Перелічені передумови зведення економічної задачі до оптимізації моделі прийняття рішень розглядає наука про раціональний вибір при різних комбінаціях початкових умов — праксеологія. Вперше впровадив праксеологію в економічну науку видатний український вчений, економіст-математик Слущкий Е.Е [46].

З метою дослідження поведінки економічного об'єкта в реальних умовах функціонування використовують імітаційне моделювання. Варто зауважити, що імітаційні методи дають змогу отримати лише наближенні розв'язки для складних та неструктурованих проблем, тоді як за допомогою класичних оптимізаційних моделей можна одержати оптимальні рішення, щоправда, добре структурованих задач. Ускладнення виробничих задач призводить до ускладнення конструкцій моделей, проте можливості сучасних комп'ютерних засобів допомагають їх успішно розв'язувати. В складних задачах часто доводиться звертатися до експертів для з'ясування її параметрів, що у масштабних моделях з великою кількістю параметрів вносить суб'єктивний характер у кінцеві рекомендації щодо управління.

Вирішити цю проблему допомагають нейроні мережі, алгоритм яких не вимагає знань про функціональні причинно-наслідкові зв'язки. Мережа відшукує за визначеним правилом вивчення наближених взаємозв'язок, який найліпше відображає потрібні дані. Тому нейроні мережі можна використовувати без теоретичного підґрунтя для прогнозування. З одного боку,

мережа використовує минулу інформацію, а з іншого - сама здатна віднайти навіть досі не визначенні взаємозв'язки, які й відбуваються механічно, але можуть стати підґрунтям для розуміння причинно-наслідкових зв'язків.

На практиці для розв'язання деяких економічних задач використовують різноманітні спрощення та накладають додаткові обмеження: До методів спрощення задачі можна зачислити зниження її розмірності, поділ загальної задачі на підзадачі, обмеження точності та повноти рішення оптимізаційної задачі (зведення її до лінійних математичних моделей). На думку В.Р. Бретцке, свідоме спрощення економіко-математичної моделі прийняття рішень є об'єктивною необхідністю. Як аргумент В.Р. Бретцке приводить те, що тільки структуризація розпливчатої проблеми визначає її границі і, відповідно, звужує ділянку пошуку оптимального управлінського рішення.

Досить важливо для успішного розв'язання проблемної ситуації є правильно сформульована задача та написана модель, а також вибір обсягу даних, які застосовують під час розрахунку. Врахування значного обсягу вхідної інформації, ускладнення математичної моделі приводить до зменшення неточностей у рішеннях внаслідок реалізації моделі. Водночас зайве ускладнення математичної моделі системи потребує збільшення обсягу вхідних даних, що пов'язане з збільшенням помилок у разі прийняття управлінського рішення через неточності застосування чисельних методів перераховані. Крім того, в умовах реального масштабу часу важливим є час розв'язання задачі великої розмірності.

1.2 Металургійне підприємство «Запоріжсталь»

ПАТ «Запоріжсталь» – підприємство з повним металургійним циклом, що займає лідируючі місця по виробництву сталі в Україні, за обсягами експорту, постачання валюти, а також податкових відрахувань. У 2016 році комбінат

збільшив грошові перерахування в бюджет України направивши в держбюджет рекордну суму в розмірі 3,2 млрд гривень, що на 28% (на 704 млн гривень) більше, ніж у 2015 році. Підприємство стабільно працює, розвивається, продовжує модернізацію з використанням сучасних прогресивних технологій, а також відповідає усім світовим стандартам природоохоронних технологій.

Проектні потужності комбінату дають можливість виробляти близько 6,3 млн тонн агломерату, 4,2 млн тонн чавуну, 4,07 млн тонн сталі, близько 3,7 млн тонн гарячого прокату, та десь 1,2 млн тонн холодного прокату.

У 2016 році вироблено 3600,2 тис. тонн чавуну, 3890,7 тис. тонн сталі, 3367,9 тис. тонн прокату. Унікальне географічне положення дає ПАТ «Запоріжсталь» логістичні переваги за рахунок географічного положення, а саме близькості до постачальників сировини, а також водних та залізничних магістралей.

ПАТ «Запоріжсталь» в 2016 році постачав своїм споживачам понад 540 тис. тонн металопродукції водним транспортом через Запорізький річковий порт.

Комбінат системно модернізує виробничі потужності, звертаючи особливу увагу на питання екології. З 2012 року на екологічну модернізацію і реконструкцію комбінату було направлено 5,7 мільярдів гривень.

Головними проектами екологічної модернізації комбінату є: завершення проекту модернізації газоочисних систем аглофабрики, масштабна модернізація доменної печі № 4 з додатковою установкою системи аспірації ливарного двору і підбункерної естакади, будівництво нової лінії в цеху холодної прокатки № 1, масштабна реконструкція доменної печі № 3.

Ще один великий проект 2016 року - масштабна реконструкція доменної печі № 3. Агрегат буде оснащений сучасною системою аспірації, яка забезпечить очистку викидів від пилу до 50 мг / м³. Обсяг інвестицій в проект складе близько 1,5 млрд гривень. В рамках проекту введена в дослідно-промислову експлуатацію нова система аспірації ливарного двору доменної печі № 2, оснащена високоефективними рукавними фільтрами з імпульсною

регенерацією, потужним Тягодутьевим обладнанням і системою пневмотранспорту для повернення уловленої пилу в виробництво. Чисельність колективу ПАТ «Запоріжсталь» становить близько 13 тисяч осіб. У 2016 році комбінат підвищив середню заробітну плату на 17% в порівнянні з 2015 роком, яка в даний момент складає близько 11 тисяч гривень. Також працівником комбінату надається безкоштовна медична страховка і медобслуговування, регулярне санаторне оздоровлення та інші соціальні пільги. **Начало формы**

У 2015 році ПАТ «Запоріжсталь» публікує фінансову звітність, підготовлену відповідно до Міжнародних стандартів, яку перевірила аудиторська компанія KPMG.

Фінансовій звітності ПАТ «Запоріжсталь» за 2015 рік підготовлена відповідно до вимог Міжнародних стандартів фінансової звітності, чинного законодавства України, а також «Положення про розкриття інформації емітентами цінних паперів». Фінансова звітність «Запоріжсталь» отримала позитивний аудиторський висновок. Вона достовірно, в усіх суттєвих аспектах, відображає фінансові результати і фінансовий стан підприємства на звітні дати.

Таблиця 1.1 – Ключові фінансові показники

(Млн грн)	2015 р.	2014 р.
Виручка від реалізації продукції	31 395,5	22 110,5
Валовий прибуток	7 813,2	5 837,9
Чистий прибуток	1 805,0	1 120,6
Всього активів	30 093,9	22 755,6
Освоєння капітальних інвестицій	1 389,3	1 669,0

Основні чинники, що вплинули на роботу комбінату в 2015 році, стосувалися всіх промислових підприємств України: посилення економічної і політичної кризи, зростання залізничних тарифів, дефіцит сировини, а також

падіння цін на світовому ринку. І, якщо перше півріччя підприємство відпрацювало відносно нормально, то друга половина 2015-го, а також перший квартал поточного року, – дуже складні у вітчизняній металургії. Незважаючи на це, вони зуміли забезпечити прибуткову діяльність підприємства, стабільно виплачувати зарплату, зберегти колектив і утримати виробництво.

Нагадаємо, що, в порівнянні з аналогічним періодом 2014 року, виробництво чавуну на комбінаті в період з січня по грудень 2015 року зросло на 8,4%, сталі – на 0,5% .

1.3 Прийняття рішення в умовах невизначеності

Для прийняття рішень в умовах повної невизначеності використовуються наступні засоби:

- критерій Лапласа;
- критерій Вальда;
- критерій Севіджа;
- критерій Гурвіца.

Ці критерії відрізняються за ступенем консерватизму, який проявляє ОПР в умовах невизначеності.

Критерій Лапласа

Критерій Лапласа спирається на принцип недостатнього підґрунтя, виходячи з якого всі стани природи Π_j є рівноймовірними. Відповідно до цього принципу кожному стану Π_j відповідає ймовірність p_i , яка визначається за формулою:

$$p_i = \frac{1}{n}. \quad (1.2)$$

Для прийняття рішень для кожної стратегії A_i розраховують середнє арифметичне значення виграшу:

$$W(A_i) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{ij}. \quad (1.3)$$

Серед $W(A_i)$ обирають максимальне значення W , яке буде визначати виграш при застосуванні оптимальної стратегії A_{om} :

$$W = \max_i \{W(A_i)\} = \max_i \left\{ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{ij} \right\}. \quad (1.4)$$

Якщо величини a_{ij} характеризують втрати ОПР, то критерій набуває вигляду:

$$W = \min_i \left\{ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{ij} \right\}. \quad (1.5)$$

Якщо в умові задачі матриця можливих результатів подана матрицею ризиків (r_{ij}) , то критерій Лапласа має вигляд:

$$W = \min_i \left\{ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n r_{ij} \right\}. \quad (1.6)$$

Критерій Вальда (мінімакний або максимінний критерій)

Критерій Вальда – це критерій гарантованого результату. Він базується на принципі найбільшої обережності, оскільки вибирають найкращу із найгірших стратегій A_i .

Якщо елементи платіжної матриці a_{ij} характеризують виграш (корисність) ОПР, то для визначення оптимальної стратегії використовується максимінний критерій.

Для цього у кожному рядку матриці виграшів знаходять найменший елемент $\min_j a_{ij}$, а потім обирається стратегія A_i (рядок i), якій відповідає найбільше значення із цих найменших елементів, тобто стратегія A_{om} , яка визначає результат:

$$W = \max_i \min_j a_{ij}. \quad (1.7)$$

Якщо елементи платіжної матриці характеризують втрати ОПР, то для визначення оптимальної стратегії використовується мінімакний критерій.

Для цього у кожному рядку матриці втрат знаходять найбільший елемент $\max_j a_{ij}$, а потім обирається стратегія A_i (рядок i), якій відповідає найменше значення із цих найбільших елементів, тобто стратегія A_{opt} , яка визначає результат:

$$W = \min_i \max_j a_{ij}. \quad (1.8)$$

Критерій Севіджа (критерій мінімального ризику)

Критерій Севіджа пом'якшує надмірну “песимістичність” критерію Вальда шляхом заміни платіжної матриці (виграшів або втрат) матрицею ризиків R_A , елементи якої (r_{ij}) визначаються за формулою:

$$r_{ij} = \begin{cases} \max_k a_{kj} - a_{ij}, & \text{якщо } A - \text{виграш}, \\ a_{ij} - \min_k a_{kj}, & \text{якщо } A - \text{втрати}, \end{cases} \quad (1.9)$$

де ($i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n; k = 1, \dots, m$).

Незалежно від того, чи платіжна матриця A є виграшем або втратами, матриця ризиків R_A визначає величину втрат ОПР. Відповідно, до неї можна застосовувати лише мінімаксий критерій:

$$W = \min_i \max_j r_{ij}. \quad (1.10)$$

Критерій Севіджа рекомендує в умовах повної невизначеності обирати ту стратегію A_i , для якої величина ризику набуває найменшого значення у найнесприятливішій ситуації (коли ризик максимальний).

Застосування критерію Севіджа дозволяє уникнути великого ризику в процесі вибору стратегії, тобто мінімізувати можливі втрати.

Критерій Гурвіца (критерій песимізму – оптимізму)

Критерій Гурвіца (критерій узагальненого максиміну) охоплює різні підходи до прийняття рішень – від найбільш оптимістичного до найбільш песимістичного (консервативного). Базується на таких двох припущеннях: “природа” може знаходитись у найгіршому стані з ймовірністю $(1-\alpha)$ і у

найкращому стані із ймовірністю α , де α – коефіцієнт довіри (показник оптимізму). (с. 30)

Якщо платіжна матриця є матрицею виграшів (прибутку, корисності), то критерій Гурвіца формулюється таким чином:

$$W = \max_i \left\{ \alpha \max_j a_{ij} + (1 - \alpha) \min_j a_{ij} \right\} \quad (1.11)$$

Якщо платіжна матриця є матрицею втрат, то обирають стратегію, якій відповідає значення

$$W = \min_i \left\{ \alpha \min_j a_{ij} + (1 - \alpha) \max_j a_{ij} \right\} \quad (1.12)$$

Якщо $\alpha = 0$, критерій Гурвіца стає консервативним, оскільки його застосування є рівносильним застосуванню критерію Вальда.

Якщо $\alpha = 1$, критерій Гурвіца стає занадто оптимістичним, оскільки його застосування є рівносильним застосуванню критерію оптимізму (критерію максимаксу).

Критерій Гурвіца встановлює баланс між випадками крайнього песимізму й крайнього оптимізму шляхом надання їм відповідної ваги $(1 - \alpha)$ та α , де $0 \leq \alpha \leq 1$. Значення α може визначатись у залежності від схильності ОПР до песимізму або оптимізму. Якщо відсутня яскраво виражена прихильність, то вважають $\alpha = 0,5$.

Вибір критерію прийняття рішення в умовах повної невизначеності є найскладнішим і найвідповідальнішим етапом процесу розв'язання задачі. При цьому не існує будь-яких загальних порад чи рекомендацій. Вибір критерію ОПР повинна проводити із врахуванням специфіки задачі, що розв'язується, і відповідно до своїх цілей, а також базується на минулому досвіді та власній інтуїції.

Зокрема, якщо навіть мінімальний ризик є неприпустимим, то необхідно застосовувати критерій Вальда. Якщо ж навпаки певний ризик може мати місце і ОПР орієнтується на більший виграш – обирають критерій Севіджа.

Зведемо всі критерії оптимальності в табл. 1.2

Для вирішення поставленої задачі доцільно використати критерії Вальдо та критерії ризику Севіджа. Це зумовлено тим, що немає причин орієнтуватися на позитивний, тобто незмінний рівень інфляції.

Хоча ОПР визначає критерії згідно якому буде діяти, тому що кожна ситуація аналізується окремо.

Таблиця 1.2 – Характеристика критеріїв прийняття рішень в умовах повної невизначеності

Поведінка ОПР	Формула	Назва
Принцип недостатнього підґрунтя	$W = \max_i \left\{ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{ij} \right\}, \text{ якщо } a_{ij} - \text{виграш};$ $W = \min_i \left\{ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{ij} \right\}, \text{ якщо } a_{ij} - \text{втрати};$ $W = \min_i \left\{ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n r_{ij} \right\}, \text{ якщо } r_{ij} - \text{ризик}.$	Критерій Лапласа
Найбільша обережність	$W = \max_i \min_j a_{ij}, \text{ якщо } a_{ij} - \text{виграш};$ $W = \min_i \max_j a_{ij}, \text{ якщо } a_{ij} - \text{втрати}.$	Критерій Вальда (критерій гарантованого результату, максимінний, мінімаксний)
Найменша обережність	$W = \max_i \max_j a_{ij}, \text{ якщо } a_{ij} - \text{виграш};$ $W = \min_i \min_j a_{ij}, \text{ якщо } a_{ij} - \text{втрати}.$	Критерій оптимізму
Крайня обережність	$W = \min_i \min_j a_{ij}, \text{ якщо } a_{ij} - \text{виграш};$ $W = \max_i \max_j a_{ij}, \text{ якщо } a_{ij} - \text{втрати}.$	Критерій песимізму
Мінімальний ризик	$W = \min_i \max_j r_{ij}, r_{ij} - \text{ризик}.$	Критерій Севіджа
Компроміс в рішенні	$W = \max_i \left\{ \alpha \max_j a_{ij} + (1 - \alpha) \min_j a_{ij} \right\},$ <p style="text-align: center;">якщо a_{ij} – виграш;</p> $W = \min_i \left\{ \alpha \min_j a_{ij} + (1 - \alpha) \max_j a_{ij} \right\},$ <p style="text-align: center;">якщо a_{ij} – втрати.</p>	Критерій Гурвіца (критерій песимізму–оптимізму, критерій узагальненого максиміну)

1.4 Аналіз моделей виробництва в умовах нестабільності

Для того, щоб правильно вибрати метод економіко-математичного моделювання управління адаптацією виробничого потенціалу підприємства необхідно провести аналіз існуючих підходів для моделювання подібних спірних економічних ситуацій. Умовно математичні моделі, що містять елементи механізму адаптації, можна розділити на біхевіористичні, моделі виробничих функцій, моделі ринкової рівноваги, ігрові моделі, моделі динаміки макро-показників та моделі галузевої динаміки. Більшість з них допускає можливість використання методів явного та неявного пристосування, таким чином підвищуючи ефективність функціонування економічної системи за допомогою збільшення стійкості економічних процесів та надання їм більшої керованості. В цілому, механізму адаптації притаманні позитивні та негативні наслідки. Негативним наслідком є процес збільшення попиту на товар, що призводить до збільшення ціни на нього, та навпаки. Позитивним наслідком пристосування можемо назвати наступний зв'язок: підвищення прибутку деякої галузі економіки спричиняє збільшення в цій галузі суб'єктів виробництва, а також, відповідно, збільшення величини пропозиції, та навпаки. Позитивні зворотні та негативні зв'язки відомих механізмів адаптації не мають достатньої гнучкості, вони не передбачають будь-яких змін у процесі пристосування, а отже, вони не є універсальними. Завдяки цьому стає зрозумілим, чому економіко-математичні моделі, що побудовані за допомогою класичних підходів, виявляються неадекватними в сучасних умовах господарювання.

Класичні математичні моделі розв'язання спірних економічних процесів чи ситуацій не враховують те, що дестабілізуючий чинник може інколи призвести до зміни критерію оптимальності.

Крім того, теорія класичного економіко-математичного моделювання відхиляє ідею самостійного еволюційного знаходження оптимального управлінського рішення.

Адаптація, в свою чергу, перетворюється на складову процесу управління, а, отже, вже не має вигляду епізодичних адаптивних дій.

Недолік методу аналізу чутливості полягає в тому, що він досліджує випадок змінення лише одного параметру цільової функції, який є неадекватним до реальності. Крім того, одночасне змінення значень декількох параметрів цільової функції моделі у межах відповідних їй діапазонів стійкості розрахованого оптимального рішення в більшості випадків призводить до його зміни.

Априорну невизначеність можемо звести до параметричного вигляду, коли ми знаємо закони розподілу ймовірностей значень параметрів задачі з точністю до кінцевого числа. Метод параметричного програмування дає можливість дещо усунути недоліки аналізу чутливості та дізнатися інтервали стійкості оптимального рішення для кожного з коефіцієнтів цільової функції. Крім того, методом параметричного програмування знаходиться оптимальний розв'язок при виході значень параметрів за межі інтервалу стійкості рішення.

Цей метод також використовують для розв'язання задач, які піддаються характерному коливанню параметрів обмежень у певних інтервалах.

Варто зауважити, що суттєвим недоліком методу параметричного програмування є можливість його застосовування лише у випадку чіткого виділення змінної, від якої залежать параметри цільової функції або обмежень задачі. Отже, цей метод подолання невизначеності параметрів економічної системи не може дати належного ефекту, оскільки він обмежується припущенням про відповідність певному значенню змінної лише однієї комбінації параметрів. На практиці ж зміна параметрів соціально-економічної системи відбувається одна від одної незалежно, або неможливо визначити між ними явну функціональну залежність.

Одним з методів подолання параметричної невизначеності є метод, що запропонував У.Р. Ешбі [36], що виявляється у випадковому переборі можливих значень невідомих параметрів та перевіркою “якості” вибраного параметра. Цю ідею У.Р. Ешбі застосував при моделюванні явища гомеостазу.

Загалом, можна здійснювати управління соціально-економічною системою за допомогою програми на підставі апріорної інформації, що реалізується для всього періоду функціонування системи, або ґрунтуючись на процедурах адаптивного та рекурентного оцінювання, з метою усунення апріорної параметричної невизначеності та використовуючи методи управління, які враховують зворотні зв'язки. У випадку використання адаптивних механізмів управління процедура прийняття рішень не зводиться до одиничного акту, а продовжується під час спостереження за системою, якою управляють.

Невизначеність під час прийняття рішень не дає змоги точно визначити вплив управлінських рішень на цільову функцію. Якщо невизначеність, яка існує у виробничій системі та у навколишньому середовищі, можна подати у вигляді стохастичних процесів, то до вирішення таких задач переважно застосовують математичні методи стохастичного управління та моделювання. Проте є значне коло ситуацій, у розв'язанні яких застосування стохастичних методів прийняття рішень не дає належних результатів, і, навіть, виявляється неефективним. Така неефективність методів стохастичного програмування, пов'язана насамперед з невідповідністю набору стандартних понять ймовірності і стохастичних методів реальним умовам функціонування підприємства та проходження виробничого процесу. На практиці натрапляємо також на труднощі отримання необхідної статистичної інформації та суттєвою нестационарністю процесів, які відбуваються в системі. Крім того, джерело невизначеності не завжди має випадковий характер, воно може бути або частково, або повністю детермінованим.

В дослідження питань адаптивного планування, в розвиток методів економіко-математичного моделювання процесів адаптації зробили вагомий внесок і українські вчені. Детальніше розглянемо запропоновані ними економіко-математичні моделі до управління адаптацією.

Сучасний підхід до управління адаптацією підприємств до умов навколишнього середовища — застосування генетичних алгоритмів. До

сучасних вітчизняних вчених, прихильників цього підходу відноситься Коновалова С.О. Вона пропонує застосувати методи генетичних алгоритмів • для вирішення задач пристосування в економіці. Застосування генетичних алгоритмів передбачає специфічне формулювання задачі, де адаптацію розглядають як іманентну властивість економічної системи. Вважають, що економічна система, функціонуючи в динамічному зовнішньому середовищі, сама знаходить оптимальний стан не потребуючи управління шляхом самонавчання.

Адаптивне управління застосовується з метою прискорення природного механізму пристосування економічної системи до навколишнього середовища, а економіко-математичне моделювання є методом спостереження еволюційних етапів саморозвитку для подальшого використання в процесі управління пристосуванням [12].

Запропонована модель структурної адаптації, покликана знаходити оптимальну диверсифіковану стратегію підприємства в умовах нестабільності оточення набула вигляду:

$$\sum_{i=1}^m \lambda_i = 1 \quad (1.13)$$

де λ_i — частка i -го напрямку діяльності в загальному обсязі виробничої діяльності підприємства; m - кількість напрямів діяльності підприємства; $\lambda_{1t} \dots \lambda_{2t} \dots \lambda_{it}$ - вектор, який визначає стратегію диверсифікації підприємства в момент часу t .

Набір двоїстих рядків, які шифрують коефіцієнти диверсифікації, приймають за популяцію, тобто:

$$q_{it} = \lambda_{it} X, \quad (1.14)$$

де q_{it} - обсяг продукції, яку виробляють на i -му напрямі діяльності

підприємства в момент часу t ; X - загальний обсяг продукції, яку виробляє підприємство.

$$p_t = \frac{\sum_{i=1}^n q_{it} - a_i}{b_i}, \quad i = 1, \dots, n. \quad (1.15)$$

$$C_{it} = x * q_{it} + \frac{1}{2}y(q_{it})^2 \quad (1.16)$$

Тут p_t - ціна, яка встановлюється на ринку залежно від його насиченості в момент часу t .

Де C_{it} - витрати галузі в момент часу i по кожному напрямку діяльності; x і y - параметри кривої граничних витрат по відповідному напрямку діяльності.

$$\Pi_{it} = p_{it} * q_{it} - C_{it} \quad (1.17)$$

Тут Π_{it} - прибутковість i -го напрямку діяльності підприємства момент часу t .

Крім того, накладається додаткове обмеження на собівартість продукції

$$C_{\min} \leq C_i \leq C_{\max}$$

де C_{\min} і C_{\max} – мінімальне і максимальне значення собівартості кожного виду продукції.

Недоліком застосування генетичних алгоритмів є те, що тільки фахівець може правильно сформулювати задачу та визначити критерій, за яким відбуватиметься відбір хромосом. Тому сьогодні генетичні алгоритми не знайшли широкого застосування на практиці.

Варта уваги модель визначення оптимальної траєкторії функціонування виробничо-економічної системи з врахуванням адаптаційного потенціалу. Головними категоріями стають поняття зони маневрування та поняття стійкості економічної системи. Під стійкістю системи вважають властивість системи повертатись до розрахункового стану, незважаючи на вплив навколишнього середовища. Також пропонують розглядати як основний засіб адаптації можливість створення запасів матеріальних ресурсів і готової продукції.

Поставлена задача - задача адаптивного планування, вона не враховує можливості непередбачуваних збурень у навколишньому середовищі, які матимуть вплив на досягнення системою поставлених цілей і вирішується за допомогою методів стохастичного програмування.

Звертають також увагу на той факт, що основу ефективного виробництва становить оптимальне використання підприємством його виробничого потенціалу. У цьому разі розглядають лише одну його складову – основні

виробничі фонди – опускаючи інші. Визначають основну задачу адаптивного управління виробничим потенціалом знаходження такого темпу приросту основних виробничих фондів, який би забезпечував максимізацію прибутку підприємства. Приріст основних фондів залежить від прибутку підприємства в цьому періоді та амортизаційних відрахувань у попередньому, крім того, визначається також і схильність керівника до інвестування у купівлю нових основних фондів.

Пропонуємо проведення коригування оптимальної траєкторії руху виробничо-економічної системи шляхом розв'язання задачі розподілу виробничої програми підприємства [20]. Особливостями запропонованого методу є створення та регулювання системи буферного запасу готової продукції. За критерій оптимізації розподільчої задачі приймають рівномірність завантаження виробничого обладнання. Для врахування випадкових збурень зовнішнього середовища, які впливають на виробничий потенціал підприємства, а саме, збоїв у постачанні матеріальних ресурсів і коливання їхньої якості, деякі параметри задачі вважають імовірнісними величинами. У зв'язку з нерівномірністю поставок створюється буферний запас готової продукції, який у разі потреби забезпечує зменшення втрат за можливих відхилень від запланованого обсягу виробництва. Його величина має ймовірнісний характер і залежить від забезпечення виробництва матеріальними ресурсами.

Недолік такого підходу до управління адаптацією виробничого потенціалу підприємства - оптимізаційна задача розв'язується через використання усереднених показників. Крім того, запропонований підхід не враховує, крім випадкових коливань сировинного потенціалу, інших складових виробничого потенціалу, а саме - промислово-виробничого персоналу підприємства та виробничого обладнання, а також їхній взаємозв'язок [20].

До реальних соціально-економічних систем одночасно входять параметрами різні за своєю природою. Це і детермінована, і статистична, і

інтервальна, і лінгвістична інформація тощо.

Адекватно враховувати всю інформацію в процесі управління системою допомагає теорія нечітких множин [40, 52]. За допомогою функцій належності можливо призвести величини зі строго детермінованими значеннями, величини з визначеним інтервалом зміни, величини з заданим статистичним законом розподілу та лінгвістичні описи в єдину форму.

Кількісні методи прийняття рішень, наприклад, мінімаксна теорія, максимізація правдоподібності та методи максимізації сподіваної корисності, теорія ігор тощо, які використовуються для розв'язання економічних проблем, дають підстави визначити оптимальне рішення в умовах повної визначеності або в умовах невизначеності лише одного виду. Крім того, значним недоліком класичних математичних методів є те, що вони ґрунтуються на досить спрощених моделях, щоб полегшити процес прийняття рішення. Обмеження в економіко-математичній моделі задають занадто „жорстко”, що не відповідає реальності. Все це призводить до неправильного прийнятого рішення.

Неправильним для оперування з невизначеними величинами є застосування апарату теорії ймовірності. Відповідно до теорії ймовірності фактично проводиться ототожнення всіх видів невизначеності з випадковістю, що не відповідає дійсності, тому, що на практиці головним джерелом невизначеності при прийнятті управлінських рішень є нечіткість параметрів системи, їхня „розпливчастість”. Основна відмінність між теорією ймовірностей та теорією нечітких множин полягає у тому, що поняття нечіткості відноситься до класів, коли, крім повної належності або неналежності об'єкта до множини

Рівень інфляції та її вплив піднімає запитання про накопичування капіталу у невизначеності. Потрібно врахувати всі чинники, щоб зберегти свій капітал, як мінімум, а щонайкраще збільшити його.

Обсяг грошової маси в обігу має надзвичайно важливий вплив на стан виробництва в країні. Скорочення реальної грошової маси змушує нерентабельні підприємства знижувати витрати і скорочувати обсяги

виробництва. Це призводить до зниження ВВП. Регулювання грошової маси країни відбувається відповідно до такої залежності:

$$H(t) = k * p(t) * q(t) \quad (1.18)$$

де H - величина грошової маси; O - валовий внутрішній продукт;

P - рівень цін; k - ситуативний коефіцієнт.

Визначають ситуативний коефіцієнт так:

$$k = (I_1 - I_2)(L_1 - L_2) * B \quad (1.19)$$

Тут L_1, L_2 , — процентні ставки у країні та за кордоном; I_1, I_2 , - очікувані темпи інфляції у країні та за кордоном (у певній іноземній державі); B - сальдо торгового балансу.

Згідно з теорією паритету купівельної спроможності з наведених залежностей можна зробити висновок, що із збільшенням грошової маси і зменшенням ВВП, купівельна спроможність буде знижуватися.

Розширення грошової маси, що постійно відбувається внаслідок девальвації, може призвести до монетарного шоку (наприклад, при масових виплатах бюджетних заборгувань) у динаміці валютного курсу. Проста модель, яка відображає невизначеність у поведінці валютного курсу має таке графічне зображення 1.2

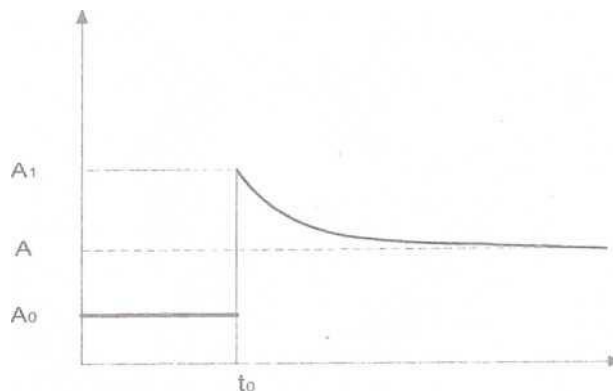


Рисунок 1.2 Динаміка валютного курсу внаслідок монетарного шоку

2 ПОСТАНОВА ЗАДАЧІ ТА ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ

2.1 Побудова економіко-математичної моделі

Сформульована Солоу у 50-60-ті рокихх століття концепція зумовила заміну кейнсіанської моделі Харрода-Домара неокласичною теорією зростання. Розглянемо її основні характеристики. Солоу наочно показав, що нестабільність динамічної рівноваги в кейнсіанських моделях була передовсім наслідком невзаємозамінності ресурсів. Тому замість функції В.Леонт'єва він використав виробничу функцію Кобба-Дугласа, в якій, зокрема, жива праця і капітал є субститутами[52].

Найбільше підходить для металургійного виробництва двофакторна виробнича функція Кобба-Дугласа, параметри якої можливо визначити по статистичним даним.

$$Y = AK^{b_1}L^{b_2}. \quad (2.1)$$

Після обробки даних по компаніям за 2017 рік за допомогою надбудови «Регресія» та логарифмування отриманих параметрів виробничої функції Кобба-Дугласа для цих підприємств отримана така виробнича функція [54]:

$$Y = AK^{0,623}L^{0,377} \quad (2.2)$$

На металургічних підприємствах Україна в 2017р найбільш відносний вплив на випуск продукції з боку затрат капіталу, а збільшення затрат праці мало впливає на об'єм виробництва.

Модель Солоу ґрунтується на гіпотезі спадаючої продуктивності капіталу, постійній віддачі від масштабу (сума коефіцієнтів при K і L дорівнює 1), незмінності норми вибуття (амортизації) і відсутності інвестиційних лагів. Взаємозамінність чинників виробництва пояснюється не лише технологічними умовами, але й неокласичною передумовою про досконалу конкуренцію на ринках ресурсів. Особливістю використання функції Кобба-Дугласа в моделі

Солоу є те, що всі параметри (продуктивність, обсяг капіталу тощо) приймаються в розрахунку на одиницю праці. Тому Солоу позначає: $y = Y/L$, $k = K/L$, де y – випуск; k – капітал на одного працівника: $y = f(k)$. Тангенс кута нахилу кривої виробничої функції відповідає граничному продукту капіталу MP_k , який спадає зі зростанням обсягу капіталу (див. рис. 2.1).

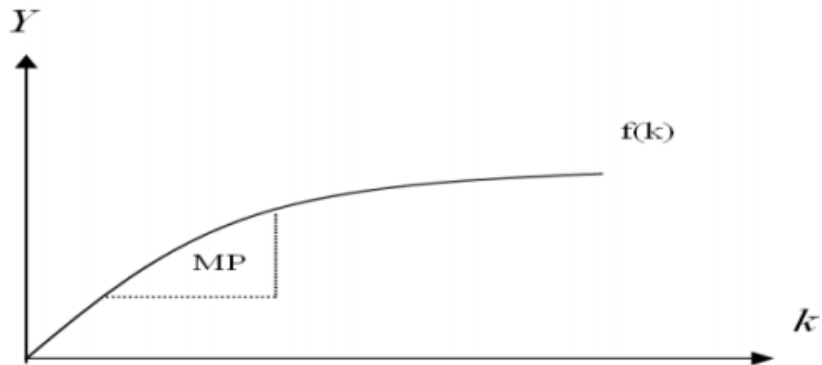


Рисунок 2.1 Виробнича функція

Оскільки державна закупівля не враховується, то сукупний попит визначається інвестиціями і споживанням: $y = i + c$, (2) де c – споживання, i – інвестиції в розрахунку на одиницю праці; $c = (1 - s)y$, (3) де s – норма заощадження (накопичення); $y = i + (1 - s)y \Rightarrow i = sy$. (4) Це означає, що в умовах рівноваги інвестиції дорівнюють заощадженням і пропорційні доходу. Але оскільки $y = f(k)$, то $i = sf(k)$ (див.рис.2.2).

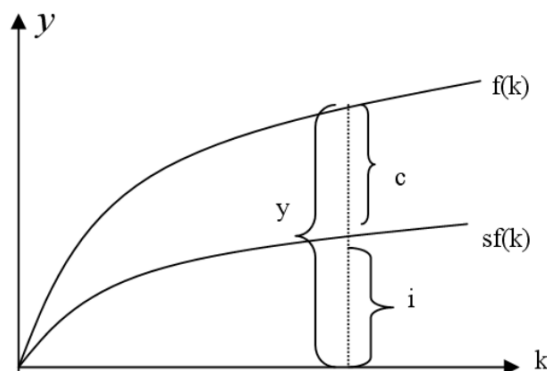


Рисунок 2.2 Виробництво, споживання, інвестиції в моделі виробництва

Через те, що в моделі Солоу норма вибуття покладається постійною, то вона пропорційна капіталу δk і може зображатись променем, який виходить з початку координат з кутовим коефіцієнтом δ (див рис. 2.3)

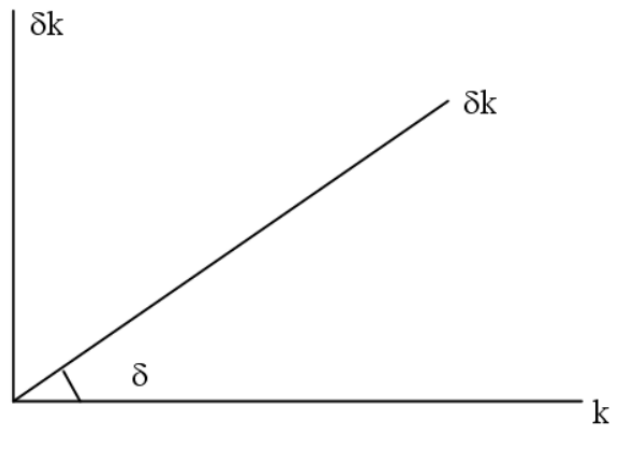


Рисунок 2.3 Вибуття капіталу

В умовах рівноваги інвестиції дорівнюють вибуттю: $sf(k) = \delta k$. Рівноважний рівень обсягу капіталу позначається k^* (див. рис. 2.4).

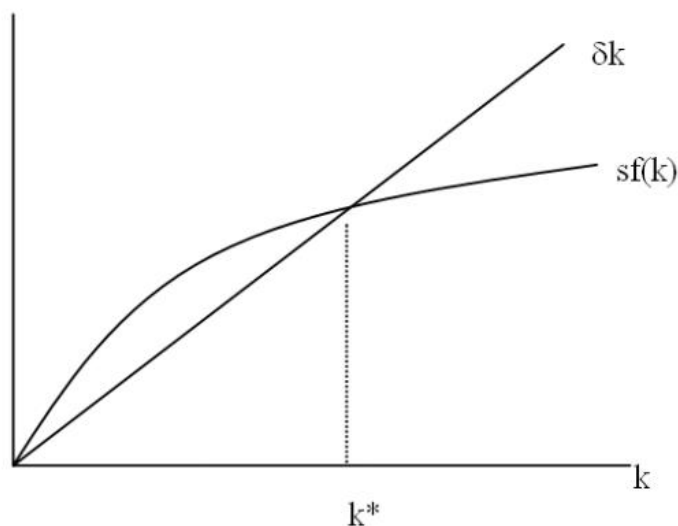


Рисунок 2.4 Рівноважне зростання в моделі Солоу

Рівновага в моделі Солоу стійка. Це означає, що в разі виникнення невідповідності інвестицій вибуттю модель прямує до рівноважного стану. Якщо $k_1^* < k$, то валові інвестиції будуть більшими вибуття: $sf(k) > \delta k$. Тобто, чисті інвестиції збільшать запас капіталу, внаслідок чого обсяг капіталу зросте $k_1^* \rightarrow k$. Навпаки, якщо $k_2^* > k$, то валові інвестиції (що є від'ємними) зменшать запас капіталу внаслідок чого обсяг капіталу зменшиться $k_2^* \rightarrow k$ (див. рис. 2.5).

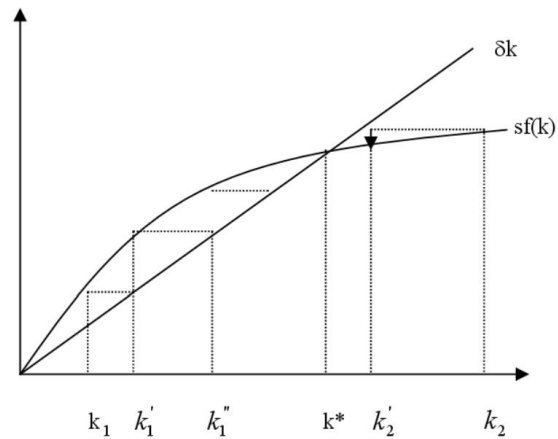


Рисунок 2.5 Стійкість рівноважного зростання в моделі Солоу

Норма заощадження безпосередньо впливає на стійкий рівень капіталоозброєності праці. Зростання норми заощадження (наприклад від s_1 до s_2) зсуне криву інвестицій догори з положення $s_1 f(k)$ до $s_2 f(k)$ (див. рис. 2.6). Відповідно це призведе до підвищення стійкого рівня обсягу капіталу від k_1^* до k_2^* .

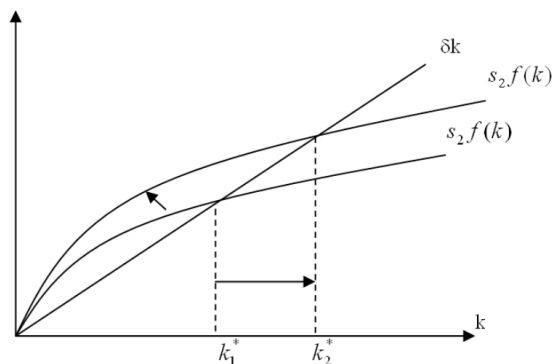


Рисунок 2.6 Збільшення норми заощадження

Збільшення норми заощадження в короткотерміновому періоді зумовить прискорення економічного зростання і буде продовжуватися до тих пір, доки економіка не досягне точки нової стійкої рівноваги. Без сумніву, ні процес накопичення, ні збільшення норми заощадження не пояснює сам механізм неперервного економічного зростання. Вони лише показують можливість переходу від одного стану рівноваги до іншого. Тому Солоу вводить в модель зростання населення і технічний прогрес. Очевидно, що зростання населення, як і вибуття, знижує капіталоозброєності, бо наявний запас капіталу має

розподіляться між збільшеною кількістю працівників. Якщо ж ми прагнемо не лише підтримувати існуючий рівень продуктивності праці, але й підвищувати її ефективність, то необхідно виділяти додаткові кошти на збільшення обсягу капіталу. Все це призведе до того, що кут нахилу променя, що виходить з початку координат, буде включати не лише вибуття (δ), але й темпи зростання населення (n), і технічний прогрес (g). Стійка рівновага з урахуванням зростання населення і технічного прогресу зображена на рис. 2.7.

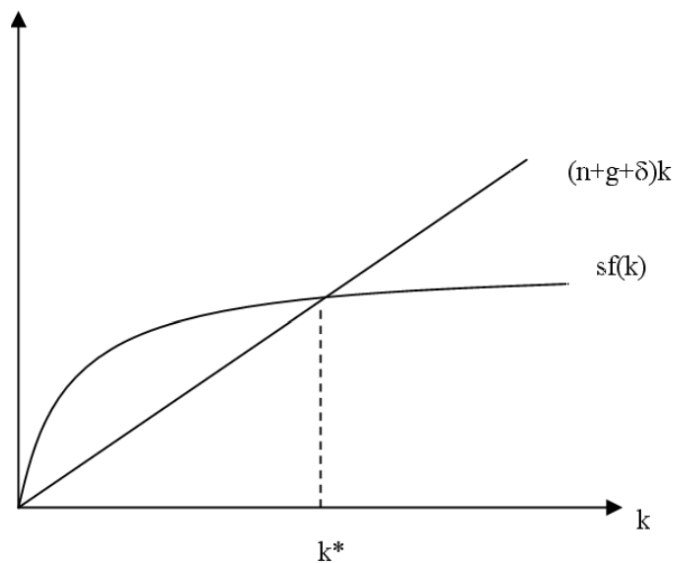


Рисунок 2.7 Рівноважне зростання з урахуванням зростання населення та технічного прогресу

Інфляція після досягнення певного рівня є досить поганим чинником для економічного зростання, проте кількісне значення цього рівня на практиці важко однозначно визначити. Але можна шляхом моделювання побачити наскільки це значення вплине на виробництво.

По-перше, імовірна неоднорідність країн не може бути повністю охоплена показниками, які є в моделях. По-друге, показники, що визначають економічне зростання можуть бути пов'язані між собою. Приклад слугує зв'язок між інфляцією та рівнем інвестицій до ВВП – модель одночасно використовує дві змінні, які пов'язані між собою. Частина ефекту від інфляції може впливати, як частина інвестицій у ВВП, знижуючи загальний вплив інфляції[48].

Це дозволяє позбутися певної невизначеності у даних та оцінці впливу інфляції. Імовірний кількісний вплив інфляції буває доволі незначним. Так, у дослідженні Барро[49], збільшення інфляції на 10 відсотків зменшує річні темпи зростання ВВП лише на 0,2-0,3%, що відчутно на довгостроковий період, але виглядає як не дуже суттєвий короткотерміновий. Тому окрім загальних досліджень на багатьох країнах варто розглянути детальніше і оцінки економіки інших країн з цього питання.

Перші значні емпіричних досліджень великих груп країн було проведено у 1990-ті [49]. Вони показали, що чим більша інфляція, тим гірше корелює з економічним зростанням та, що причино-наслідковий зв'язок йде значною мірою від інфляції до зростання, а не навпаки. Але ці негативні впливи можуть бути лише, якщо вони перейшли пороговий рівень країни. Пороговий рівень відрізняється для різних країн, зокрема є нижчим для розвинених економік в порівнянні з країнами, що розвиваються та для країн з низькими рівнями доходу.

Незважаючи на те, що у дослідженнях використовуються різні групи країн, часові періоди та різні специфікації економетричних моделей, результат є доволі стабільним – пороговий рівень інфляції для країн подібних за рівнем економічного розвитку до України він імовірно становить дещо менше 10% інфляції на рік. За даними НБУ інфляція за 2017рік склала 13.7%. [48]

Додаткова невизначеність з дуже високою імовірністю призведе до цілої низки змін у перерозподілі наявних ресурсів. Наприклад, якщо ставки по депозитах не встигають за прискоренням інфляції, то може бути більш вигідним забрати гроші з банківської системи та вкласти у активи, що зазвичай зростають у ціні при інфляції – від іноземної валюти до товарів тривалого користування. Чим вищою є невизначеність, тим більшою має бути премія за ризик при ухваленні довготермінових контрактів з фіксованими номінальними показниками, що має скоротити кількість таких контрактів. Також проблемою може бути варіант, коли різні групи економічних агентів вимагають різну премію за ризик – наприклад, якщо власники депозитів закладають вищу

премію за ризик аніж позичальники. У цьому випадку виникає проблема, що деякі проекти можуть бути не профінансовані[49].

Поточна висока інфляція може призводити до очікувань високої інфляції та значного коливання інфляції у майбутньому. Також на очікування майбутньої високої інфляції впливатиме невпевненість населення у бажанні або спроможності влади проводити політику по приборканню інфляції[52].

Основні економічні теорії, що роблять спробу дослідити вплив інфляції на реальні змінні, які викладають на початкових курсах, зазвичай оцінюють вплив інфляції як позитивний у короткотерміновому періоді. Це може бути результатом того, які саме часові періоди і які країни досліджували такі економісти як Філіпс та Кейнс, а саме – період золотого стандарту, коли інфляція могла бути лише доволі короткою і за нею слідувала дефляція для зменшення зовнішніх дисбалансів.

Проблеми оцінки майбутніх ризиків можуть мати негативний вплив на інвестиції – один з важливих рушіїв сталого економічного зростання.

Беручи до уваги досліджувані теорії зміни ціни від інфляції, ціна за товар на наступний квартал розраховується за формулою, як початкова ціна і відсоток доданий до ціни з інфляцією, таким чином із зростом інфляції, ціна на товар також буде збільшувати. І так само і для дефляції – якщо рівень цін в країні буде зменшуватись, то і ціна на товар буде зменшуватись

$$p(t) = p + p(t) * I_i, \quad (2.3)$$

де $p(t)$ – ціна на товар у теперішньому кварталі,

p – початкова ціна,

I_i – інфляція.

Щоб не було надлишку товару на складі, який не врахований в моделі, кількість продукції, яка потрібна на майбутній квартал розраховується із урахуванням попиту на товар. Кількість товару для першого кварталу підприємство виготовляє згідно моделі виробництва минулого року.

$$q(t) = p + S(t) \quad (2.4)$$

де $q(t)$ – кількість виготовленого продукту,

$S(t)$ – коефіцієнт еластичності попиту.

Домовимосся заздалегідь, що попит залежить лише від впливу і динаміки ціни, тоді як всі ж інші фактори будуть змінними лише тоді, коли про це зазначено. Але для данної моделі інші фактори я не включав, тому попит розраховується, як відношення кількості товару на вже змінену ціну зумовленою інфляцією.

Попит - це бажання і здатність покупців купувати певні обсяги тих чи інших благ за певних цінах. Базою для виникнення попиту є потреби споживачів. Проте для задоволення цих потреб необхідні певні кошти. Тобто попит можна визначити як платоспроможну потребу споживачів у деяких благах. Тому вираз „платоспроможний попит" є суто публіцистичним штампом, а з економічної точки зору даний вираз є тавтологією, оскільки категорія „попит" передбачає наявність платоспроможності. Якщо попит є неплатоспроможним, то це не попит, а всього лише бажання.

Максимальну ринкову ціну, за якою деякі споживачі ще згодні придбати дане благо, називають ціною попиту. Певну кількість блага, відповідну цій ціні називають величиною попиту. Між ринковою ціною блага і тією його величиною, на яку є попит, завжди існує певне співвідношення, і воно є оберненим. Зворотний взаємозв'язок між ціною та величиною попиту (чим більша ціна попиту, тим менша його величина, і навпаки) називають законом попиту.

Міркування споживачів щодо темпів інфляції в майбутньому, зміни відносної вартості товарів, наявності товарів у магазинах, зміни майбутнього доходу можуть суттєво змінювати попит на ті чи інші товари. Наприклад, очікування значних темпів інфляції, як це було на початок 90-их років у нашій країні [49], стимулює витрачання всіх наявних коштів на покупку різних товарів. Отже, можна зробити висновок, що зміна очікувань і доходів споживачів, а також числа споживачів на ринку та цін на товари приводить до того, що споживачі за тими ж самими цінами купують більшу (або меншу), ніж раніше кількість одиниць даного товару.

Граничні витрати - це такі витрати, які обумовлені витратами на виробництво додаткової одиниці продукції по відношенню до раніше випущеним її обсягом. Однак отримати величину граничних витрат непросто. Це обумовлюється тим, що залучення додатково того чи іншого ресурсу, на який здійснюються витрати, у різних ситуаціях може викликати досить нерівномірні прирощення обсягу випускається. Тому необхідно знати величину граничного продукту, який являє собою приріст випуску продукції, викликане залученням у виробництво додаткової одиниці того чи іншого ресурсу при незмінному обсязі використання інших ресурсів. Отже, граничні витрати можна отримати шляхом ділення приросту повних загальних витрат, витрачених на залучення додаткової одиниці ресурсу, на величину фізичного граничного продукту.

$$C(t) = x * q(t) + H(t), \quad (2.5)$$

де x – граничні витрати на товар,

$q(t)$ – кількість виготовленого продукту,

$H(t)$ – величина грошової маси.

В формулі (2.4) описані затрати на виробництві, як граничні витрати на один товар і враховано грошову масу в країні. Щоб якнайменше зменшити обсяги виробництва при інфляції потрібно врахувати це в моделі.

Обсяг грошової маси в обігу має надзвичайно важливий вплив на стан виробництва в країні. Скорочення реальної грошової маси змушує нерентабельні підприємства знижувати витрати і скорочувати обсяги виробництва. Це призводить до зниження ВВП. Регулювання грошової маси країни відбувається відповідно до такої залежності:

$$H(t) = k * p(t) * q(t) \quad (2.6)$$

де H - величина грошової маси;

q – кількість продукції;

p - рівень цін;

k - ситуативний коефіцієнт.

Визначають ситуативний коефіцієнт так:

$$k = I_i(L_1 - L_2) * B \quad (2.7)$$

Де L_1 , L_2 — процентні ставки у країні та за кордоном;

I_i - очікувані темпи інфляції у країні;

B - сальдо торгового балансу.

Згідно з теорією паритету купівельної спроможності з наведених залежностей можна зробити висновок, що із збільшенням грошової маси і зменшенням ВВП, купівельна спроможність буде знижуватися. Тож це впливає на витрати на виробництві.

Розширення грошової маси, що постійно відбувається внаслідок девальвації, може призвести до монетарного шоку (наприклад, при масових виплатах бюджетних заборгувань) у динаміці валютного курсу[50].

Найтісніші економічні зв'язки в металургійній галузі із Китаєм, Європою, Італією та Польшею. Щорічні експортні поставки вугілля, а це близько 3-5млнт, приносить тільки із Донецьких заводів.

Отже, наше підприємство отримує прибуток за формулою нижче:

$$\Pi(t) = p(t) * q(t) - C(t) \quad (2.8)$$

Запропонована модель виробництва, покликана знаходити оптимальну кількість товару, яку клієнти куплять, а значить не потрібно виготовляти більше продукції ніж цього потребують, а також, максимальний прибуток підприємства в умовах нестабільності оточення набула вигляду (2.3-2.8). В побудованій моделі ОПР ніяк не впливає на жоден із показників, тож отриманий прибуток у кожен з кварталів – чистий прибуток, який ОПР витрачає на свої забаганки. А отже, виробництво товарів в моделі (2.3-2.8) описано, а щоб задати власне рішення потрібно звернутися до моделі Солоу.

Модель Солоу дозволяє оцінювати різні варіанти економічної політики держави, її вплив на рівень життя, прогнозувати, яка частина виробленого продукту повинна споживатися сьогодні, а яка його частина повинна зберігатися для збільшення споживання в майбутньому. Оскільки заощадження дорівнюють інвестиціям, то саме вони визначають обсяг капіталу, яким економіка буде мати у своєму розпорядженні в майбутньому.

У моделі показані, як зростання запасів капіталу і поліпшення технології впливають на обсяг виробництва, а отже, на темпи економічного зростання доходу в цілому.

ОПР може збільшити свій капітал за рахунок інвестицій, але у період коливань інфляції зробити це важко. Тож потрібно аналітично порахувати яку долю від капіталу треба вкладати на інвестиції. І зрозуміло, що щоб збільшити капітал – потрібно вкладати у виробництво. Тому, інвестиції мають складати якусь долю від капіталу:

$$I = sF(K, L) \quad (2.9)$$

$sF(K)$ – це доля від капіталу, яка піде на інвестиції. ОПР обирає яку частину доцільно вкладати на інвестиції. В даному випадку інвестиції ідуть на модернізацію виробництва. Але потрібно розуміти, що не можна постійно удосконалювати процеси виробництва, тому що його обмежує робоча сила, якої може просто не вистачити на додаткове облаштування, або ж технологічний аспект. В якийсь момент вдосконалення не принесе прибутку, а тільки буде підтримувати виробництво в теперішньому стані.

Отже, прибуток кожного кварталу формує капітал:

$$Y(t) = F(K, L) \quad (2.10)$$

Капітал можна розподілити таким чином:

$$F(K, L) = C + I \quad (2.11)$$

Де C – це розподіл долі капіталу на власне споживання,

I – інвестиції, які в наступному кварталі збільшать капітал.

Капітал формується, як гроші, що пішли на інвестиції і амортизацію капіталу

Щоб врахувати в прогнозній моделі фактор амортизації, припустимо, що щорічно вибуває певна частка капіталу (q - норма вибуття). Наприклад, якщо капітал експлуатується в середньому 25 років при нормі вибуття 5% в рік, то $\delta = 0,05$. Таким чином, кількість капіталу, що вибуває щороку, становить δk . Щорічно вибуває певна фіксована частина капіталу, тому вибуття пропорційно запасам капіталу.

$$\dot{K} = sF(K, L) - \delta K \quad (2.12)$$

δK – амортизація капіталу

Модель (2.2, 2.9-2.12) дає можливість до збільшення капіталу. Перед нами постає важливе питання: яку частину капіталу потрібно вкладати при нестабільному коливанні грошової маси та інфляції. А відповісти на це питання нам допоможе врахування ризиків. У розділі 1 описані критерії ризиків і доцільно взяти ті, які розраховані на песимістичну ситуацію. Цим параметрам відповідають гарантований прибуток за Вальдо та ризик за Сєвіджем.

2.2 Застосування моделі на підприємстві «Запоріжсталь».

Апріорну невизначеність можна звести до параметричного вигляду, коли закони розподілу ймовірностей значень параметрів задачі відомі з точністю до кінцевого числа. Метод параметричного програмування дає змогу дещо усунути недоліки аналізу чутливості та визначити інтервали стійкості оптимального рішення для всіх коефіцієнтів цільової функції. Крім того, за допомогою методу параметричного програмування можна знайти оптимальні розв'язки при виході значень параметрів за межі інтервалів стійкості рішення.

Цей метод використовують також для розв'язання задач, для яких характерне коливання параметрів обмежень у певних інтервалах.

Загалом, можна здійснювати управління соціально-економічною системою за допомогою програми на підставі апріорної інформації, що реалізується для всього періоду функціонування системи, або ґрунтуючись на процедурах адаптивного та рекурентного оцінювання, з метою усунення апріорної параметричної невизначеності та використовуючи методи управління, які враховують зворотні зв'язки. У випадку використання адаптивних механізмів управління процедура прийняття рішень не зводиться до одиничного акту, а продовжується під час спостереження за системою, якою

управляють.

Невизначеність під час прийняття рішень не дає змоги точно визначити вплив управлінських рішень на цільову функцію. Якщо невизначеність, яка існує у виробничій системі та у навколишньому середовищі, можна подати у вигляді стохастичних процесів, то до вирішення таких задач переважно застосовують математичні методи стохастичного управління та моделювання. Проте є значне коло ситуацій, у розв'язанні яких застосування стохастичних методів прийняття рішень не дає належних результатів, і, навіть, виявляється неефективним. Така неефективність методів стохастичного програмування, пов'язана насамперед з невідповідністю набору стандартних понять ймовірності і стохастичних методів реальним умовам функціонування підприємства та проходження виробничого процесу [12]. На практиці натрапляємо також на труднощі отримання необхідної статистичної інформації та суттєвою нестаціонарністю процесів, які відбуваються в системі. Крім того, джерело невизначеності не завжди має випадковий характер, воно може бути або частково, або повністю детермінованим.

Для розуміння природи ризику вагоме значення має зв'язок ризику і прибутку. Щоб одержати прибуток, підприємець повинен свідомо піти на прийняття ризикового рішення, адже поряд з ризиком втрат існує можливість одержання додаткових доходів. Можна вибрати рішення, що містить менше ризику, при цьому отримаємо і більший прибуток; вищий ризик найчастіше пов'язаний з одержанням більшого прибутку. Отже, зв'язок ризику і прибутку простежується в наступних положеннях[51]:

- ризик втрат чи можливість отримання додаткових доходів;
- менше ризику – менший прибуток; вищий ризик – більший прибуток;
- нульовий ризик забезпечує найменший прибуток;
- прийняття рішень залежить від переваг між прибутковістю вкладених коштів та їх надійністю, що розуміється як неризикованість одержання доходів.

Рішення про прийняття ризикованого проекту залежить від переваг між прибутковістю вкладених коштів у проект та їх надійністю, що розуміється як

не ризикованість одержання доходів. Така перевага відбивається в кривій переваг. Для цього будується карта переваг між очікуваною комерційною ефективністю вкладених коштів (прибутковістю) – Д, рентабельністю – F та ризиком – Р (рис. 2.8.).

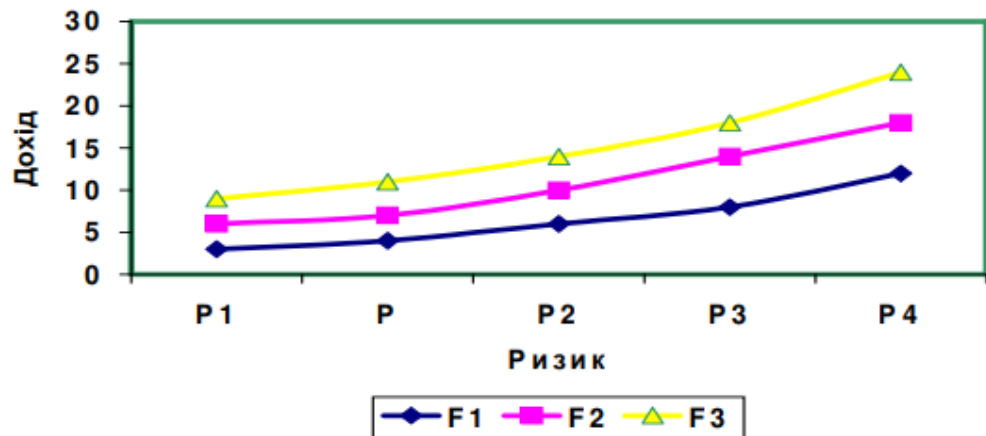


Рисунок 2.8 Карта переваг

Карта будується на основі оброблених даних аналізу рішень, що приймалися раніше. Зображені криві — криві переваг (криві байдужності), кожна з них відбиває рівнопереважаючі для підприємця при даному рівні задоволеності пари очікуваної ефективності і ризикованості рішення. Прийнятних рівнів корисності (задоволеності) може бути кілька. При цьому найнижчий з усіх прийнятних — рівень F1, а найвищий F3. Рівень F1 нижчий, ніж рівень F2, тому що при одній і тій же прибутковості рішення (Д1) очікуваний ризик такий:

- у першому випадку (для F1) величина ризику дорівнює P2,
- ризик у другому випадку (для F2) дорівнює P1, і $P2 > P1$.

Поеднання очікуваної рентабельності рішення і його ризикованості, що відповідають одній з точок кривої переваг для рівня F3, виявляється тоді за рахунок вищої очікуваної прибутковості (Д2) вкладень у дане рішення (хоча і при більшому ризикі Р) більш привабливим для підприємця і відповідає рівню корисності для нього.

Для вибору обґрунтованого варіанту управлінського рішення в умовах ризику використовується алгоритм експертизи кожного альтернативного варіанту, представлений на рис. 2.9.

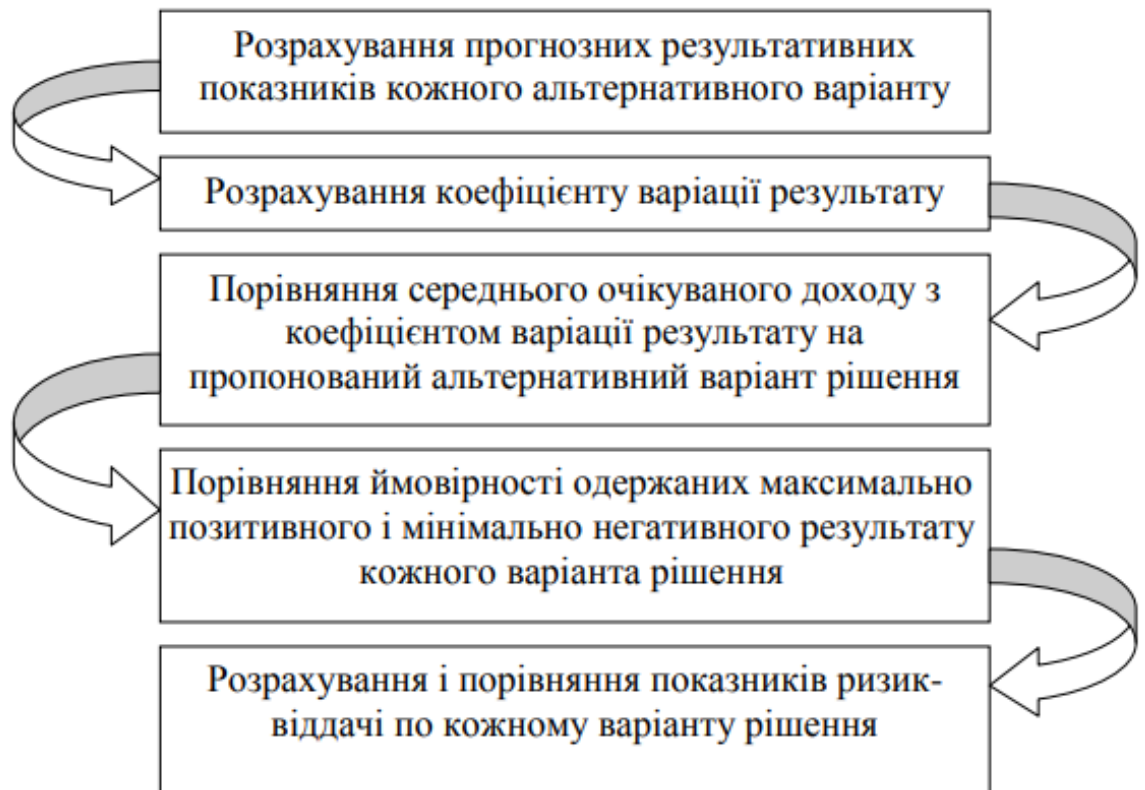


Рис.2.9. Алгоритм експертизи кожного альтернативного варіанту господарського рішення

Позитивне рішення приймається тільки у випадку відсутності сумнівів, якщо вони є, то варто прийняти негативне рішення. При ухваленні управлінського рішення необхідно орієнтуватися тільки на найгірший варіант, тобто прогноз розвитку ситуації повинний завжди бути песимістичним.[51]

Це стимулює розробку максимальної кількості альтернативних рішень, спрямованих на мінімізацію ризику, з яких необхідно вибрати найбільш ефективне чи оптимально прийнятне для даного підприємства в даній конкретній ситуації.

На першому етапі розраховуються прогнозні значення результативних показників кожного альтернативного варіанта господарського рішення. Для цього використовуються різні методи прогнозування рішення.

На другому етапі розраховується коефіцієнт варіації результату.

На третьому етапі порівнюється середній очікуваний дохід з коефіцієнтом варіації на пропонований альтернативний варіант рішення. Якщо коефіцієнт варіації результату не перевищує 25%, то середній очікуваний результат може бути визначений як типова характеристика розподілу. У цьому випадку вибір альтернативного варіанта можна здійснювати за критерієм максимально очікуваного результату. Якщо запропонована умова не виконується, то середній очікуваний результат не може бути критерієм вибору і доцільно продовжити вивчення інших альтернативних варіантів рішення[51].

На четвертому етапі здійснюється порівняння ймовірності одержання максимально позитивного і мінімально негативного результату кожного варіанта рішення. Менш ризикованим відповідно до правил оптимальної мінливості результату варто вважати варіант рішення з мінімальним діапазоном між позитивним і негативним результатом його реалізації. На заключному етапі розраховуються і порівнюються показники ризик-віддачі по кожному варіанту рішення. Критерієм вибору є максимальне значення коефіцієнта ризик-віддачі.

У випадку, коли питання розподілу ймовірностей не вирішене, то використовують класичні критерії прийняття рішень в умовах невизначеності. Один з них – критерій Вальда (критерій крайнього песимізму). Критерій орієнтує особу, яка приймає рішення на занадто обережну лінію поведінки, тому їм користуються у випадках, коли необхідно забезпечити успіх при будь-яких можливих умовах [51].

Застосування цього критерію може бути виправдане у випадках, коли:

- про можливість виникнення зовнішніх станів системи нічого не відомо;
- необхідно враховувати виникнення різних зовнішніх станів системи;
- рішення реалізується лише один раз;
- необхідно виключити будь-який ризик, що може виникнути при реалізації прийнятого рішення.

Важливо звернути увагу на вихідні умови, так як можливі два підходи – коли рішення приймається виходячи з матриці виграшів (наприклад, прибутків) або виходячи з матриці програшів. Згідно критерію Вальда, якщо розглядається

матриця виграшів гравця A , то найкращим рішенням буде те, для якого виграш виявиться максимальним з усіх мінімальних, при різних варіантах умов. Цей принцип називається критерієм максиміна. Формалізоване вираження максиміна виглядає так [51]:

$$H_w = \max_i \min_j a_{ij} \quad (2.13)$$

$$H_w = \max_i a_i \quad (2.14)$$

$$a_j = \min_j a_{ij} \quad (2.15)$$

Максимін критерій Вальда збігається з критерієм вибору стратегії дозволяє отримати нижню ціну гри для двох осіб з нульовою сумою. Згідно з цим критерієм вибирається стратегія, яка гарантує при будь-яких умовах виграші, не менші ніж:

$$\max_i \min_j a_{ij} \quad (2.16)$$

Якщо розглядається матриця програшів, то найкращим рішенням згідно з критерієм Вальда буде те, для якого виграш виявиться мінімальним з усіх максимальних, при різних варіантах умов. Цей принцип називається критерієм минимакса. Формалізоване вираження минимакса виглядає так:

$$H_w = \min_i \max_j a_{ij} \quad (2.17)$$

$$H_w = \max_i \beta_i \quad (2.18)$$

$$\beta_i = \max_j a_{ij} \quad (2.19)$$

Мінімаксний критерій Вальда використовується у випадках, коли потрібна гарантія, щоб програш в будь-яких умовах виявився не більше, ніж найменший з можливих в гірших умовах (кращий з гірших). Даний критерій зрозумілий і легкий, але консервативний у тому сенсі, що орієнтує приймає рішення на занадто обережну лінію поведінки. Тому критерієм Вальда, головним чином, користуються у випадках, коли необхідно забезпечити успіх при будь-яких можливих умовах. Критерій Вальда є критерієм крайнього песимізму, оскільки статистик вважає, що «природа» діє проти нього найгіршим чином. Це критерій гарантованого результату.

Критерій Вальда забезпечує максимізацію мінімального виграшу або, що теж саме, мінімізацію максимального програшу (втрат), який може виникнути

при реалізації однієї зі стратегій. Цей критерій орієнтує особу, що приймає рішення дотримуватися вкрай обережної поведінки. Така поведінка прийнятна наприклад, коли гравець не має зацікавленості в крупному виграші, але хоче себе застрахувати від неочікуваних програшів.

Вибір такої поведінки визначається відношенням гравця до ризику. Критерій Вальда застосовують у тих випадках, коли необхідно забезпечити успіх в будь-якій ситуації. Застосування критерію Вальда буває виправдано, якщо ситуація, в якій приймається рішення наступна:

- про можливість появи зовнішніх станів α_j нічого не відомо;
- доводиться зважати на появу різних зовнішніх станів α_j ;
- рішення реалізується тільки один раз;
- необхідно виключити який би то не було ризик.

Критерій мінімаксного ризику Севіджа [51]. Виникають ситуації, в яких неконтрольовані фактори діють більш приємним чином у порівнянні з найкращім становищем, на яке орієнтувалась особа, що приймає рішення. Наприклад, погодні умови оказались краще прогнозованих; конкуренція зменшилась на ринку у порівнянні з прогнозованими очікуваннями. У цих умовах виникає необхідність визначення можливих відхилень отриманих результатів від їх оптимальних значень. У цьому випадку застосовують критерій Севіджа. Цей критерій аналогічний попередньому критерію Вальда, але особа, що приймає рішення використовує не матрицю виграшів A , а матрицю ризиків R .

Критерій Севіджа полягає в наступному:

1. Будується матриця стратегій. Стовпці відповідають можливим наслідкам, а рядки відповідають вибраним стратегіям. У осередки записується очікуваний результат при цьому кінці і при даній обраній стратегії.

2. Будується матриця жалю. В осередках матриці величина жалю – різниця між максимальним результатом при цьому кінці (максимальному числі в даному стовпці) і результатом при обраній стратегії. Значення жалю показує величину, що втрачається при прийнятті неправильного рішення.

3. Мінімаксне рішення відповідає стратегії, при якій максимальне значення жалю мінімальне. Для цього для кожної стратегії (в кожному рядку) шукають максимальну величину жалю. І обирають те рішення (рядок), максимальне жалю якого мінімально. За критерієм Севіджа кращим є рішення, при якому максимальне значення ризику буде найменшим, тобто:

$$a_{ij} = \max_i \max_j r_{ij} \quad (2.20)$$

Тобто, розглядаючи i -ту стратегію, допускаємо ситуацію максимального ризику $r_i = \max_j r_{ij}$, та вибираємо стратегію з найменшим ризиком r_i . Для застосування критерію Севіджа до ситуації пред'являються ті ж самі умови, що й для критерію Вальда. Відмітимо, що цей вибір оптимальної стратегії збігається з вибором за критеріями Вальда. Суть критерію Севіджа полягає у прагненні уникнути великого ризику при виборі рішення. [51]

2.3 Аналіз побудованої моделі

У моделі Солоу норма заощаджень s має велике значення тільки до виходу економіки підприємства на траєкторію стійкого розвитку: чим більша величина заощаджень, тим більше амортизації капітал. Але як тільки зростання збалансовується, його подальший розвиток залежить тільки від зміни робочої сили і технологічного прогресу/

Модель показує, що норма заощаджень в економіці підприємства визначає розмір запасу капіталу, а відповідно і обсяг його виробництва. Чим більша норма заощаджень, тим більше капіталоозброєність і більша продуктивність зростання норми заощаджень, що зумовлює період швидкого зростання до досягнення стійкого стану. У довгостроковий період зростання норми заощаджень не сильно впливає на темп зростання.

Тривале зростання продуктивності підприємства залежить від технологічного прогресу. Розробники економічної політики часто заявляють,

що норма нагромадження капіталу повинна бути збільшена аби досягти стійкої точки виробництва. Зростання державних заощаджень і податкове стимулювання приватних заощаджень є способами прискорення нагромадження капіталу темп зростання населення також впливає на рівень життя. Чим вищий темп зростання населення, тим нижчим є обсяг виробництва у розрахунку на одного робітника.

З моделі Солоу виходило, що чим більша норма заощаджень, тим вищою є капіталоозброєність робітника у стані збалансованого зростання, а отже, тим вищий темп збалансованого зростання. Але зростання не є самоціллю. Тому наступним логічним кроком було визначення умов оптимального для суспільства економічного зростання. Це одночасно і незалежно один від одного зробили кілька економістів (серед яких Нобелівські лауреати Дж. Мід, М.-Ф.-Ш. Алле) на початку 60-х років XX ст., але першим опублікував відповідь на питання американський професор Е. Фелпс. Йому ж належить і термін "золоте правило нагромадження капіталу", запроваджений у науковий обіг.

Рівень "золотого правила" — такий рівень капіталоозброєності, що забезпечує найбільший обсяг споживання.

На цьому рівні чистий граничний продукт капіталу дорівнює темпу приросту виробництва. Оцінки, зроблені для реальних економік (економіка США), засвідчують, що запаси капіталу є набагато нижчими від рівня "золотого правила". Щоб його досягнути, потрібне збільшення інвестицій і відповідно зниження рівня споживання нинішніх поколінь. Використання "золотого правила" на практиці було обмеженим через досить завищені вихідні передбачення, але воно дало змогу сформулювати висновки, що стосувалися реального економічного зростання. Модель Солоу і "золоте правило" виявилися досить простими і надзвичайно зручними у застосуванні аналітичними знаряддями. З їх допомогою стало можливим дослідження впливу на економічне зростання різних модифікацій виробничої функції, технічного прогресу, зміни норми заощаджень і оподаткування тощо. Зусиллями самого Р.-М. Солоу, Дж. Міда та інших економістів модель Солоу була дезінтегрована:

окремо обліковувалося виробництво споживчих та інвестиційних благ. Були створені також моделі, що враховували "вік" капітальних благ, оскільки різні їх покоління володіють різною продуктивністю. Праці Дж. Тобіна ввели у теорію економічного зростання грошову масу. [45]

3 ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Перш ніж розраховувати ризики та збільшувати наші прибутки треба визначити, як за даної моделі буде вести себе виробництво із змінною інфляції. У перший квартал ми виготовляємо $q = 800$ тис.т За ціною $p = 14000$ грн/т

Вплив інфляції на металургійне виробництво одного товару (сталі). Такий спад прибутку за товар відбувається за рахунок того, що ціна, за яку ми продаємо товар фіксована в межах одного кварталу, але витрати на одну одиницю даного товару ми здійснюємо вже на кінець кварталу. А в межах цього кварталу коливання рівня інфляції не важливі.

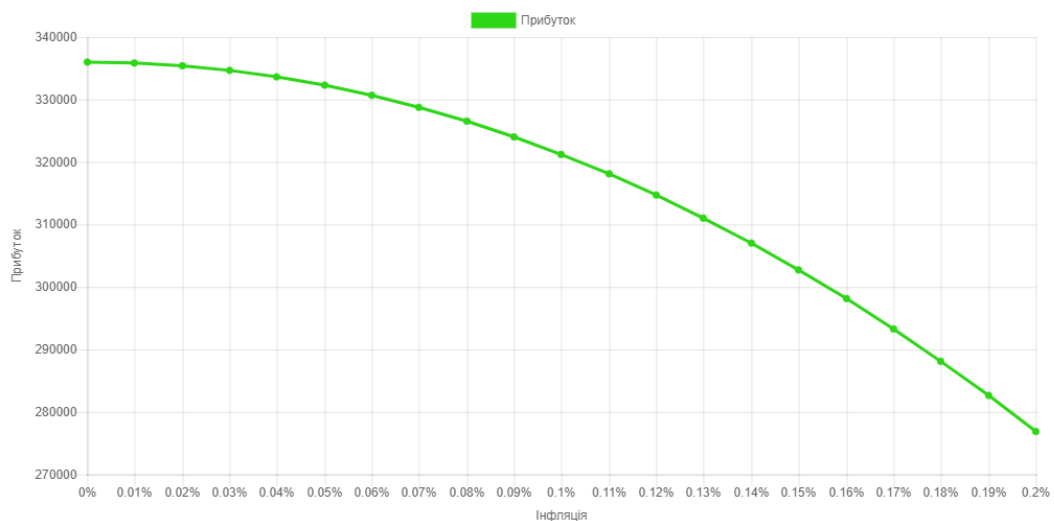


Рисунок 3.1 Вплив інфляції на прибуток підприємства

За один квартал побудовані матриці станів-стратегій має розмірність 20×100 . Так як кварталів 4, то і матриць 4 такої розмірності. Очевидно, що такий масив даних дуже важко обрахувати вручну, тож у своїй роботі я використовував, як інструмент написання програмного застосунку мову `java script`.

Максимально можливий прибуток можливий лише у тому разі, коли ми наперед знаємо інфляцію і можемо поставити ціну за товар у цьому періоді

згідно рівня інфляції. Тобто миттєво підлаштовувати ціну під коливання грошової маси. Такі умови малоймовірні, але за правильним прогнозуванням можливо наблизитися до цієї позначки максимального прибутку. Також не потрібно забувати, що інфляція впливає на попит, тож змінювати ціну і очікувати, що весь товар буде проданий було б неправильно.

Для того, щоб надати ОПР необхідні дані для максимізації прибутку з мінімізацією ризиків в умовах змінної інфляції було розроблено наступний алгоритм:

1. Отримання вхідних даних в систему (початкова ціна продукту, капітал, інфляція та кількість кварталів попереду).
2. Розраховується кількість товару відповідно до капіталу.
3. Розраховується прибуток за квартал з врахуванням амортизації капіталу за кожним можливим коливанням інфляції. Інфляція знаходиться у межах від 0% до 20% (профінансування за ціною, що була отримана при останній інфляції, а витрати за ціною, що отримана при інфляції, яка прийшла під кінець кварталу).
4. Залежно від відсотку інвестицій, який знаходиться в межах від 0% до 100%, розраховується сума інвестицій, прибуток з врахуванням інвестицій, капітал в наступному кварталі, а також можливий прибуток за рік, який розраховується як прогнозований наступний прибуток (з врахуванням амортизації наступного капіталу) помножений на кількість кварталів попереду.
5. Будується матриця $A=(a_{ij})$, де i - множина можливих відсотків вкладу, а j – множина можливих інфляцій. Згідно з даними зазначеними на кроках 3 і 4 отримуємо матрицю розмірністю 21 x 101 в якій a_{ij} – очікуваний можливий прибуток за рік.
6. У матриці обирається відсоток вкладу відповідно до критеріїв Севіджа, Вальда і максімакса. Для порівняння розраховуємо відсоток вкладу необхідний для підтримання капіталу.

7. Отриманий на кроці 6 відсоток прибутку додаємо до капіталу і віднімаємо від прибутку за цей квартал.
8. Повторити кроки 2-7 з новим капіталом N-разів, де N - кількість кварталів, що залишилися
9. Отримані дані аналізуються і ОПР обирає стратегію, яка б задовільнила його.

Мною було розглянуто виробництво двох товарів – сталь та чавун:

- 1) Виробництво сталі знаходиться на певному рівні, щоб задовільнити попит і при цьому виготовляє 800 тис.т:
 - а) Інфляція лінійна (3, 6, 9, 12)

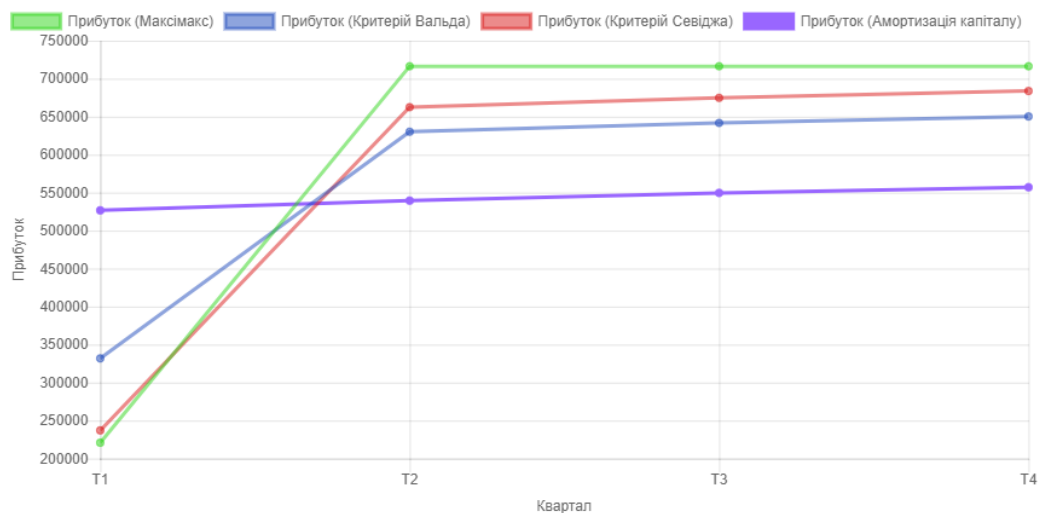


Рисунок 3.2 Вплив лінійної інфляції на прибутки підприємства

В цьому випадку гарантований прибуток за критерієм Вальда в рік становить 2253984.3грн. Де вклад в інвестиції у перший квартал становить 40% від першого прибутку. Наступні вклади на інвестиції були виконані лиш для підтримання наявного капіталу. Коли як за критерієм Севіджа ОПР вкладає 57 % від першого прибутку і отримає в рік прибутку на суму 2258082.8грн. Тоді як підприємець обере стратегію нічого не інвестувати, отримає – 2172883 грн в рік.

- б) Різка зміни рівня інфляції (1, 15, 10, 12)

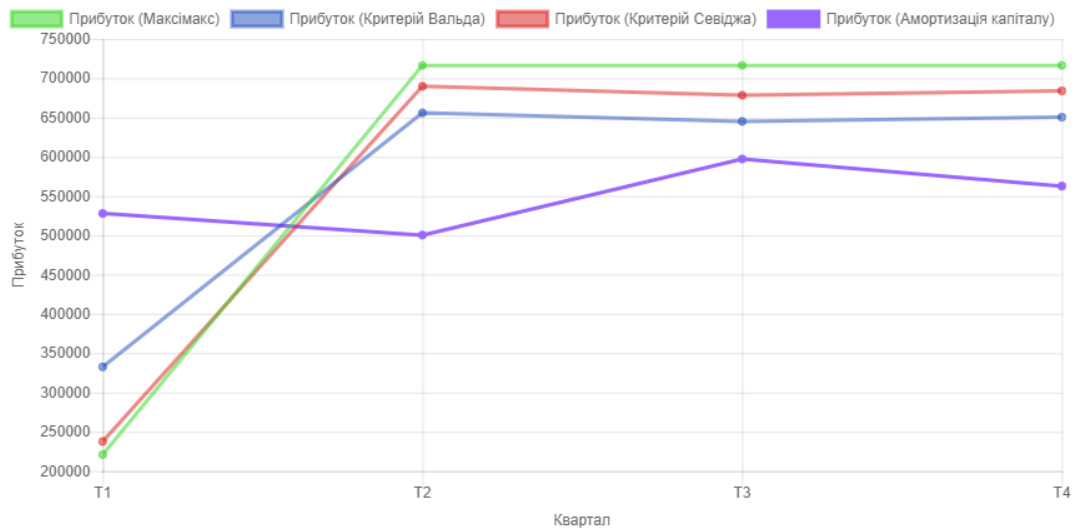


Рисунок 3.3 Вплив інфляції на прибутки підприємства

В цьому випадку гарантований прибуток за критерієм Вальда в рік становить 2284046.9 грн. Де вклад в інвестиції у перший квартал становить 40% від першого прибутку. Наступні вклади на інвестиції були виконані лиш для підтримання наявного капіталу. Коли як за критерієм Севіджа ОПР вкладає 57 % від першого прибутку і отримає в рік прибутку на суму 2289715.61 грн. На рис.3.3 можемо бачити різкі зміни прибутків компанії, якщо ОПР обере стратегію платити лише за амортизацію капіталу і в кінці року отримає 2188115,4 грн.

с) Інфляція з дефляцією (10, 14, 9, 4)

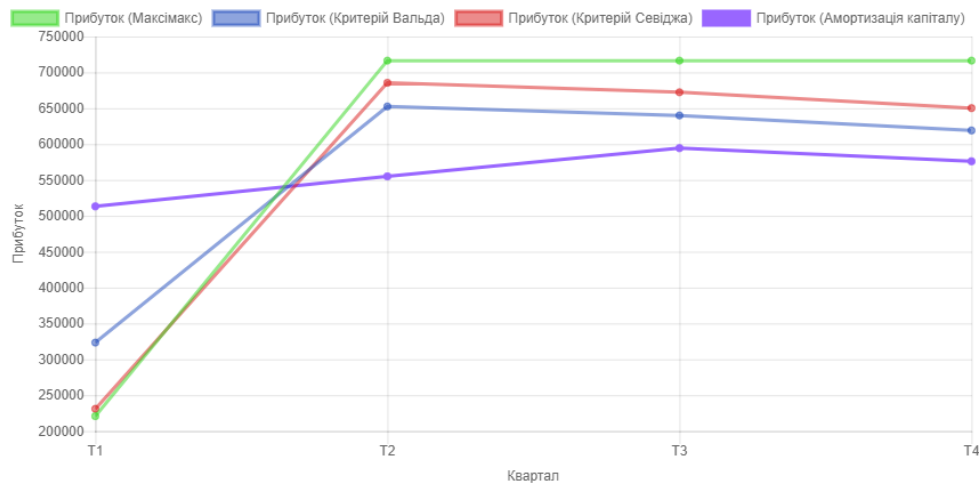


Рисунок 3.4 Вплив інфляції та дефляції на прибутки підприємства

В цьому випадку гарантований прибуток за критерієм Вальда в рік становить 2234756.592 грн. Де вклад в інвестиції у перший квартал становить 40% від першого прибутку. Наступні вклади на інвестиції були виконані лиш для підтримання наявного капіталу. Коли як за критерієм Севіджа ОПР вкладає 57 % від першого прибутку і отримає в рік прибутку на суму 2238843.88 грн.

В залежності від рівня інфляції прибутки металургійного підприємства будуть зменшуватись, або збільшуватись, як ми бачимо це на останньому графіку, якщо дивитись стан за рік.

Наочно буде видно різницю впливу інфляції на виробництво на діаграмі та обрану нами стратегію.

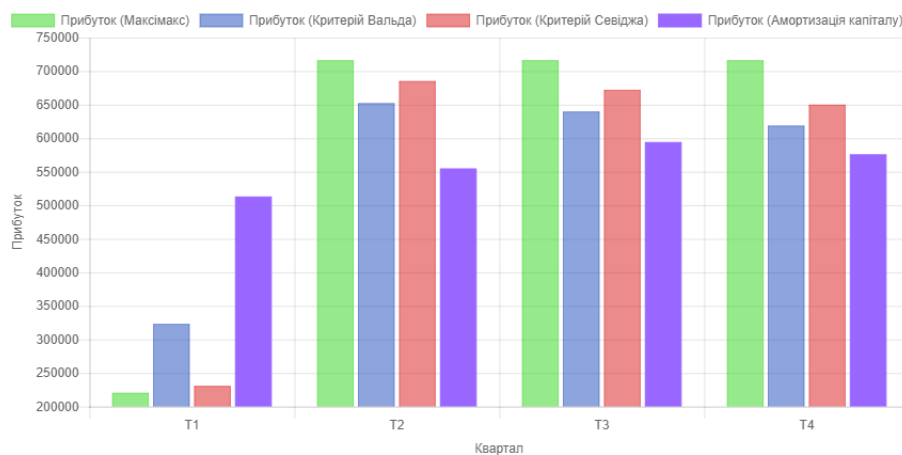


Рисунок 3.5 Діаграма прибутків підприємства

Таблиця 3.1 – Сума прибутків підприємця за стратегіями

Назва стратегії	Не інвестувати	Критерій Вальда	Критерій Севіджа	Максимально можливий прибуток
Сума прибутку за рік	2238699	234756.592	2238843.88	2369892.61

2) Виробництво чавуну становить початковий капітал 40000грн, а його ціна трохи менша за сталь $p = 11000$ грн/т, а на початок року кількість становить $q = 300$ тис.т:

а) Інфляція лінійна (3, 6, 9, 12)

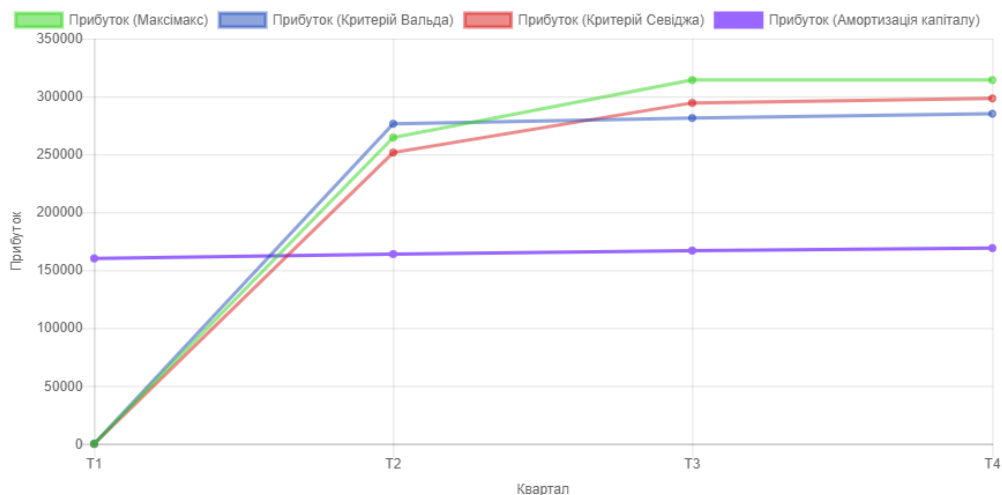


Рисунок 3.6 Вплив лінійної інфляції на прибутки підприємства

На графіку видно, що в перший квартал ОПР має покласти всі свої прибутки в інвестиції за кожним із критеріїв. Це обумовлено тим, що новий наращений капітал дасть підприємству можливість виготовити набагато більше продукції, аніж заощадити прибуток. Наступні вклади на інвестиції були виконані за критерієм Вальда у розмірі, що підтримує капітал і трохи його збільшує, коли

як за критерієм Севіджа ОПР вкладає у другому кварталі 12% від другого прибутку і потім також підтримує капітал на цьому рівні. ОПР отримає в рік прибутку на суму 844332.88 грн. За критерієм Вальдо ОПР отримав би 842975.79 грн в рік. На початок виробництва чавуну, якщо не вкладати у подальші виробничі потужності призведе до незмінного прибутку, але він буде менший: 659939 грн в рік.

б) Різка зміни рівня інфляції (0, 9, 10, 20)

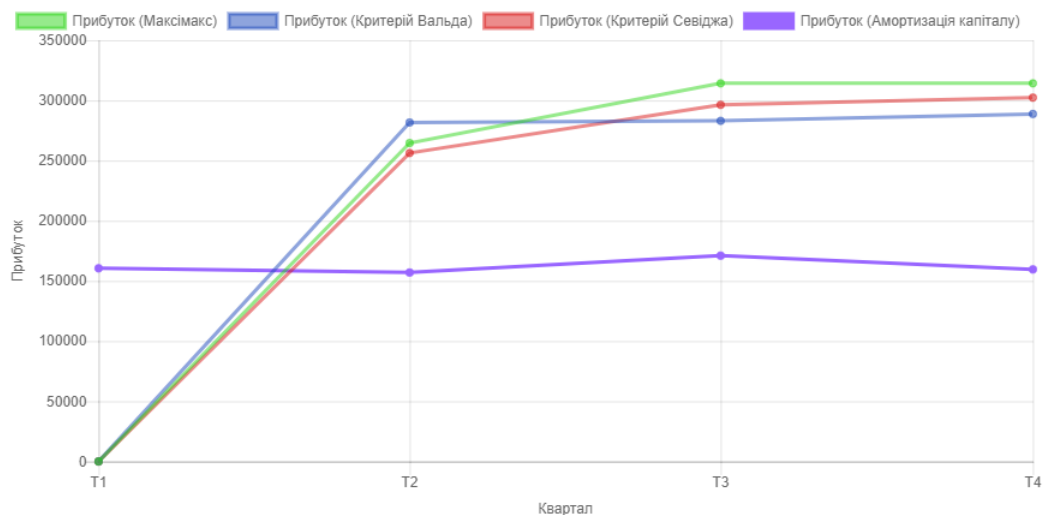


Рисунок 3.7 Вплив інфляції на прибутки підприємства

На графіку видно, що в перший квартал ОПР має покласти всі свої прибутки в інвестиції за кожним із критеріїв. За критерієм Вальдо ОПР отримав би 853384 грн в рік. Наступні вклади на інвестиції були виконані за критерієм Вальда у розмірі 5%, а пізніше ті вклади, що підтримують капітал. А за критерієм Севіджа ОПР вкладає у другому кварталі 12 % від другого прибутку і отримає в рік прибутку на суму 854967.8грн.

с) Інфляція з дефляцією (10, 14, 15, 5)

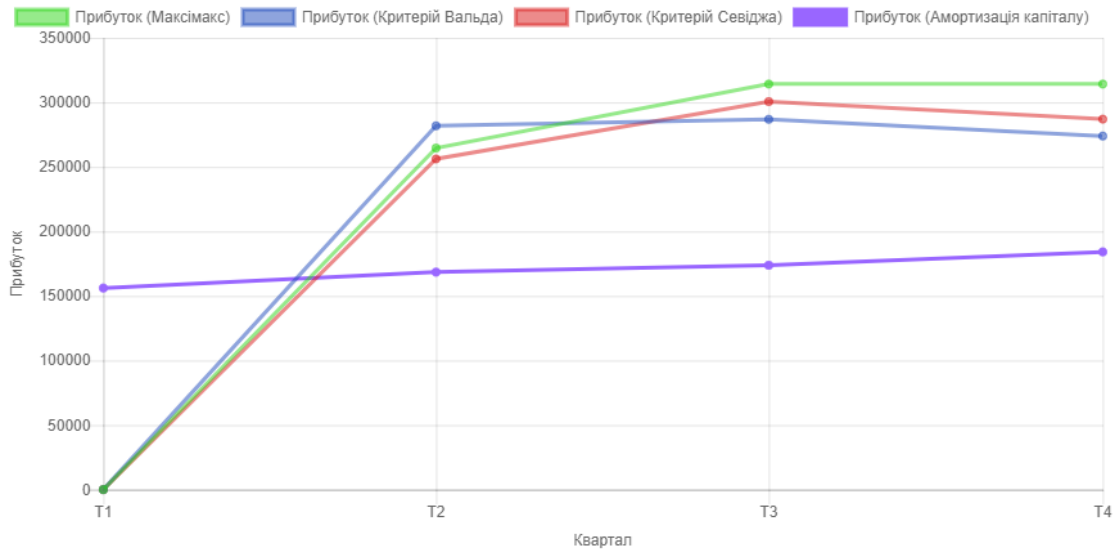


Рисунок 3.8 Вплив інфляції та дефляції на прибутки підприємства

На рис.3.8 видно, що в перший квартал ОПР має покласти всі свої прибутки в інвестиції за кожним із критеріїв. За критерієм Вальдо ОПР отримав би 842564.2962 грн в рік. Наступні вклади на інвестиції були виконані за критерієм Вальда у розмірі, що підтримує капітал. А за критерієм Севіджа ОПР вкладає у другому кварталі 13% від другого прибутку і отримає в рік прибутку на суму 843776.362 грн.

Консольне меню, яке дає нам можливість порівняти дані має наступний вигляд:

top	Filter	Default levels	Group similar
--- Процент инвестиций ---			
Процент инвестиций в квартале 1 (Вальда) : 100			app.js:1666
Процент инвестиций в квартале 1 (Сэвидж) : 100			app.js:1667
Процент инвестиций в квартале 1 (максимакс) : 100			app.js:1673
Процент инвестиций в квартале 1 (только за износ) : 2.801225069096885			app.js:1682
Процент инвестиций в квартале 2 (Вальда) : 5.1030493040986284			app.js:1701
Процент инвестиций в квартале 2 (Сэвидж) : 13.730044821907844			app.js:1703
Процент инвестиций в квартале 2 (максимакс) : 14.812826386518907			app.js:1717
Процент инвестиций в квартале 2 (только за износ) : 2.6017275470912686			app.js:1728
Процент инвестиций в квартале 3 (Вальда) : 4.159421500856975			app.js:1738
Процент инвестиций в квартале 3 (Сэвидж) : 4.36815735055149			app.js:1755
Процент инвестиций в квартале 3 (максимакс) : 4.539665184471742			app.js:1756
Процент инвестиций в квартале 3 (только за износ) : 2.523850386149109			app.js:1769
Процент инвестиций в квартале 4 (Вальда) : 4.347583558869236			app.js:1780
Процент инвестиций в квартале 4 (Сэвидж) : 4.56576052619328			app.js:1791
Процент инвестиций в квартале 4 (максимакс) : 4.539665184471742			app.js:1811
Процент инвестиций в квартале 4 (только за износ) : 2.3852306518040294			app.js:1812
--- Сумма прибылей за год ---			
Прибыль (Амортизация): 682566			app.js:1826
Прибыль (Вальда): 842564.2962			app.js:1837
Прибыль (Сэвидж): 843776.362			app.js:1848
Прибыль (Максимакс): 892964.948250001			app.js:1864

Рисунок 3.9 Консольне меню

Наочно буде видно різницю впливу інфляції на виробництво на діаграмі та прибутки, які ми отримуємо при лінійній інфляції.

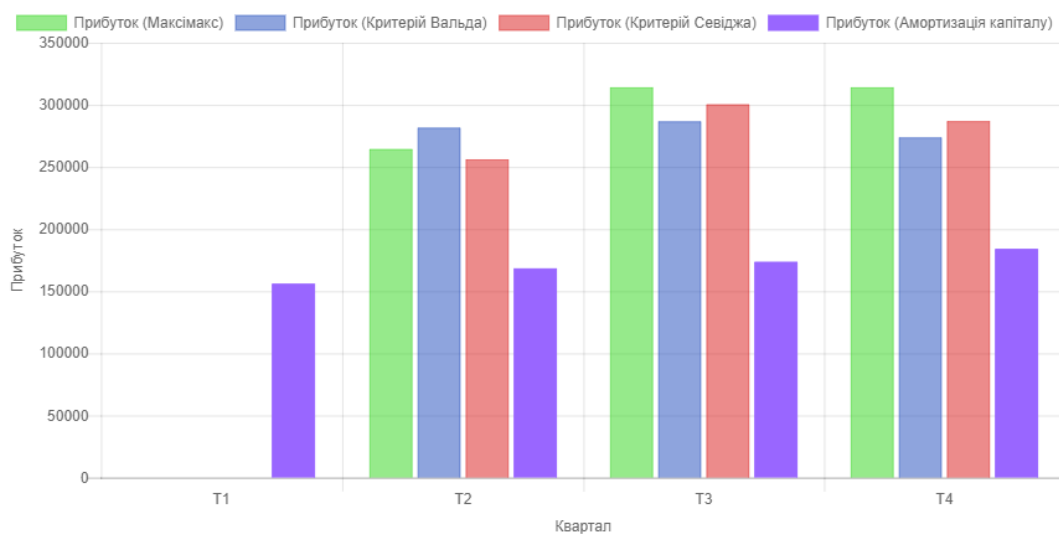


Рисунок 3.10 Діаграма прибутків підприємства

Для отримання гарантованого прибутку необхідно вибрати критерій

Вальда, хоча сума при застосуванні цього критерію менша, але підприємець може розраховувати, не зважаючи на інфляцію.

Таблиця 3.2 – Сума прибутків підприємця за стратегіями

Назва стратегії	Не інвестувати	Критерій Вальда	Критерій Севіджа	Максимально можливий прибуток
Сума прибутку за рік	682566 грн	842564.29 грн	843776.36 грн	892964.94 грн

Також третій випадок мною був розглянутий при виробництві гарячокатаного прокату, коли капітал достатньо нарощений і інвестування на нове виробництво вже не потрібно.

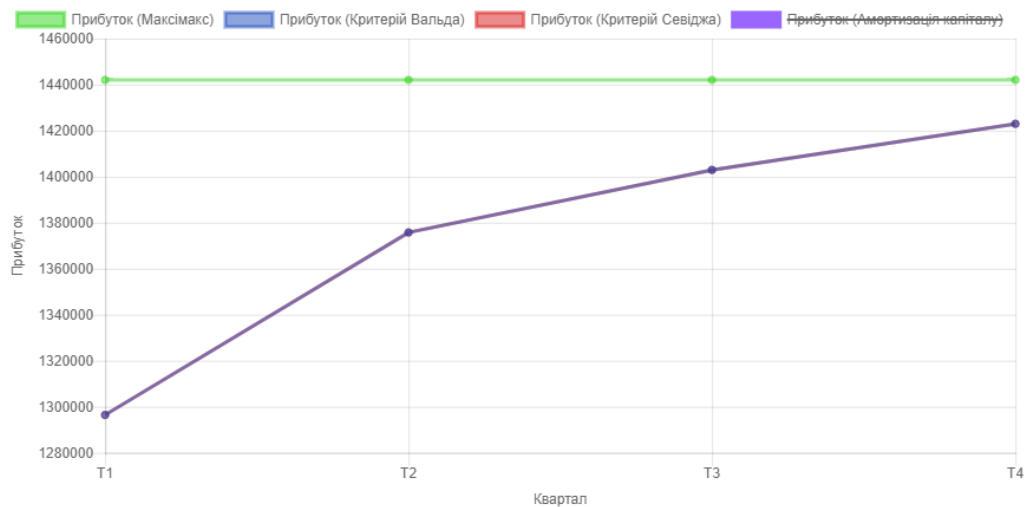


Рисунок 3.11 Прибутки за виробництво г/к прокату

У цьому випадку, щоб збільшити свої прибутки ОПР може прийняти рішення про те, щоб не платити відсоток на амортизацію капіталу, таким чином збільшивши свої прибутки. Так як нова виготовлена одиниця продукції не принесе прибутку більше. Не варто забувати і про те, що ринок може бути насиченим, тоді продукцію не купуватимуть і прибуток компанія не отримає. На рис.3.11 зображено прибутки компанії, якщо початковою кількістю

виготовленого товару була 2000 тис.т. з ціною за тонну 15000грн. Можемо бачити, що і за критерієм Севіджа і за критерієм Вальдо прибутки однакові, вони становлять: 5482679 грн.

ВИСНОВКИ

Для металургійного виробництва доцільно застосовувати економіко-екологічну модель на базі неокласичної моделі економічного зростання Солоу.

Для реалізації розрахунку моделі і визначення оптимальної стратегії використовується розроблено алгоритм рішення задачі. Згідно з цим алгоритмом розроблено програму розрахунків на мові програмування javascript. Розрахунок виконується для чотирьох кварталів протягом року.

Щоб збільшити свої прибутки металургійне виробництво має збільшувати свій капітал. Модель виробництва згідно з рівнем інфляції в країні має розрахувати скільки свого продукту підприємцеві треба виготовити, а також згідно ціни на ринку продати його за встановленою ціною.

Результати розрахунків на веб застосунку за розробленим алгоритмом показують, що за критерієм Вальдо підприємство отримає гарантований прибуток при коливанні рівня інфляції в країні. За критерієм Севіджа підприємство мінімізує ризик втратити свої прибутки при зміні інфляції. У випадку, якщо не інвестувати прибутки, то за рік підприємство отримає значно менші прибутки.

У моделі норма інвестування має значення тільки до виходу економіки на траєкторію стійкого розвитку: чим більша величина вкладу інвестиції, тим більше амортизації капіталу. Але як тільки зростання збалансовується, його подальший темп залежить тільки від зростання населення і технологічного прогресу.

Розглядаючи поступове збільшення інфляції, при виробництві сталі підприємець отримає гарантований прибуток за критерієм Вальда, якщо обере стратегію вкладу 40% від першого прибутку. А його наступні вклади на інвестиції будуть виконуватись лише для підтримання наявного капіталу. Якщо підприємець обере стратегію за критерієм Севіджа він має вкласти 57 % від першого прибутку таким чином мінімізувавши ризик. В залежності від рівня

інфляції прибутки металургійного підприємства будуть зменшуватись, але економічне зростання можливе за такими критеріями.

Таким чином виконана робота дозволяє зробити висновок, що поставлена в завданні мета досягнута і всі намічені завдання вирішені.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Вовк В.М. Моделювання економічних процесів підприємства Львів, 2011.- 447.
2. Вітлинський В.В. Моделювання економіки К.: КНЕУ, 2000.- 292с.
3. Думлер С.А. Управление производством и кибернетика М.: Машиностроение, 1969.- 176
4. Экономико-математические методы и модели планирования и управления (под ред. В.Г. Шорина) М.: Знание, 1973
5. Жданов С.А. Экономические модели и методы в управлении предприятием .М.: Финпресс, 2000.- 386
6. Стасюк В.П. Модели адаптивного управления предприятием Донецк, ДонНУ, 2002.- 224.
7. Гремина Л.А. Анализ методов оценки рисков менеджмента предприятий. Теория и практика общественного развития, 2013, №3 с. 269-272.
8. Гордєєв Г.Г. Дослідження нелінійних моделей економічної динаміки, Зовнішня торгівля: економіка , фінанси , право. 2012 , №2 Економічна та соціальна політика с. 133-139.
9. Б.Кузин, В.Юрьев, Методы и модели управления. Спб. 2001. _ -432с.
10. Самарский А.А.. Математическое моделирование: идеи, методы, примеры. М.: Физматлит, 2002. - 320с.
11. Алексєєв А.А. Практичні моделі макроекономіки К.: Наукова думка , 2006 , -267с.
12. Моделювання економіки . Завдання та методичні вказівки для аудиторних та самостійної роботи студентів .Львів, 2012, -75с.
13. Моделювання економічної динаміки в прикладах і задачах (Ю.І. Лисенко). ДонДТУ, Алчевськ , 2010, -398с.
14. В.А. Веников, Г.В. Веников . Теория подобия и моделирования . Высшая школа , 1984.- 439с.
15. Н.Е. Кобринский и др. Экономическая кибернетика .М.: Экономика , 1982.- 407с.

- 16.Л.М.Бондуріна та інш. Моделювання економіки Днепропетровськ, Герда, 2014.-138с.
- 17.Моделювання економіки (укл.Митник І.М. та інш. Львів,2012.-74с.
- 18.Митник І,М, Основи моделювання економіки (Навч. Посібник Львів,2011. 364с.
- 19.Чхартишвили А.Га,Шокин Е.В. Математические модели в управлении. М.:Дело ,2000.-440с.
- 20.А.В.Усов,Е.Н.Гончаренко .Система управления устойчивостью предприятия. Вестник ВГУ.Серия: Экономика и управление .2013 №2 .с.153-155
- 21.А.Ф.Бермант.Краткий курс математического анализа. М.:Лань.2005. _735с.
- 22.Орлов А.И. Организационно- экономическое моделирование : теория принятия решений.М.:КНОРУС.2011.-567с.
- 23.Болгов В.Є,ДрейД.М. Виробнича модель ефективного використання фінансових ресурсів для металургічних підприємств України . Вісник Дон.НУ, сер.В.: Економіка і право .Вип.1,2015 с.47-50.
- 24.Клейнер Г.Б. и др. Предприятие в нестабильной экономической среде : риски , стратегии, безопасность .Киев,;Кондор ,2003.-158с.
- 25.А.П.Тарутин.,А.Ю.Ласкина. Предпринимательские риски .Архангельск.:Изд-во АГТУ,2006.-96с.
- 26.Лысенко Ю.Г. Экономика и кибернетика предприятия: современные инструменты управления. - Донецк: ДонНУ, 2006. – 305с.
- 27.Экономическая кибернетика: Учебное пособие; изд. 2-е / Под ред. д-ра экон. наук, проф. Ю.Г. Лысенко, Донецкий национальный университет. – Донецк: ООО «Юго-Восток, Лтд», 2003. – 516с.
- 28.Туган-Барановский М.И. Избранные сочинения. В 2-х т. Т.2. Основы политической экономии. – Донецк: ДонГУЭТ, 2004. – 686с.
- 29.Аганбегян А.Г., Багриновский К.А., Гранберг А.Г. Система моделей народохозяйственного планирования. – М.: Наука, 1972. – 352с.

- 30.Скурихин В.И., Забродский В.А., Копейченко Ю.В. Проектирование систем адаптивного управления производством. – Харьков: «Вища школа», 1984. – 208с.
- 31.Скурихин В.И., Забродский В.А., Иващенко П.А., Штрассер О.Г. Методы организации адаптивного планирования и управления в экономико-производственных системах. – машиностроительным производством. – М.: Машиностроение, 1989. – 312с.
- 32.Вітлінський В.В. Моделювання економіки: Навч. посіб. – К.: КНЕУ, 2003. – 408 с.
- 33.Лотов А.В. Введение в экономико-математическое моделирование.– М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1984. – 392 с.
- 34.Ляшенко О.І. Математичне моделювання динаміки відкритої економіки. – Рівне: Волинські обереги, 2005. – 360с.
- 35.Михалевич В.С., - Михалевич М.В. Динамические макромоделі в переходной экономике // Кибернетика и системный анализ. – 1995№ 3. – С. 116-130.
- 36.Эшби У.Р. Введение в кибернетику: Пер.с англ. – М.: Издательство иностранной литературы, 1959. – 432 с.
- 37.Михайлов В.С. Теория управления. – К.: Выща шк., 1988. – 312с.
- 38.Вовк В.М. Математичні методи дослідження операцій в економіко-виробничих системах: Монографія. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007. – 584с.
- 39.Ястремський О.І., Грищенко О.Г. Основи мікроекономіки: Підручник. – К.: Т-во «Знання». КОО, 1998. – 372с.
- 40.Глушков В.М. Обобщенные динамические системы и прецессионное прогнозирование // Теоретическая кибернетика. – К.: ИК АН УССР, 1970. – Вып. 5. – С. 45-68.

- 41.Глушков В.М., Михалевич В.С., Волкович В.Л., Доленко Г.А. Системная оптимизация в многокритериальных задачах линейного программирования при интервальном задании предпочтения
- 42.Александров А.Г. Оптимальные и адаптивные системы. – М.: Высшая школа, 1989. – 263с.
- 43.Лысенко Ю.Г. Экономика и кибернетика предприятия: современные инструменты управления. - Донецк: ДонНУ, 2006. – 305с.
- 44.Экономическая кибернетика: Учебное пособие; изд. 2-е / Под ред. д-ра экон. наук, проф. Ю.Г. Лысенко, Донецкий национальный университет. – Донецк: ООО «Юго-Восток, Лтд», 2003. – 516с.
- 45.П.Чомпа .Нариси економетрії на національній економії вибудованої теорії бухгалтерії,1910.
- 46.Слущкий Е.Е.Теория корреляции и элементы учения о кривых распределения. Изв. Киевского коммерческого инженерного института ,Киев,1912
- 47.Бретцке В.Р.(Bretzke W.-R. Der Prollembezug von Entsch- esdungsmudellen – Тьbingen.1980)
- 48.Олександр Жолудь «Ціна інфляції та дезінфляції: теорія і практика»
- 49.Robert J. Barro «Inflation and Economic Growth»
- 50.Вовк В.М. Моделювання економічних процесів підприємства Львів,2011
- 51.Балджи М. Д. «Економічний ризик та методи його вимірювання»
- 52.М.Г. Гузь, А.О. Коломицева «Моделі трансформації економіки»
- 53.Болгов В.Е.,Дрейв Д.Н. Производственная модель эффективного использования финансовых ресурсов для металлургических предприятий Украины. Вісник Донецького національного університету. Серія В.Економіка і право. Вип.3.2017

ДОДАТОК А

Програмна реалізація моделі на мові javascript.

```

(function(){

// -----
// ----- Вспомогательные функции -----
// -----

var roundFloatNumber = function (inflationRate) {
    return Math.round((inflationRate) * 100) / 100;
};

var getRandomDelta = function(inflationRateDeltaValues) {
    var randomIndex = Math.floor((Math.random() *
inflationRateDeltaValues.length) + 0);
    return inflationRateDeltaValues[randomIndex];
};

var getArrayFromInflationDeltaRange = function (min,
max) {
    var data = [];
    for (var i = min; i <= max;
        i = Math.round((i+0.01) * 100) / 100) {
        if (i != 0) {
            data.push(i);
        }
    }
    return data;
};

// -----
// ----- Входящие данные -----
// -----

// Данные по продукту
var product = {
    quantity: 800,
    price: 10000
};

// Данные по времени (количество периодов)
var periodsQuantity = 4;

// Данные по инфляции
var inflationRateRange = {
    min: 0.01,
    max: 0.2
};

var inflationRateDeltaRange = {
    min: -0.02,
    max: 0.04
};

var inflationRateDeltaValues =
getArrayFromInflationDeltaRange(inflationRateDeltaRange.
min, inflationRateDeltaRange.max);

var startInflationRate = 0.03;
var endInflationRate = 0.12;

var actualInflations = [startInflationRate, 0.06, 0.09,
endInflationRate];
var isInflationsSet = false;

// Данные по капиталу

var startCapital = 0;

// ----- Константы -----

var tradeBalance = 1.2; // Сальдо торгового баланса
var interestRate = 0.11; // Процентная ставка
var percentageOfCapitalDepreciation = 0.05;

// -----
// ----- Основные функции -----
// -----

var calculateExpenses = function(productQuantity,
productInitialPrice, productPriceWithInflation, inflationRate,
c) {
    // Ситуативный коэффициент
    var k = interestRate * inflationRate * tradeBalance;
    // Денежная масса
    var H = k * productInitialPrice * productQuantity;
    var marginal = (c - H) / productQuantity;
    var expenses = marginal * productQuantity + k *
productPriceWithInflation * productQuantity;
    return expenses;
};

var calculateProfit = function (productQuantity,
productPrice) {
    return productQuantity * productPrice;
};

var calculateQuantity = function (productInitialQuantity,
productInitialPrice, productPriceWithInflation) {
    var demand = productInitialQuantity /
productPriceWithInflation;
    var quantity = productInitialPrice * demand;
    return Math.round(quantity);
};

var calculateSimpleIncome = function (productQuantity,
productInitialPrice, productPrice, inflationRate) {
    var profit = calculateProfit(productQuantity, productPrice);
    var expenses = calculateExpenses(productQuantity,
productInitialPrice, productPrice, inflationRate, profit *
0.95);
    var income = Math.round(profit - expenses);

    return income;
};

var calculateIncome = function (productQuantity,
productInitialPrice, productProfitPrice,
productExpensesPrice, inflationRate) {

    var profit = calculateProfit(productQuantity,
productProfitPrice);
    var expenses = calculateExpenses(productQuantity,
productInitialPrice, productExpensesPrice, inflationRate,
profit * 0.95);
    var income = Math.round(profit - expenses);

    return income;
};
}

```



```

    var calculateComplexIncome = function
    (productActualQuantity, productExpensesQuantity,
      productInitialPrice,
    productForecastPrice, productPriceWithInflation,
    inflationRate) {

        var profit = calculateProfit(productForecastPrice,
        productActualQuantity);
        var expenses =
        calculateExpenses(productExpensesQuantity,
        productInitialPrice, productPriceWithInflation, inflationRate,
        profit * 0.97);

        var income = Math.round(profit - expenses);

        return income;

    };

    var getIncomesData = function (productInitialQuantity,
    productInitialPrice, inflationRateRange) {

        var incomes = [];

        var income =
        calculateSimpleIncome(productInitialQuantity,
        productInitialPrice, productInitialPrice, 0);

        incomes.push(income);
        for (var inflationRate = inflationRateRange.min;
            inflationRate <= inflationRateRange.max;
            inflationRate = roundFloatNumber(inflationRate+0.01))
        {

            var productPriceWithInflation =
            Math.round(productInitialPrice * (1 + inflationRate));
            var productActualQuantity =
            calculateQuantity(productInitialQuantity, productInitialPrice,
            productPriceWithInflation);
            // console.log(productActualQuantity);
            income = calculateSimpleIncome(productActualQuantity,
            productInitialPrice, productPriceWithInflation,
            inflationRate);
            incomes.push(income);

        }
        // console.log(incomes);
        return incomes;
    };

    var calculateCapital = function (periodCapital, capital) {

        console.log("Прибыток за квартал: " + periodCapital);

        var minIncome = getMinIncome(productInitialQuantity,
        productInitialPrice, inflationRateRange);

        var maxPercent = 1;

        var percent = maxPercent;

        var capitalDepreciation = Math.round(capital *
        percentageOfCapitalDepreciation);

        var capitalPart = Math.round(periodCapital *
        maxPercent);
        var capitalDelta = Math.round(capitalPart -
        capitalDepreciation);

```

```

        var newCapital = capital + capitalDelta;

        if (newCapital*percentageOfCapitalDepreciation >
        minIncome) {
            percent = capital*percentageOfCapitalDepreciation /
            periodCapital;

            capitalPart = Math.round(periodCapital *
            optimalPercent);
            capitalDelta = Math.round(capitalPart -
            capitalDepreciation);

            newCapital = capital + capitalDelta;
        }

        console.log("Прибыток   = " + periodCapital);
        console.log("Инвестиции = " + capitalPart);
        console.log("Процент   = " + maxPercent);
        console.log("Дельта     = " + capitalDelta);

        return {
            capital: Math.round(newCapital),
            capitalDepreciation: capitalDepreciation,
            capitalDelta: capitalDelta,
            investmentPercent: percent
        };
    };

    var calculateCapital = function() {

        var minIncome = getMinIncome(productInitialQuantity,
        productInitialPrice, inflationRateRange);

        var capital = startCapital;

        var sData = [];
        for (var percent = 0; percent <= 100; ++percent) {

            capital = startCapital;

            var periodData = [];
            for (var periodNumber = 0; periodNumber <
            periodsQuantity; ++periodNumber) {
                var capitalPart = Math.round(minIncome *
                percent/100);
                var capitalDepreciation = Math.round(capital *
                percentageOfCapitalDepreciation);

                var capitalDelta = Math.round(capitalPart -
                capitalDepreciation);

                periodData.push({
                    capital: capital + capitalDelta,
                    capitalDelta: capitalDelta,
                    capitalDepreciation: capitalDepreciation
                });

                capital += capitalDelta;
            }

            sData.push(periodData);
        }

        console.log(sData);
        return sData;
    };

```

```

var changeInflationRate = function (inflationRate,
inflationRateDeltaValues) {

    var newInflationRate = roundFloatNumber(inflationRate +
getRandomDelta(inflationRateDeltaValues));

    if (newInflationRate < 0) {
        newInflationRate = 0;
    } else if (newInflationRate > 0.2) {
        newInflationRate = 0.2;
    }

    return newInflationRate;
};

var getResultsData = function (product, periodsQuantity,
startInflationRate, endInflationRate,
inflationRateDeltaValues) {
    var resultsData = [];

    var productForecastIncome =
calculateSimpleIncome(product.quantity, product.price,
product.price, 0);

    var forecastDataForPeriod = {
        quantity: product.quantity,
        price: product.price,
        inflationRate: 0,
        income: productForecastIncome
    };

    var actualDataForPeriod;

    var productRemainder = 0;

    for (var periodNumber = 1, inflationRate =
actualInflations[0]; periodNumber <= periodsQuantity;
++periodNumber) {

        console.log("Инфляция в квартале #" + periodNumber +
":" + inflationRate);

        var productPriceWithInflation =
Math.round(product.price * (1 + inflationRate));

        var productActualQuantity =
calculateQuantity(product.quantity, product.price,
productPriceWithInflation);

        var productIncome;
        if (periodNumber === 1) {

            productIncome =
calculateComplexIncome(productActualQuantity,
product.quantity,
                        product.price,
forecastDataForPeriod.price, productPriceWithInflation,
inflationRate);

        } else {

            var productExpensesQuantity = productActualQuantity;
            var productProfitQuantity = productActualQuantity;

            if (forecastDataForPeriod.quantity ===
productActualQuantity) {
                if (productRemainder > 0) {

```

```

                    productExpensesQuantity = productActualQuantity -
productRemainder;
                }
            } else if (forecastDataForPeriod.quantity >
productActualQuantity) {
                if (productRemainder > 0) {
                    productExpensesQuantity =
forecastDataForPeriod.quantity - productRemainder;
                } else if (productRemainder === 0) {
                    productExpensesQuantity =
forecastDataForPeriod.quantity;
                }
            } else if (forecastDataForPeriod.quantity <
productActualQuantity) {
                if (productRemainder > 0) {
                    productProfitQuantity =
forecastDataForPeriod.quantity;
                    productExpensesQuantity =
forecastDataForPeriod.quantity - productRemainder;
                } else if (productRemainder === 0) {
                    productProfitQuantity =
forecastDataForPeriod.quantity;
                    productExpensesQuantity =
forecastDataForPeriod.quantity;
                }
            }
        }

        productIncome =
calculateComplexIncome(productProfitQuantity,
productExpensesQuantity,
                        product.price,
forecastDataForPeriod.price, productPriceWithInflation,
inflationRate);

    }

    // Посчитать какой капитал мы должны вложить
    // console.log("Income = " + productIncome);

    // var incomeRemainder = productIncome -
capital*percentageOfCapitalDepreciation;

    // capital += incomeRemainder;

    // var periodCapital = incomeRemainder;

    // console.log(incomeRemainder);
    // console.log("Капитал: " + capital);
    // console.log("Прибыток: " + productIncome);

    // console.log("Капитал: " + capital);

    // var periodCapital = productIncome;
    // var capitalDataForPeriod =
calculateCapital(periodCapital, capital);

    // capital += capitalDataForPeriod.capitalDelta;

    // console.log(capital);
    // console.log(capitalDataForPeriod.capitalDepreciation);

    // capital = capitalData.capital;

    // console.log(capital);

    // capital += capitalDelta;
    /*

```

```

    Мне нужно посчитать какую сумму мне нужно
    вложить,
    а именно какой процент от прибыли за квартал

    var capitalDataForPeriod =
calculateCapital(periodCapital, capital);

    capitalDataForPeriod = {
        investmentAmount:
        percentOfIncome:
        capitalDelta:
    }

    capital += capitalDelta;

    k0 = productIncome
    k1 = k0 + delta(k0)

    */

    actualDataForPeriod = {
        quantity: productActualQuantity,
        price: productPriceWithInflation,
        inflationRate: inflationRate,
        income: productIncome
    };

    productRemainder = forecastDataForPeriod.quantity -
productActualQuantity;

    if (productRemainder < 0) {
        productRemainder = 0;
    }

    resultsData.push({
        forecastData: forecastDataForPeriod,
        actualData: actualDataForPeriod//,
        // capitalData: capitalDataForPeriod
    });

    forecastDataForPeriod =
makeForecast(actualDataForPeriod, productRemainder,
product.quantity, product.price, inflationRateDeltaValues);

    if (isInflationsSet) {
        inflationRate = actualInflations[periodNumber];
    }
    else {
        if (periodNumber != (periodsQuantity - 1)) {
            inflationRate = changeInflationRate(inflationRate,
inflationRateDeltaValues);
        } else {
            inflationRate = endInflationRate;
        }
    }

}

console.log(resultsData);

return resultsData;
};

```

```

// Вспомогательные функции для следующих блоков

var checkMax = function (lv, rv) {
    return (lv > rv)? true : false;
};

var checkMin = function (lv, rv) {
    return (lv < rv)? true : false;
};

var getValue = function (productInitialQuantity,
productInitialPrice, inflationRateRange, check) {
    var income =
calculateSimpleIncome(productInitialQuantity,
productInitialPrice, productInitialPrice, 0);

    var result = {
        quantity: productInitialQuantity,
        price: productInitialPrice,
        inflationRate: 0,
        income: income
    };

    for (var inflationRate = inflationRateRange.min;
inflationRate <= inflationRateRange.max;
inflationRate = roundFloatNumber(inflationRate+0.01))
    {

        var productPriceWithInflation =
Math.round(productInitialPrice * (1 + inflationRate));
        var productActualQuantity =
calculateQuantity(productInitialQuantity, productInitialPrice,
productPriceWithInflation);
        // console.log(productActualQuantity);
        income = calculateSimpleIncome(productActualQuantity,
productInitialPrice, productPriceWithInflation,
inflationRate);
        console.log()
        if (check(income, result.income)) {
            result.quantity = productActualQuantity;
            result.price = productPriceWithInflation;
            result.inflationRate = inflationRate;
            result.income = income;
        }
    }

    return result.income;
}

// -----
// ----- Поиск max -----
// -----

var getMaxIncome = function (productInitialQuantity,
productInitialPrice, inflationRateRange) {

    var maxIncome = getValue(productInitialQuantity,
productInitialPrice, inflationRateRange, checkMax);
    console.log("Прибыток (Максимум): " + maxIncome);

    return maxIncome;
};

var getMaxData = function (productInitialQuantity,
productInitialPrice, inflationRateRange, periodsQuantity) {

    var maxData = [];

```

```

    var maxIncome = getValue(productInitialQuantity,
productInitialPrice, inflationRateRange, checkMax);

    for (var i = 1; i <= periodsQuantity; ++i) {
        maxData.push(maxIncome);
    }

    return maxData;
};

// -----
// ----- Поиск min прибыли -----
// -----

var getMinIncome = function (productInitialQuantity,
productInitialPrice, inflationRateRange) {

    var minIncome = getValue(productInitialQuantity,
productInitialPrice, inflationRateRange, checkMin);
    console.log("Минимальная Прибыток: " + minIncome);

    return minIncome;
};

// -----
// ----- Формирование данных для графика -----
// -----

// Цвета, которыми будут отрисовываться линии на
графике
var colors = [
    'rgba(45, 214, 23, 0.5)',
    'rgba(30, 73, 188, 0.5)',
    'rgba(218,24,24, 0.5)',
    'rgb(153, 102, 255)',
    'rgb(255, 205, 86)',
    'rgb(75, 192, 192)',
    'rgb(201, 203, 207)'
];

var formDataForChart = function (label, color, data) {
    return {
        label: label,
        backgroundColor: color,
        borderColor: color,
        data: data,
        fill: false,
        cubicInterpolationMode: 'monotone'
    };
};

var pushDatasetForChart = function (datasets, label, color,
data) {
    datasets.push({
        label: label,
        backgroundColor: color,
        borderColor: color,
        data: data,
        fill: false,
        lineTension: 0
    });
};

```

```

var pushDatasetForDiagram = function (datasets, label,
color, data) {
    datasets.push({
        label: label,
        backgroundColor: color,
        borderColor: color,
        borderWidth: 1,
        data: data
    });
};

var createChartConfig = function(labels, datasets,
xLabelString, yLabelString) {
    return {
        type: 'line',
        data: {
            labels: labels,
            datasets: datasets,
        },
        options: {
            responsive: true,
            tooltips: {
                mode: 'index',
                intersect: false,
            },
            hover: {
                mode: 'nearest',
                intersect: true
            },
            scales: {
                xAxes: [{
                    display: true,
                    scaleLabel: {
                        display: true,
                        labelString: xLabelString
                    }
                }],
                yAxes: [{
                    display: true,
                    scaleLabel: {
                        display: true,
                        labelString: yLabelString
                    }
                }],
                // ticks: {min: 330000 }
            }
        }
    };
};

var createDiagramConfig = function(labels, datasets,
xLabelString, yLabelString) {
    return {
        type: 'bar',
        data: {
            labels: labels,
            datasets: datasets
        },
        options: {
            responsive: true,
            legend: {
                position: 'top',
            },
            scales: {
                xAxes: [{
                    display: true,
                    scaleLabel: {
                        display: true,
                        labelString: xLabelString

```

```

    }
  }],
  yAxes: [{
    display: true,
    scaleLabel: {
      display: true,
      labelString: ylabelString
    }
  } // ticks: {beginAtZero:true, max: 9000000}
  ]]
}
};
};

var getPeriodLabelsForChart = function (periodsQuantity) {

  var labels = [];
  for (var i = 1; i <= periodsQuantity; ++i) {
    labels.push("T" + i);
  }

  return labels;
};

var getInflationsForChart = function (inflationRateRange) {
  var labels = [];

  for (var inflationRate = 0;
    inflationRate <= inflationRateRange.max;
    inflationRate = Math.round((inflationRate+0.01) * 100)
  / 100) {
    labels.push(inflationRate + "%");
  }
  return labels;
};

var getDatasetsForIncomesChart = function(wData, sData,
mData, nData, periodsQuantity, colors) {

  var datasets = [];
  pushDatasetForChart(datasets, 'Прибуток (Максимум)',
  colors[0], mData.map(v => v.income));
  pushDatasetForChart(datasets, 'Прибуток (Критерій
Вальда)', colors[1], wData.map(v => v.income));
  pushDatasetForChart(datasets, 'Прибуток (Критерій
Севіджа)', colors[2], sData.map(v => v.income));
  pushDatasetForChart(datasets, 'Прибуток (Амортизація
капіталу)', colors[3], nData);

  return datasets;
};

var getDatasetsForIncomesDiagram = function (wData,
sData, mData, nData, periodsQuantity, colors) {

  var datasets = [];

  pushDatasetForDiagram(datasets, 'Прибуток
(Максимум)', colors[0], mData.map(v => v.income));
  pushDatasetForDiagram(datasets, 'Прибуток (Критерій
Вальда)', colors[1], wData.map(v => v.income));
  pushDatasetForDiagram(datasets, 'Прибуток (Критерій
Севіджа)', colors[2], sData.map(v => v.income));
  pushDatasetForDiagram(datasets, 'Прибуток
(Амортизація капіталу)', colors[3], nData);

  return datasets;
};

var getDatasetsForChart1 = function (resultsData,
maxminData, colors) {

  var forecastIncomes = [];
  var actualIncomes = [];

  for (var i = 0; i < resultsData.length; ++i) {
    var forecastIncome =
resultsData[i].forecastData.income;
    forecastIncomes.push(forecastIncome);

    var actualIncome = resultsData[i].actualData.income
    actualIncomes.push(actualIncome);
  }

  var datasets = [];
  pushDatasetForChart(datasets, 'Прогнозируемая
Прибуток', colors[0], forecastIncomes);
  pushDatasetForChart(datasets, 'Фактическая Прибуток',
  colors[1], actualIncomes);
  pushDatasetForChart(datasets, 'Прибуток (Максимум)',
  colors[3], maxminData);

  return datasets;
};

var getDatasetsForChart2 = function (risks, colors) {

  var datasets = [];

  pushDatasetForChart(datasets, 'Максимум риски',
  colors[2], risks.maxminRisks);
  pushDatasetForChart(datasets, 'Прогнозируемые риски',
  colors[4], risks.forecastRisks);

  return datasets;
};

// Диаграмма прибыли за год (максимум,
прогнозируемой, фактической)
var getDatasetsForChart3 = function (resultsData,
maxminData, periodsQuantity, colors) {

  var maxminTotalIncome = 0;
  var forecastTotalIncome = 0;
  var actualTotalIncome = 0;

  for (var i = 0; i < periodsQuantity; ++i) {
    maxminTotalIncome += maxminData[i];
    forecastTotalIncome +=
resultsData[i].forecastData.income;
    actualTotalIncome += resultsData[i].actualData.income;
  }

  var datasets = [];

  pushDatasetForDiagram(datasets, 'Максимум Прибуток',
  colors[3], [maxminTotalIncome]);
  pushDatasetForDiagram(datasets, 'Прогнозируемая
Прибуток', colors[0], [forecastTotalIncome]);
  pushDatasetForDiagram(datasets, 'Фактическая
Прибуток', colors[1], [actualTotalIncome]);

  return datasets;
};

```

```
// Риски прибылей за год (макмин, прогнозируемые)
var getDatasetsForChart4 = function (risks, colors,
periodsQuantity) {

    var maxminTotalRisks = 0;
    var forecastTotalRisks = 0;

    for (var i = 0; i < periodsQuantity; ++i) {
        maxminTotalRisks += risks.maxminRisks[i];
        forecastTotalRisks += risks.forecastRisks[i];
    }

    var datasets = [];

    pushDatasetForDiagram(datasets, 'Максмин риски',
colors[2], [maxminTotalRisks]);
    pushDatasetForDiagram(datasets, 'Прогнозируемые
риски', colors[4], [forecastTotalRisks]);

    return datasets;
};

var getDatasetsForChart5 = function (capitalData) {

    var capitalDepreciation = [];
    var capital = [];

    // var
    for (var i = 0; i < capitalData.length; ++i) {
        for (var j = 0; j < capitalData[i].length; ++j) {

capitalDepreciation.push(capitalData[i][j].capitalDepreciatio
n);
            capital.push(capitalData[i][j].capita
            )
        }
    }
};

var getDatasetsForChart6 = function (incomesData, color) {

    var datasets = [];
    pushDatasetForChart(datasets, 'Прибыток', color,
incomesData);

    return datasets;
};

var drawChart = function(elementId, config) {
    var ctx =
document.getElementById(elementId).getContext('2d');
    window.myLine = new Chart(ctx, config);
};

function round(value, decimals) {
    return Number(Math.round(value + 'e' + decimals) + 'e-' +
decimals);
}

var getPriceWithInflation = function (productPrice,
inflationRate) {
    return Math.round(productPrice * (1 + inflationRate));
}

var getProductQuantityByCapital = function (startCapital) {
    return round(Math.sqrt(startCapital), 1);
}
```

```
var createGenericMatrix = function(productInitialPrice,
capital, inflationRate, remainingPeriods) {

    var productPriceWithInflation =
getPriceWithInflation(productInitialPrice, inflationRate/100);

    var productQuantity = Math.sqrt(capital);
    var productPrice = productPriceWithInflation;

    var matrix = [];
    var fullDataMatrix = [];

    for (var inflationRate = 0; inflationRate <= 20;
++inflationRate) {

        var productPriceWithInflation =
getPriceWithInflation(productInitialPrice, inflationRate/100);

        var dirtyIncome = calculateIncome(productQuantity,
productInitialPrice, productPrice, productPriceWithInflation,
inflationRate/100);

        var capitalDepreciation = (capital * 0.05);
        var income = dirtyIncome - capitalDepreciation;

        var incomesByInflationRate = [];
        var fullDataByInflationRate = [];

        for (var investmentPercent = 0; investmentPercent <=
100; ++investmentPercent) {

            var investment = income * investmentPercent/100;

            var incomeRemainder = income - investment;
            var nextCapital = capital + investment;
            var nextProductQuantity = Math.sqrt(nextCapital);

            var nextIncome =
calculateSimpleIncome(nextProductQuantity,
productInitialPrice, productPriceWithInflation,
inflationRate/100);
            var nextIncomeRemainder = nextIncome - (nextCapital
* 0.05);

            var yearIncome = incomeRemainder +
nextIncomeRemainder * remainingPeriods;
            incomesByInflationRate.push(yearIncome);

            var trueInvestmentPercent = ((investment +
capitalDepreciation)/dirtyIncome)*100;
            fullDataByInflationRate.push({
                yearIncome: yearIncome,
                dirtyIncome: dirtyIncome,
                income: incomeRemainder,
                nextCapital: nextCapital,
                nextProductQuantity: nextProductQuantity,
                inflationRate: inflationRate,
                investmentPercent: trueInvestmentPercent
            });

        }
        matrix.push(incomesByInflationRate);
        fullDataMatrix.push(fullDataByInflationRate);

    }

    return {
```

```

    fullMatrix: fullDataMatrix,
    matrix: matrix
  };
};

var createMaximaxMatrix = function(productInitialPrice,
capital, inflationRate, remainingPeriods) {

inflationRate/100);

    var productQuantity = Math.sqrt(capital);

    var matrix = [];
    var fullDataMatrix = [];

    for (var inflationRate = 0; inflationRate <= 20;
++inflationRate) {

        var productPriceWithInflation =
getPriceWithInflation(productInitialPrice, inflationRate/100);
        var dirtyIncome = calculateIncome(productQuantity,
productInitialPrice, productPriceWithInflation,
productPriceWithInflation, inflationRate/100);

        var capitalDepreciation = (capital * 0.05);
        var income = dirtyIncome - capitalDepreciation;

        var incomesByInflationRate = [];
        var fullDataByInflationRate = [];

        for (var investmentPercent = 0; investmentPercent <=
100; ++investmentPercent) {

            var investment = income * investmentPercent/100;

            var incomeRemainder = income - investment;
            var nextCapital = capital + investment;

            var nextProductQuantity = Math.sqrt(nextCapital);

            var nextIncome =
calculateSimpleIncome(nextProductQuantity,
productInitialPrice, productPriceWithInflation,
inflationRate/100);
            var nextIncomeRemainder = nextIncome - (nextCapital
* 0.05);

            var yearIncome = Math.round(incomeRemainder +
Math.round(nextIncomeRemainder * remainingPeriods));
            incomesByInflationRate.push(yearIncome);

            var trueInvestmentPercent = ((investment +
capitalDepreciation)/dirtyIncome)*100;

            fullDataByInflationRate.push({
                yearIncome: yearIncome,
                dirtyIncome: dirtyIncome,
                income: incomeRemainder,
                nextCapital: nextCapital,
                nextProductQuantity: nextProductQuantity,
                inflationRate: inflationRate,
                investmentPercent: trueInvestmentPercent
            });

        }
        matrix.push(incomesByInflationRate);
        fullDataMatrix.push(fullDataByInflationRate);
    }
}

```

```

    }

    return {
        fullMatrix: fullDataMatrix,
        matrix: matrix
    };
};

var createRegretMatrix = function(matrix) {

    var regretMatrix = [];
    for (var i = 0; i < matrix.length; ++i) {
        var max = Math.max(...matrix[i]);
        var pData = [];
        for (j = 0; j < matrix[i].length; ++j) {
            var regretIncome = Math.abs(matrix[i][j] - max);
            pData.push(regretIncome);
        }
        regretMatrix.push(pData);
    }
    return regretMatrix;
};

var getInvestmentPercentByRegretMatrix = function
(regretMatrix) {

    var matrix = [];

    for (var s = 0; s <= 100; ++s) {
        var sData = [];
        for (var inflationRate = 0; inflationRate < 20;
++inflationRate) {
            sData.push(regretMatrix[inflationRate][s]);
        }

        matrix.push(sData);
    }

    var maxData = [];
    for (var i = 0; i < matrix.length; ++i) {
        var maxIncome = Math.max(...matrix[i]);
        maxData.push(maxIncome);
    }

    var minInvestmentPercent = 0;
    var minValue = maxData[0];
    for (var i = 1; i < maxData.length; ++i) {
        if (maxData[i] < minValue) {
            minValue = maxData[i];
            minInvestmentPercent = i;
        }
    }

    return minInvestmentPercent;
};

var getInvestmentPercentMaximax = function(matrixData)
{
    var tMatrix = [];

    var matrix = matrixData.matrix;

    for (var s = 0; s <= 100; ++s) {
        var sData = [];
        for (var inflationRate = 0; inflationRate < 20;
++inflationRate) {

```

```

    sData.push(matrix[inflationRate][s]);
  }

  tMatrix.push(sData);
}

var maxData = [];

for (var i = 0; i < tMatrix.length; ++i) {
  var maxInvestmentPercent = 0;
  var maxInflationRate = 0;
  var maxIncome = tMatrix[i][maxInflationRate];

  for (var j = 1; j < tMatrix[i].length; ++j) {
    if (tMatrix[i][j] > maxIncome) {
      maxIncome = tMatrix[i][j];
      maxIndex = j;
      maxInvestmentPercent = i;
    }
  }

  maxData.push({ income: maxIncome,
    inflationRate: maxIndex,
    investmentPercent: maxIndex });
}

var mInvestmentPercent = 0;
var maxValue = maxData[0].income;
var maxInflationRate = maxData[0].inflationRate;
for (var i = 1; i < maxData.length; ++i) {
  if (maxData[i].income > maxValue) {
    maxValue = maxData[i].income;
    mInvestmentPercent = i;
    maxInflationRate = maxData[i].inflationRate;
  }
}
return {
  income: maxValue,
  inflationRate: maxInflationRate,
  investmentPercent: mInvestmentPercent
};
};

var getInvestmentPercentByWald = function(matrix) {
  var tMatrix = [];

  for (var s = 0; s <= 100; ++s) {
    var sData = [];
    for (var inflationRate = 0; inflationRate < 20;
    ++inflationRate) {
      sData.push(matrix[inflationRate][s]);
    }

    tMatrix.push(sData);
  }

  var minData = [];
  for (var i = 0; i < tMatrix.length; ++i) {
    var minIncome = Math.min(...tMatrix[i]);
    minData.push(minIncome);
  }

  var wInvestmentPercent = 0;
  var maxValue = minData[0];
  // console.log(minData);
  for (var i = 1; i < minData.length; ++i) {
    if (minData[i] > maxValue) {
      maxValue = minData[i];
      // console.log(minData[i].investmentPercent);
      wInvestmentPercent = i;
    }
  }

  return wInvestmentPercent;
};

window.onload = function() {

  var productQuantity = 800;
  var productInitialPrice = 14000;

  var capital = productQuantity*productQuantity;

  var inflationRate1 = 3;
  var inflationRate2 = 6;
  var inflationRate3 = 9;
  var inflationRate4 = 12;

  var remainingPeriods = 3;
  var matrixDataForPeriod1 =
  createGenericMatrix(productInitialPrice, capital, 0,
  remainingPeriods);

  var matrix = matrixDataForPeriod1.matrix;
  var fullMatrix = matrixDataForPeriod1.fullMatrix;

  // console.log()
  // console.log(fullMatrix);

  var wData = [];
  var sData = [];
  var mData = [];

  var inflationRate = inflationRate1;

  console.log("--- Процент инвестиций ---");
  console.log("");
  var wInvestmentPercent =
  getInvestmentPercentByWald(matrix);
  console.log("Процент инвестиций в квартале 1 (Вальда)
  : " +
  fullMatrix[inflationRate][wInvestmentPercent].investmentPer
  cent);

  var regretMatrix = createRegretMatrix(matrix);
  var sInvestmentPercent =
  getInvestmentPercentByRegretMatrix(regretMatrix);
  console.log("Процент инвестиций в квартале 1
  (Сэвидж) : " +
  fullMatrix[inflationRate][sInvestmentPercent].investmentPer
  cent);

  var maximaxMatrixForPeriod1 =
  createMaximaxMatrix(productInitialPrice, capital, 0,
  remainingPeriods);
  var mFullMatrix = maximaxMatrixForPeriod1.fullMatrix;

  var maximaxDataForPeriod1 =
  getInvestmentPercentMaximax(maximaxMatrixForPeriod1);
  var mInvestmentPercent =
  maximaxDataForPeriod1.investmentPercent;

  console.log("Процент инвестиций в квартале 1
  (максимакс) : " +

```



```

mFullMatrix[maximaxDataForPeriod1.inflationRate][mInvestmentPercent].investmentPercent);

wData.push(fullMatrix[inflationRate][wInvestmentPercent]);

sData.push(fullMatrix[inflationRate][sInvestmentPercent]);

mData.push(mFullMatrix[maximaxDataForPeriod1.inflationRate][mInvestmentPercent]);

var productPriceWithInflation =
getPriceWithInflation(productInitialPrice, inflationRate/100);
var productPrice = productPriceWithInflation;

// console.log("QQDQWDASD " +
productPriceWithInflation);
var income1 = calculateIncome(productQuantity,
productInitialPrice, productInitialPrice,
productPriceWithInflation, inflationRate/100);
// console.log(income1);

var capitalDepreciation = capital * 0.05;
var incomeRemainder1 = income1 - capitalDepreciation;
var nInvestmentPercent1 =
capitalDepreciation/income1*100;

console.log("Процент инвестиций в квартале 1 (только
за износ) : " + nInvestmentPercent1);

console.log("");

inflationRate = inflationRate2;

--remainingPeriods;

var wMatrixDataForPeriod2 =
createGenericMatrix(productInitialPrice,

fullMatrix[inflationRate1][wInvestmentPercent].nextCapital,
inflationRate,
remainingPeriods);

var wMatrix2 = wMatrixDataForPeriod2.matrix;
var wFullMatrix2 = wMatrixDataForPeriod2.fullMatrix;

var wInvestmentPercent2 =
getInvestmentPercentByWald(wMatrix2);
console.log("Процент инвестиций в квартале 2 (Вальда)
: " +
wFullMatrix2[inflationRate][wInvestmentPercent2].investmentPercent);

var sMatrixDataForPeriod2 =
createGenericMatrix(productInitialPrice,

fullMatrix[inflationRate1][sInvestmentPercent].nextCapital,
inflationRate,
remainingPeriods);

var sMatrix2 = sMatrixDataForPeriod2.matrix;
var sFullMatrix2 = sMatrixDataForPeriod2.fullMatrix;

var regretMatrix2 = createRegretMatrix(sMatrix2);
var sInvestmentPercent2 =
getInvestmentPercentByRegretMatrix(regretMatrix2);

```

```

console.log("Процент инвестиций в квартале 2
(Сэвидж) : " +
sFullMatrix2[inflationRate][sInvestmentPercent2].investmentPercent);

var mMatrixDataForPeriod2 =
createMaximaxMatrix(productInitialPrice,

mFullMatrix[maximaxDataForPeriod1.inflationRate][mInvestmentPercent].nextCapital,
0, remainingPeriods);
var mMatrix2 = mMatrixDataForPeriod2.matrix;
var mFullMatrix2 = mMatrixDataForPeriod2.fullMatrix;

var maximaxDataForPeriod2 =
getInvestmentPercentMaximax(mMatrixDataForPeriod2.matrix);
var mInvestmentPercent2 =
maximaxDataForPeriod2.investmentPercent;
console.log("Процент инвестиций в квартале 2
(максимакс) : " +
mFullMatrix2[maximaxDataForPeriod2.inflationRate][mInvestmentPercent2].investmentPercent);

// wData.push(fullMatrix);

wData.push(wFullMatrix2[inflationRate][wInvestmentPercent2]);

sData.push(sFullMatrix2[inflationRate][sInvestmentPercent2]);

mData.push(mFullMatrix2[maximaxDataForPeriod2.inflationRate][mInvestmentPercent2]);

productPriceWithInflation =
getPriceWithInflation(productInitialPrice, inflationRate/100);
var income2 = calculateIncome(productQuantity,
productInitialPrice, productPrice, productPriceWithInflation,
inflationRate/100);
// console.log(income1);

productPrice = productPriceWithInflation;
var incomeRemainder2 = income2 - capitalDepreciation;
var nInvestmentPercent2 =
capitalDepreciation/income2*100;

console.log("Процент инвестиций в квартале 2 (только
за износ) : " + nInvestmentPercent2);
console.log("");
inflationRate = inflationRate3;

--remainingPeriods;

var wMatrixDataForPeriod3 =
createGenericMatrix(productInitialPrice,

wFullMatrix2[inflationRate2][wInvestmentPercent2].nextCapital,
inflationRate,
remainingPeriods);

var wMatrix3 = wMatrixDataForPeriod3.matrix;
var wFullMatrix3 = wMatrixDataForPeriod3.fullMatrix;

var wInvestmentPercent3 =
getInvestmentPercentByWald(wMatrix3);

```

```

    console.log("Процент инвестиций в квартале 3 (Вальда)
: " +
wFullMatrix3[inflationRate][wInvestmentPercent3].investmentPercent);

    var sMatrixDataForPeriod3 =
createGenericMatrix(productInitialPrice,

sFullMatrix2[inflationRate2][sInvestmentPercent2].nextCapital,
                    inflationRate,
remainingPeriods);

    var sMatrix3 = sMatrixDataForPeriod3.matrix;
    var sFullMatrix3 = sMatrixDataForPeriod3.fullMatrix;

    var regretMatrix3 = createRegretMatrix(sMatrix3);
    var sInvestmentPercent3 =
getInvestmentPercentByRegretMatrix(regretMatrix3);
    console.log("Процент инвестиций в квартале 3
(Сэвидж) : " +
sFullMatrix3[inflationRate][sInvestmentPercent3].investmentPercent);

    var mMatrixDataForPeriod3 =
createMaximaxMatrix(productInitialPrice,

mFullMatrix2[maximaxDataForPeriod2.inflationRate][mInvestmentPercent2].nextCapital,

maximaxDataForPeriod2.inflationRate, remainingPeriods);
    var mMatrix3 = mMatrixDataForPeriod3.matrix;
    var mFullMatrix3 = mMatrixDataForPeriod3.fullMatrix;

    var maximaxDataForPeriod3 =
getInvestmentPercentMaximax(mMatrixDataForPeriod3);
    var mInvestmentPercent3 =
maximaxDataForPeriod3.investmentPercent;
    console.log("Процент инвестиций в квартале 3
(максимакс) : " +
mFullMatrix3[maximaxDataForPeriod3.inflationRate][mInvestmentPercent3].investmentPercent);

    wData.push(wFullMatrix3[inflationRate][wInvestmentPercent3]);

    sData.push(sFullMatrix3[inflationRate][sInvestmentPercent3]);

    mData.push(mFullMatrix3[maximaxDataForPeriod3.inflationRate][mInvestmentPercent3]);

    productPriceWithInflation =
getPriceWithInflation(productInitialPrice, inflationRate/100);
    var income3 = calculateIncome(productQuantity,
productInitialPrice, productPrice, productPriceWithInflation,
inflationRate/100);
    // console.log(income3);

    productPrice = productPriceWithInflation;

    var incomeRemainder3 = income3 - capitalDepreciation;
    var nInvestmentPercent3 =
capitalDepreciation/income3*100;

```

```

    console.log("Процент инвестиций в квартале 3 (только
за износ) : " + nInvestmentPercent3);
    console.log("");

    inflationRate = inflationRate4;

    --remainingPeriods;

    var wMatrixDataForPeriod4 =
createGenericMatrix(productInitialPrice,

wFullMatrix3[inflationRate3][wInvestmentPercent3].nextCapital,
                    inflationRate, remainingPeriods);

    var wMatrix4 = wMatrixDataForPeriod4.matrix;
    var wFullMatrix4 = wMatrixDataForPeriod4.fullMatrix;

    var wInvestmentPercent4 =
getInvestmentPercentByWald(wMatrix4);
    console.log("Процент инвестиций в квартале 4 (Вальда)
: " +
wFullMatrix4[inflationRate][wInvestmentPercent4].investmentPercent);

    var sMatrixDataForPeriod4 =
createGenericMatrix(productInitialPrice,

sFullMatrix3[inflationRate3][sInvestmentPercent3].nextCapital,
                    inflationRate, remainingPeriods);

    var sMatrix4 = sMatrixDataForPeriod4.matrix;
    var sFullMatrix4 = sMatrixDataForPeriod4.fullMatrix;

    var regretMatrix4 = createRegretMatrix(sMatrix4);
    var sInvestmentPercent4 =
getInvestmentPercentByRegretMatrix(regretMatrix4);
    console.log("Процент инвестиций в квартале 4
(Сэвидж) : " +
sFullMatrix4[inflationRate][sInvestmentPercent4].investmentPercent);

    var mMatrixDataForPeriod4 =
createMaximaxMatrix(productInitialPrice,

mFullMatrix3[maximaxDataForPeriod3.inflationRate][mInvestmentPercent3].nextCapital,
                    maximaxDataForPeriod3.inflationRate,
remainingPeriods);
    var mMatrix4 = mMatrixDataForPeriod4.matrix;
    var mFullMatrix4 = mMatrixDataForPeriod4.fullMatrix;

    var maximaxDataForPeriod4 =
getInvestmentPercentMaximax(mMatrixDataForPeriod4);
    var mInvestmentPercent4 =
maximaxDataForPeriod4.investmentPercent;
    console.log("Процент инвестиций в квартале 4
(максимакс) : " +
mFullMatrix4[maximaxDataForPeriod4.inflationRate][mInvestmentPercent4].investmentPercent);

    wData.push(wFullMatrix4[inflationRate][wInvestmentPercent4]);

```

```

sData.push(sFullMatrix4[inflationRate][sInvestmentPercent4
]);

mData.push(mFullMatrix4[maximaxDataForPeriod4.inflationRate][mInvestmentPercent4]);

    productPriceWithInflation =
    getPriceWithInflation(productInitialPrice, inflationRate/100);
    var income4 = calculateIncome(productQuantity,
    productInitialPrice, productPrice, productPriceWithInflation,
    inflationRate/100);
    // console.log(income1);

    productPrice = productPriceWithInflation;

    var incomeRemainder4 = income4 - capitalDepreciation;
    var nInvestmentPercent4 =
    capitalDepreciation/income4*100;

    console.log("Процент инвестиций в квартале 4 (только
    за износ) : " + nInvestmentPercent4);

    var nData = [incomeRemainder1, incomeRemainder2,
    incomeRemainder3, incomeRemainder4];

    var xLabelString = 'Квартал';
    var yLabelString = 'Прибыток';

    var periodsQuantity = 4;

    var labels = ['T1', 'T2', 'T3', 'T4'];
    var datasets1 = getDatasetsForIncomesChart(wData,
    sData, mData, nData, periodsQuantity, colors);
    var config1 = createChartConfig(labels, datasets1,
    xLabelString, yLabelString);

    drawChart('canvas-1', config1);

    var getSum = function(array) {
        var sum = 0;
        for (var i = 0; i < array.length; ++i) {
            sum += array[i];
        }

        return sum;
    }
    var wSum = getSum(wData.map(v => v.income));
    var sSum = getSum(sData.map(v => v.income));
    var mSum = getSum(mData.map(v => v.income));

    // var nData = [income]
    var nSum = getSum(nData);

    console.log("--- Сумма прибылей за год ---");
    console.log("");
    console.log("Прибыль (Амортизация): " + nSum)
    console.log("Прибыль (Вальда): " + wSum);
    console.log("Прибыль (Севидж): " + sSum);
    console.log("Прибыль (Максимакс): " + mSum);

    // Подсчет прибылей
    var productPrice = 14000;
    for (var inflationRate = 0; inflationRate <= 20;
    ++inflationRate) {

```

```

        var productPriceWithInflation =
        getPriceWithInflation(productPrice, inflationRate/100);

        var income = calculateIncome(800, productPrice,
        productPriceWithInflation, productPriceWithInflation,
        inflationRate/100);
        // console.log(income)
    }

    var datasets2 = getDatasetsForIncomesDiagram(wData,
    sData, mData, nData, periodsQuantity, colors);
    var config2 = createDiagramConfig(labels, datasets2,
    xLabelString, yLabelString);
    drawChart('canvas-2', config2);
    };

    })();

```