

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет комп'ютерних систем та автоматики
Кафедра комп'ютерних систем управління
Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
Освітньо-професійна програма Інтелектуальні комп'ютерні системи

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри КСУ
Дубовой В.М.

« ___ » _____ 2019 року

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Розробка комп'ютерної системи оптимального управління системами проектів виробництва. Частина 2. Оптимізація і планування процесів освоєння і випуску продукції з урахування життєвих циклів продуктів
08-01.МКР.009.00.000

Студент групи 2АКІТ-18м Желюк О.Г.

Керівник д.т.н., професор Боровська Т.М.

Рецензент к.т.н, доцент Паламарчук Є.А.

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет комп'ютерних систем та автоматики
 Кафедра комп'ютерних систем управління
 Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр
 Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
 Освітньо-професійна програма Інтелектуальні комп'ютерні системи

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри КСУ

В.М. Дубовой

“ 02 ” 09 2019 року

Протокол №1 засідання кафедри КСУ від 02.09.2019

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Желюку Олександрю Геннадійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської кваліфікаційної роботи «Розробка комп'ютерної системи оптимального управління системами проектів виробництва. Частина 2. Оптимізація і планування процесів освоєння і випуску продукції з урахування життєвих циклів продуктів» керівник магістерської кваліфікаційної роботи Боровська Таїса Миколаївна, д. т. н., професор.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “02” 10 2019 року № 254

2. Строк подання студентом магістерської кваліфікаційної роботи 12.12.2019 р.

3. Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи

кількість продуктів виробництва до 8, кількість проектів в системі – 4-10, тривалості проектів номінальні 3 - 24 місяці, управління проектами: оптимальне агрегування, критерій: сумарне накопичення, управління: термінальне, згідно структури системи проектів.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) – 1- аналіз аналогів і прототипів виробництв і проектів розвитку виробництв; 2 – вибір методів оптимізації, математичні моделі оптимального агрегування виробництва і розвитку; 3 – розробка програм оперативного управління виробництвом та стратегічного – проектами і системами проектів; 4 – аналіз і вибір управління ринковими вікнами та розроблених програм.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1 – мета і задачі дослідження; 2 – залежність оптимального розподілу ресурсів від рівня навантаження; 3 – порівняння проектів при різних ставках кредиту. Модуль підтримки рішень; 4 – аналіз і вибір стратегій повернення кредитів. Модуль підтримки рішень; 5 – система моделей функціонування і розвитку на базі оптимального агрегування; 6 – ієрархічна структура для системи проектів на базі оптимального агрегування; 7 – аналіз моделей і систем ринкових вікон; 8 – структура моделей і програмних модулів для системи проектів; 9 – результати ризик аналізу – частотні розподіли; 10 – тестування задачі параметричного оптимального агрегування структури з 4-х функцій

«витрати , випуск»; 11 – тестування задачі параметричного оптимального агрегування. Оптимальні розподіли ресурсів; 12 – Оптимальне управління ринковими вікнами на базі оптимального агрегування. Тестова структура

6. Консультанти розділів магістерської кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-3	д.т.н., професор кафедри КСУ Боровська Т.М.		
4	к.е.н., доцент кафедри ЕПВМ Ратушняк О.Г.		

Календарний план

№ з/п	Назва етапів Роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз та огляд сучасних автоматизованих систем і задач управління системами проектів виробництва	07.10.2019р.	
2	Аналіз, вибір та розробка математичних моделей процесів функціонування і розвитку сучасних системам проектів виробництва	15.10.2019р.	
3	Розробка робочих моделей комплексних проектів розвитку виробництва з урахуванням життєвих циклів продукції і ринкових вікон	22.10.2019р.	
4	Розробка програмного забезпечення системи	29.10.2019р.	
5	Математична модель поточної ефективності і прогнозу кінцевого стану виконання проекту.	05.11.2019р.	
6	Тестування програмного забезпечення	12.11.2019р.	
7	Економічна частина	19.11.2019р.	
8	Оформлення пояснювальної записки, графічного матеріалу і презентації	25.11.2019р.	
9	Захист МКР	12.12.2019р.	

7. Дата видачі завдання “ 05 ” 09 2019 року

Студент _____ Желюк О.Г.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____ Боровська Т.М.

	4
АНОТАЦІЯ	6
ВСТУП.....	8
1 АНАЛІЗ СТАНУ ПРОБЛЕМИ УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ І СИСТЕМАМИ ПРОЕКТІВ.....	12
1.1. Базові математичні моделі проектів розвитку виробництва	12
1.2. Виробнича система як об'єкт управління.....	18
1.3. Основи методів оптимального агрегування	19
1.4. Огляд оптимально агрегованих моделей процесів розвитку.....	23
1.5 Аналіз і класифікація узагальнених моделей систем проектів і ринків продуктів виробництва	32
1.6 Висновки до розділу 1	35
2 РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ СИСТЕМОЮ ПРОЕКТІВ З УРАХУВАННЯМ ЖИТТЄВИХ ЦИКЛІВ ПРОДУКЦІЇ	36
2.1 Вибір і обґрунтування моделі системи проектів як об'єкт управління з урахуванням життєвих циклів продукції.....	36
2.2 Математичні моделі ринків і життєвих циклів продукції.....	38
2.3 Узагальнення моделі життєвого циклу продукту виробництва.....	44
2.4 Розробка підсистеми управління ринковими вікнами на базі елементів системи проектів.....	49
2.5 Висновки до розділу 2	52
3 РОЗРОБКА І ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМ МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ.....	54
СИСТЕМОЮ ПРОЄКТІВ	54
3.1 Зміст і етапи типового проекту розвитку, на базі стандартних показників і з урахуванням впливу невизначеностей	54
3.2 Аналіз структури і властивостей модуля «монопроект». Параметризація оптимально агрегованих систем	58
3.3. Аналіз альтернативних модулів параметризації в монопроектах.....	59
3.4 Висновки до розділу 3	66
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	67

4.1 Технологічний аудит розробленої комп'ютерної системи оптимального управління системами проектів виробництва	67
4.2 Розрахунок витрат на розробку	70
4.3 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки	74
4.4 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та період їх окупності... ..	75
4.5 Розрахунок відносної ефективності вкладених коштів в НДДКР	76
4.6 Розрахунок терміну окупності коштів, вкладених в наукову розробку	77
4.7 Висновки до розділу 4	77
ВИСНОВКИ.....	78
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	80
ДОДАТКИ.....	87
Додаток А	88
Додаток Б.....	92
Додаток В – Перелік графічних матеріалів	93

АНОТАЦІЯ

Дослідження присвячено актуальній темі – управління системами проектів з урахуванням життєвого циклу продукції. Розроблено базові математичні моделі ринкових вікон – класичних і з урахуванням конкуренції. Розроблена узагальнена модель проекту оптимального розвитку виробничої системи з урахуванням ринкових вікон. Поставлена і вирішена задача оптимального агрегування системи проектів, де кожен проект подається нелінійною, нестационарною агрегованою динамічною системою з параметрами. Виконано моделювання тестової системи проектів з паралельною і послідовною структурами. Переваги розробки – зняття проблем розмірності системи і математичних обмежень на функції «витрати, випуск» лінійність, неперервність.

ABSTRACT

This research is devoted to an important topic – Project management information system including product life cycle. Having been developed basic math models of the market classic and with including competition windows. Having been developed the general project model of optimal manufacture development including market windows. Having been set and solved problem of the project system optimal aggregating where each project is having been set as nonlinear, nonstationary aggregated dynamic system with parameters. Having been done modeling of the testing project system with parallel and sequential structures.

ВСТУП

Актуальність проблеми. В даній роботі розглядаємо проекти побудови нових або реконструкції і розвитку вже існуючих виробничих систем, що виробляють продукти які мають попит на ринках. «Управління проектами» – класична наука з певними практичними і теоретичними напрацюваннями, але вона не відноситься до категорії «що нового можна ще додати». Причина – прискорення розвитку виробничих та інформаційних систем, глобалізація, зростання ефективності і продуктивності виробництва і обчислювальних систем. В підсумку наявні наукові напрацювання в області управління проектами втратили практичну цінність. Наука управління проектами поки не вийшла з стадії ефективного менеджменту. Оптимізація процесів виробництва і розвитку ускладнюється високою розмірністю, динамічністю і суттєвою нелінійністю і стохастичністю сучасних виробничих систем. Це потребує розробки нових моделей, методів і програм для нових автоматизованих систем управління. Тема роботи безумовно актуальна і одночасно реалізується на базі методології оптимального агрегування. Підстава цього – напрацювання школи наукового керівника, монографії і захищені дисертації. Однак розробка не є повторенням виконаних досліджень: урахування в моделі проекту життєвих циклів продуктів виробництва – виконується вперше без прямих аналогів.

Тема комплексної роботи – Розробка комп'ютерної системи оптимального управління системами проектів виробництва

Тема даної роботи (друга частина комплексної роботи). Частина 2. Оптимізація і планування процесів освоєння і випуску продукції з урахування життєвих циклів продуктів.

Існує декілька причин того, що не можна без змін нескінченно випускати один і той же продукт:

– товари тривалого використання, наприклад, меблі кухонні продаються так: рітейлер відкриває пункт продажу в районах новобудов, продає повні

комплекти для нових квартир, потім компоненти наборів на заміну, а потім – ринок кухонних наборів насичений на роки;

– обмежений локальний чи сезонний ринок – проект такого виробництва повинен працювати в певному «імпульсному» режимі, приклад - новорічні дарунки;

– ринкове вікно інноваційного продукту в умовах конкуренції – в багатьох галузях часто змінюються моди і моделі, тому неприпустимо випустити вперед конкурентів;

– продукти харчування мають відносно стабільний, але обмежений темп попиту, а головні проблеми попит – жорстка конкуренція.

Все це в підсумку вимагає розробки нових моделей і методів розробки і реалізації виробничих систем в певному сегменті продуктів виробництва. Саме цим аспектам присвячена робота.

Зв'язок з науковими програмами, планами, темами. Магістерська робота виконана відповідно до плану науково-дослідних робіт кафедри комп'ютерних систем управління Вінницького національного технічного університету. Дана робота збігається з основними науковими напрямками кафедри комп'ютерних систем управління і повністю відповідає напряму «комп'ютерно-інтегровані системи», програмну реалізацію яких забезпечують методи оптимального агрегування. Задачі, що розглянуті в роботі, відповідають планам найважливіших науково-технічних програм Міністерства освіти і науки України: 15 – Автоматизація і приладобудування.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є підвищення ефективності управління сучасними системами проектів розвитку виробництва за рахунок розробки і використання узагальненої моделі системи проектів, побудованих на базі методології оптимального агрегування та методів прикладного системного аналізу.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі задачі:

– провести аналіз стану розробки моделей систем проектів як динамічних систем і методів оптимального управління системними проектами розвитку

виробництва;

- виконати аналіз типових систем проектів як динамічних структур з урахуванням специфіки ринків і ритейлу як методів виробництва, доведення продуктів виробництва до кінцевого користувача, та методів рециклінгу – ефективного використання відходів виробництва і використання;

- виконати аналіз моделей сучасних ринків, зокрема з неповною інформацією і обмеженнями попиту і конкуренцією;

- розробити узагальнену параметризовану модель проекту як елемента системи проектів, отримати узагальнену математичну модель оптимального розвитку системи проектів з урахуванням моделей ринку;

- проаналізувати альтернативи оптимального агрегування систем проектів як складних технологічних перетворювачів класу «витрати, випуск» з урахуванням обмежень ринків і виконати моделювання тестової системи проектів з альтернативними моделями ринків;

Об’єкт дослідження – процеси функціонування тестової системи проектів з альтернативними методами управління розвитком і функціонуванням.

Предмет дослідження – методи оптимального управління системи проектів з урахуванням обмежень ринку..

Методи дослідження: методи прикладного системного аналізу в побудові моделей проектів, методи оптимального агрегування в управлінні проектами.

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Покращено модель проекту оптимального розвитку, де на відміну від існуючих моделей управління проектом вводиться обмеження попиту, що дає змогу підвищити ефективність оптимального розподілу ресурсів між проектами з урахуванням профілів попиту.

2. Покращено бінарний оператор оптимального агрегування паралельної структури системи проектів, де, на відміну від існуючого оператора оптимального агрегування паралельної структури виробництв, вводиться в

оператор параметр «обмеження ринку», що дає змогу підвищити ефективність управління паралельною структурою системи проектів.

Практичне значення одержаних результатів першу чергу в отриманні програмної системи для вивчення, дослідження і розробки модулів «попит» для системи управління проектами. Сьогодні по можливості в склад розробки нової системи управління включають програмні засоби для отримання знань на «віртуальній реальності». Відмінність від існуючих стендів, що відтворюють існуючий об'єкт наша розробка відтворює новий проект – «віртуальну реальність». Оптимально агреговані моделі є задовільно адекватним через відсутність спрощень. Зокрема це такі програми для досліджень:

- модуль моделювання проекту при варіації часу обмежень ринків;
- модуль моделювання проекту при наявності випадкових збурень цін;
- модуль дослідження варіації параметрів моделей проектів.

Всі розроблені програмні модулі успішно пройшли тестування, яке підтвердило коректність і ефективність нових математичних моделей параметризованого оптимального агрегування.

Особистий внесок магістранта. В роботі [59], опублікованій у співавторстві, використовуються результати, отримані особисто магістрантом – розробка мобільного інтерфейсу управління, що дає змогу зручно керувати пристроями у віддаленому режимі.

Апробація результатів. Основні положення та результати виконаних в магістерській роботі досліджень доповідались та обговорювались на конференціях:

- XLVIII Науково-технічна конференція підрозділів Вінницького національного технічного університету (2019).

Публікації. Результати теоретичних і експериментальних досліджень викладені і опубліковані в друкованій праці [59]. Подана заявка на реєстрацію авторського права на твір: «Моделювання проекту оптимального розвитку виробництва з оптимальною кредитною стратегією»

1 АНАЛІЗ СТАНУ ПРОБЛЕМИ УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ І СИСТЕМАМИ ПРОЕКТІВ

В розділі виконується аналіз публікацій з проблем управління проектами розвитку виробничих систем. Розглядаються три групи питань: сучасна технологічна система (ТС) як об'єкт управління; задачі розвитку сучасних ТС та моделі процесів функціонування і розвитку.

1.1. Базові математичні моделі проектів розвитку виробництва

Проект – занадто широко вживаний до «самоочевидності» термін, особливо в англійській термінології. Визначимо спочатку базові поняття роботи. В даній роботі – об'єкти – виробничі системи: виробництво-1 продукції для кінцевого користувача; виробництво-2 засобів і ресурсів виробництва кінцевої продукції; логістика, обслуговування, ритейл – продаж продуктів кінцевим користувачам. Незвичним виробництвом є рециклінг – переробка відходів виробництва. З точки зору ресурсного підходу найбільш безсенсовною є виробництво і продаж дрібних упаковок для продуктів харчування, косметики, прикрас та ін. Упаковки називають «товарами на 20 хвилини». Вартість упаковки складає 50-70% вартості цільового продукту, але це дрібниці порівняно з тонами упаковок на звалищах. Проблема відходів може бути вирішена тільки в рамках систем проектів ефективного замикання життєвих циклів «виробництво, ритейл, використання, рециклінг» [1-8].

Це фундаментальна проблема системного аналізу, розробки нових моделей і методів, що поки вирішуються засобами інформаційних технологій та ефективного менеджменту.

Визначення базових понять. В умовах динамічних глобалізованих систем в руках проектанта і виробника повинен бути повний технологічний цикл – від розробки до утилізації технічної системи. Тобто терміни повинні бути формалізованими. Використовуємо ресурсний підхід [41, 47].

Ресурси – матеріальні, інформаційні, енергетичні та інші витрати в процесах виробництва і розвитку. Власні, зовнішні ресурси – системно-

аналітичні поняття, що залежать від того, як проводяться границі системи: власні ресурси – ті, що створені в границях системи [9-19].

Продукти виробництва – результати виробництва,- матеріальні об'єкти, що задовольняють потреби і мають ціну і цінність, інформаційні та інтелектуальні продукти – математичні моделі, програми, дані вимірювань станів функціонування та ін. Продукти у виробничих системах і системах проектів можуть мати внутрішнє і зовнішнє виростання (продаж).

Підсистем виробничої системи – це сукупність обладнання (виробничих потужностей), виконує певні технологічні операції. Сьогодні не високотехнологічне виробництво неконкурентне, тому підсистеми виробництва мають інтегровані підсистеми розробки і модифікації програмного забезпечення, лабораторії контролю молекулярного складу і структури деталей та інше. Такі підсистеми» віднесемо до класу «*інтегровані системи виробництва, розвиток*». В підсумку розглядаємо такі класи підсистем «виробництво», «виробництво, розвиток», «виробництво, рециклінг», «обслуговування і логістика», «інновації».

Залежно від рівня технологічного процесу, технологічним об'єктом управління можуть бути технологічні агрегати і установки, групи верстатів, окремі виробництва (цехи, дільниці), що реалізують окремі частини загального процесу виробництва [16].

Система управління виробництвом; сукупність підсистем виробничої системи, інформаційної системи, модулів управління, виконавчих елементів, зв'язків інформаційних та ресурсних, та імітаційних моделей – предикторів та «цифрових копій» виробничої системи [3].

Процес функціонування виробничої системи – технологічне перетворення вхідних ресурсів у вихідні продукти – цільові і побічні (відходи, ресурси інших технічних процесів) без суттєвих змін технології, ефективності та виробничої потужності.

Процес розвитку виробничої системи – зміна технології, конструкції та виробничих потужностей, а також структурні зміни – закриття і відкриття

підсистем, простій та простоювання, консервація ТС [45].

Процес освоєння та випалювання дефектів, в результаті чого ефективність і надійність досягають планових показників. потім реалізуються, як нові потужності в процесах «розвитку» і власне в процесах «виробництва продукції» [3]. Відносно нова в інформаційно-фінансовому аспекті – розподіл ресурсів ВС (виробничої системи) між розвитком, виробництвом та іншими витратами. В математичному аспекті задачі розвитку і освоєння в рамках класичних методів не вирішуються через проблеми розмірності [63].

При застосуванні методології оптимального агрегування можливість розв’язання задач аналізу і синтезу оптимального управління обмежується тільки професійним рівнем та природним інтелектом процес з функціональними підсистемами «освоєння», «розвиток», «виробництво». За термінологією [53] сучасне виробництво є «трипродуктовим». Продукти це – нові технології, – нові виробничі системи, – продукти для індивідуального і суспільного використання).

От саме ці складові необхідно відобразити в моделях проектів

Оперативне управління – визначення і реалізація поточних управлінських дій, метою яких є зміна в бажаному напрямку поточного стану технологічної системи[4]

Стратегічне управління – визначення і реалізація поточних управлінських дій, метою яких є зміна стану технологічної системи в певний кінцевий період, тобто зміна майбутнього стану через зміни поточних[4]

Оптимальна стратегія управління – функція часу або фазових координат технологічної системи така, що забезпечує екстремум певного показника в кінцевий момент процесу. Для задач розвитку це звичайно інтегральні критерії типу «накопичений випуск продукції за плановий період», «накопичені витрати за плановий період» при відповідних обмеженнях на ресурси і обсяги випуску [39].

Технологічний елемент – перетворювач певних ресурсів у певний продукт. Ресурс і продукт вважаються вимірюваними. Технологічний елемент

вважається нероздільним. Розподілені технологічні системи можуть бути багатопродуктовими і багаторесурсними [25].

Вважається, що завжди можна агрегувати ресурси і продукти [25, 33, 36, 42]. Це дає нам можливість розглядати агреговані – одноресурсні, однопродуктові технічні системи, оптимально агреговані та ін..

Продукт – результат виробництва, що знайшов використання за межами, або в середині системи. Це вироби, матеріали, продукти, інформація та ін [5].

Функція виробництва (ФВ) – залежність між кількістю витрачених ресурсів і кількістю виробленого продукту в деякій технологічній системі. Модель виробничої функції – математичний опис ФВ для певного класу реальних технологічних елементів. Далі, за замовчуванням, замість терміну "модель виробничої функції" використовуємо термін " функція виробництва" (ФВ) [39-41].

Ресурсні зв'язки і структури. Підсистеми виробничих систем і виробничих систем поєднуються в підсистеми вищого рівня. Розглянемо типові ресурсні структури виробництва. Відрізняємо ресурсні структури виробництва і продукту виробництва. Порівняємо поняття: «структура виробництва велосипедів» і «структура виробу велосипед ». Звертаємо увагу на ці «самоочевидні» поняття, тому що дана робота базується на методології оптимального агрегування, яка радикально відрізняється від методів і методологій класичної науки. Стисло подаємо відмінності *проблем і методів* класичної науки і методів оптимального агрегування [63].

Класичні методи – рішення багатовимірних задач пошуку коренів, екстремумів інтелектуальним методами; - спрощення математичних моделей об'єктів на базі лінеаризації, рядів Лапласа, Фур'є та ін. відсутність ефективних методів декомпозиції моделей об'єктів високої розмірності [6, 20-25, 35-38].

Методи оптимального агрегування – моделі дискретизовані, методи базуються на теорії виробництва та фундаментальних можливостях комп'ютерів: векторизації (розпаралелювання), символічних обчислень. Оптимальне агрегування знімає проблему розмірності виробничих систем:

обчислювальні витрати зростають не більше ніж лінійно із зростанням розмірності об'єкта. Алгебра оптимального агрегування дозволяє замінити N -вимірну задачу нелінійного програмування (екстремум функції при обмеженнях системою з $(N-1)$ одновимірних задач нелінійного програмування [40] . Тому вибрано для оптимізації метод прямого перебору, що позбавлений проблем пошуку, дозволяє виконувати паралельно оптимізацію задач одного рівня в бінарному дереві оптимального агрегування. Прямий перебір дозволяє виключити в програмах оператори умовних переходів – гальмо для сучасних комп'ютерів в одновимірних задачах. Операційна суть оптимального агрегування – заміна вибору точки в багатовимірному просторі системою виборів точки в одновимірних фазових просторах. Так поставив стратегічну мету своїх досліджень Р. Беллман [54].

Підсумок порівняння – важкі проблемні задачі класичних методів неактуальні або відсутні в методології оптимального агрегування, а методи оптимального агрегування дозволяють ставити і вирішувати задачі, недоступні для класичних методів. Проблеми оптимального агрегування відносяться до прикладного системного аналізу – конструювання ресурсних математичних моделей функціонування і розвитку виробничих систем. Тобто ці методи не мають перетину в області проблем моделювання і розробки систем управління [7].

Однак не є безнадійним виростання знань класичної науки, а що стосується робіт в області теорії динамічних систем, складних задач динаміки нелінійних об'єктів і варіаційних задач, то можливості цих напрацювань математиків минулого далеко не вичерпані. Саме для задач оптимального розвитку, управління кінцевим станом, потрібні інноваційні моделі і методи [8].

Типові ресурсні структури – паралельні, послідовні та ін. є об'єктами алгебри оптимального агрегування. Паралельні структури можуть складатись з ідентичних можуть мати однакові технології і продукти виробництва, можуть бути багатопродуктовими, у системах проектів багато продуктова система може виробляти комплект продуктів, з яких збирається певний кінцевий продукт:

сервізи посуду, комплекти меблів чи одягу. Сьогодні поширені конвеєрні потужні виробництва автомобілів різних класів, комп'ютерів, засобів мобільного зв'язку, продуктів харчування. Для таких виробництв – головна проблема «точно в термін» правилами розподіляється між елементами, а виходи усіх елементів об'єднуються в сумарне виробництво продукту [63].

Неважко побудувати моделі для послідовно поєднаних систем. На базі моделей паралельно і послідовно поєднаних систем можна будувати моделі виробничих систем з довільними структурами. Вище були згадані три рівня продукції виробництва: «освоєння», «розвиток», «виробництво». Введемо ще одну функцію з функцій трьох рівнів [63].

Функція розвитку – залежність між обсягом ресурсів, що вкладаються в розширення виробничої потужності (максимального значення ФВ), і прирощенням виходу "продукції". В цій роботі поняття "функція виробництва", "функція розвитку", "оцінка" – конкретні, суто технологічні показники [42, 44, 48, 50].

Змістовно функція розвитку – це виробництво засобів виробництва. В математичному аспекті витрати розвитку змінюють параметри функції виробництва – ефективність, виробничу потужність, витрати простою (математичні моделі – в наступному розділі). Функція виробництва при наявності розвитку буде вже нестационарною – змінною в часі [49].

Плановий період – інтервал часу від початку розвитку до моменту, коли це виробництво вичерпує свої можливості, замінюється принципово іншими за технологією і навіть за призначенням. Оптимальний процес розвитку – результат рішення варіаційної задачі з інтегральним критерієм типу «накопичений сумарний прибуток за плановий період» [26-34].

Цей результат – функція часу або координат стану динамічного об'єкта. Ці функції задають управління на весь період процесу. При умові, що параметри об'єкта управління зберігають номінальні (розрахункові) значення, а управління в кожен момент часу – відповідає оптимальній стратегії, то інтегральний критерій якості процесу буде екстремальним.

Розвиток – зміна виробничих потужностей, номенклатури, конструкцій і технологій продуктів виробництва. Природна головна підприємства – виживання глобальній ринковій системі, з точки зору наукового забезпечення – підвищення ефективності виробництва і циклу використання продукції.

З точки зору науки підручників ефективності неможливо отримати для виробництва і продуктів цього виробництва на стадіях проектування і виконання проектів. Але це можливо на базі фундаментальних інновацій науки моделювання, що отримали в популярних публікаціях назву «цифровий двійник», «цифрова копія». Маються на увазі імітаційні моделі реальних об'єктів, що розробляються і будуються. Саме методи оптимального агрегування дають такі можливості [64]

1.2. Виробнича система як об'єкт управління

Виробнича система – сукупність функціонально взаємозв'язаних комплексів технологічного оснащення, продуктів виробництва та персоналу для виконання в регламентованих умовах виробництва заданих технологічних процесів або операцій. Особливість виробничих систем – ієрархічність, наявність математичних моделей різного рівня деталізації. Дослідженням ієрархічних виробничих систем присвячена велика кількість статей і монографій написаних вченими з різних областей науки – технічними спеціалістами, економістами, математиками, спеціалістами з електротехніками, ракетно-комічної техніки [40, 53]. Особливо слід виділити Коуза – економіста, Нобелівського лауреата, автора «теореми Коуза»: «економіка – сервіс в укладанні і виконанні контрактів та утримання організацій». Сьогодні державні економіки вирішують, скільки треба: надрукувати, спалити, або роздати грошей громадянам для підтримки стабільності держави.

Сьогодні функції фінансистів все більше забирають комп'ютерні програми, дещо подібне маємо в транспорті: безпілотні вантажівки, лайнери, трактори і комбайни. У виробництві маємо: легкові авто зібрані роботами, і авто ручного збирання. Одна з функцій спеціаліста сучасного підприємства –

написання програм управління виробничими елементами і системами [8].

1.3. Основи методів оптимального агрегування

Розглянемо стисло основи побудови систем управління проектами побудови і модифікації виробничої системи на базі рішень відповідних задач оптимального агрегування. В межах роботи віддаємо перевагу розробці і дослідженню нових робочих моделей. Робоча модель – математична модель записана в певній програмній платформі. Нагадаємо, що поширені програмні платформи дозволяють включати в програми даної платформи модулі написані на інших мовах. Пакети MathCAD, Excel, VisSim можуть включати програмні модулі інших пакетів. Такі можливості корисні на етапах розробки моделей

Найбільш близькими для теми даної роботи є праці [41]. Перш ніж проаналізувати стан теорії і практики управління розвитком розглянемо практичні аспекти.

Еволюція структури сучасних виробничих системах. Вибір базових технологічних об'єктів. Для сучасних виробничих систем важко провести границі окремих виробничих елементів. Границі і склад сучасних виробничих систем сьогодні є розмитими, динамічними: одна корпорація входить до складу вітчизняного підприємства, завтра його власники – закордонна фінансова група. *Новий об'єкт* – монопроект розвитку виробництва і системи проектів. *Нова технічна задача роботи* – дослідження можливостей агрегування системи проектів – заміна математичних моделей окремих проектів системи однією еквівалентною моделлю. Можливість отримання оптимальної еквівалентної моделі системи проектів виходить за рамки магістерської роботи: об'єкти методології оптимального агрегування статичні – це функції «витрати, випуск». Об'єкти оптимального агрегування проектів – складні нелінійні і нестационарні динамічні об'єкти – «проекти». Зовнішніх аналогів для даної роботи не знайдено.

Тобто тема роботи нова і в теоретичному і практичному аспектах. В роботах-прототипах не розглядалися структурні зміни в моделі проекту:

введення в номенклатуру нових видів продуктів та виключення певних старих. На рис. 1.1 наведено приклад процесу оптимального агрегування виробничої системи з чотирьох підсистем [37, 39-41].

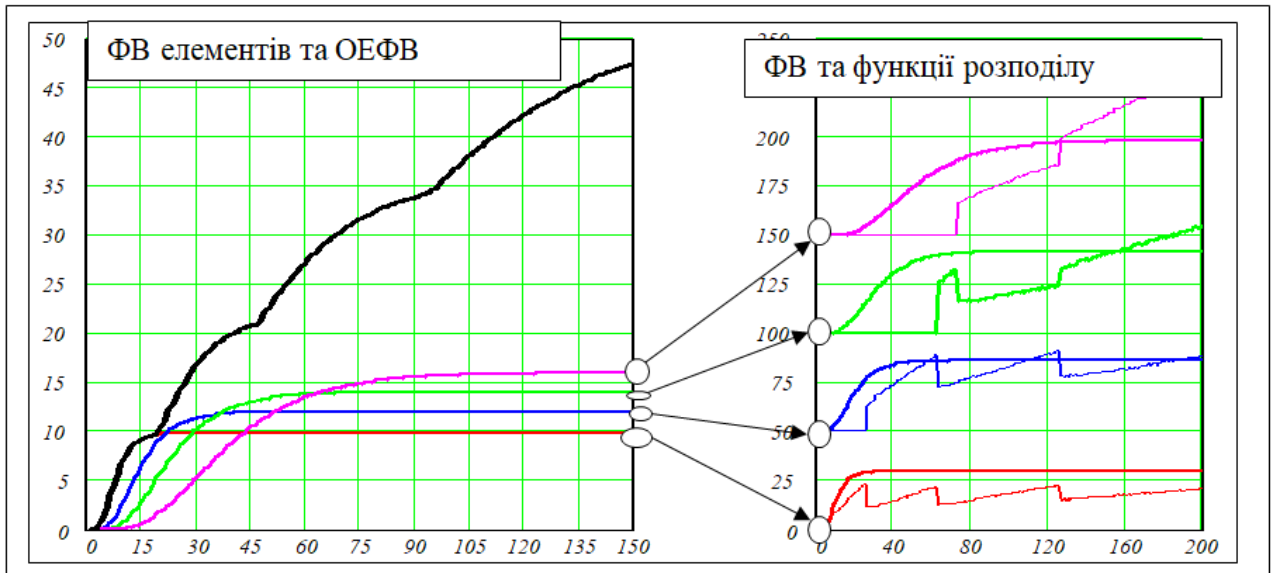


Рисунок 1.1 – Залежність оптимального розподілу ресурсів від рівня навантаження для багатопродуктової системи

На рис.1.1. ФВ є увігнуто-випуклими – S-функціями, бачимо: функції оптимального розподілу ресурсів – розривні. Такі функції характерні для сучасних виробництв. Сучасна економіка застрягла на функції Кобба-Дугласа, тому що оптимальні управління – розривні, а класичні методи нелінійного програмування з такими функціями не працюють [63].

Перша унікальна особливість оптимального агрегування: в бінарні оператори оптимального агрегування вбудована оптимізація розподілу ресурсів. Друга унікальна особливість – обчислювальні витрати з ростом розмірності системи не більше, ніж лінійно [55].

Звернемо увагу на таку математичну дрібницю: початкові математичні об'єкти даної розробки – функції класу «витрати, випуск», на рис. 1.1 вводиться новий клас об'єктів – операторів, що відображують не «точку в точку», «функцію в функцію». Подано приклад – оптимальне агрегування паралельної структури, де оператор оптимального агрегування паралельних структур перетворює чотири функції виробництва в одну функцію – ОЕФВ: оптимальну еквівалентну функцію виробництва [64].

Моделі і методи оптимального агрегування відрізняються від аналогів тим, що класичні роботи починаються з формалізоване викладення обмежень: лінійність, строга монотонність, випуклість, наявність неперервних похідних, а потім за допомогою аналітичних методів знаходиться точне чи наближене аналітичне розв'язання інтелектуально пошуковими числовими методами, обчислювальні витрати яких зростають комбінаторно. Теорії будуються навколо зручних класів функцій – логарифмічних, експоненційних, Пуассонівських, Гаусівських [9].

В пошуку за ключами «оптимальне управління проектами», «оптимальне управління розвитком» видається 10000-100000 документів. З них 1-5 релевантних, обговорювані та вторинні наукові публікації [10].

Книга «Модельовання систем, що розвиваються» [53] випередила час на 20-40 років. У цій книзі розглянуті властивості систем, що розвиваються, формалізоване відображення і вивчення яких вимагає розвитку існуючих моделей динамічних систем. Вводиться новий клас динамічних моделей, базований на нелінійних інтегро-функціональних рівняннях з передісторією. Доведені теореми про існування і єдиність рішень, проведені якісні і числові дослідження властивостей рішень, вирішені різні оптимізаційні задачі, досліджені задачі модельовання розподілу ресурсів між виробництвами різних продуктів, модельовання процесу накопичення цукру в цукровому буряку та інше. Технології узагальненого виробництва і технології розширення виробництва дозволяють поставити задачу максимізації накопиченого прибутку за рахунок оптимального розподілу власних та зовнішніх ресурсів між накопиченням та розширенням виробництв, а також розподілу ресурсів між напрямками розвитку розподіленої системи. Мета накопичення – створити ресурси для нових виробництв, нових проектів. Тому, як основний критерій оптимізації проектів вибираємо сумарне накопичення за період виконання проекту [41, 54].

Інформаційні технології побудови математичних моделей виробничих систем. В індустріальну, докомп'ютерну епоху математичні моделі

виробництва і виробничих систем були результатом тривалого накопичення статистики, регресійного та кореляційного статистичного аналізу. Знайти «механізми» що є причинами даних могли видатні вчені – Кондратьєв, С.Кузнец, В.Леонтьєв, П.Самуельсон – переважно нобелівські лауреати [11].

В нашу постіндустріальну, комп'ютеризовану епоху Дж. Форрестер запропонував для створення моделей виробництва використовувати «породжуючі механізми». У таблиці 1.2 подано схему "породжуючого механізму" для використаної в методах оптимального агрегування. В літературі така структура названа «баштою моделей». На кожному рівні діє механізм зростання з обмеженням, що має внутрішні зворотні додатні і від'ємні зв'язки (33 це не «тридцять три») та зовнішні входи від вищого рівня ієрархії. Такі башти моделей характерні для екологічних систем. Для виробничих систем це – розробка виробів і технологій ("виробництво інтелектуальної продукції") – створення виробничих потужностей – засобів виробництва; - виробництво продукції - продуктів і виробів [39-41].

Таблиця 1.2 – Багаторівнева модель розвитку виробничої системи

Рівень	Математична модель	Інтерпретація міжрівневих зв'язків	Інтерпретація функцій
1	$\frac{d}{dt} x_1 = f_1(x_1, x_0, Vp_1)$	x_0 – максимальне значення $f_1(.)$	Функція освоєння
2	$\frac{d}{dt} x_2 = f_2(x_2, x_1, Vp_2)$	x_1 – максимальне значення $f_2(.)$	Функція розвитку
3	$\frac{d}{dt} x_3 = f_3(x_3, x_2, Vp_3)$	x_2 – максимальне значення $f_3(.)$	Функція виробництва

У великих системах зв'язки між рівнями замикаються. В роботі обмежуємося моделями рівнів 2 і 3 з урахуванням дії механізмів розвитку. Ієрархічна модель процесів розвитку добре узгоджується з емпіричними даними про "швидку" і "повільну" виробничу функцію виробничих систем. Виробничі функції розглядаємо як зовнішній емпіричний факт, обґрунтований теоретично. Обрана багаторівнева модель узагальнених ФВ визначає процеси

функціонування і розвитку [41].

Процес функціонування – процес нижнього рівня, виходом якого є певний матеріальний чи інформаційний продукт.

Процес розвитку – процес середнього рівня, виходом якого є узагальнена "функція виробництва". Розвиток може бути і зворотним, коли "виробничі потужності" згортаються, конвертуються, утилізуються.

Процес "навчання" – процес третього – верхнього рівня, інтерпретація якого – підвищення ефективності перетворення ресурсу в продукт на першому і другому рівнях. Джерело "навчання" – інновації . Саме на цьому напрямку будуються моделі систем проектів.

1.4. Огляд оптимально агрегованих моделей процесів розвитку

Далі подано математичні моделі і приклади моделювання оптимальних процесів розвитку, на для прямого використання в роботі, а для розробки математичних моделей агрегування нового, складнішого класу . Розглянуті моделі оперують з об'єктами «виробництво кінцевих продуктів» і «виробництво засобів виробництва». В даній роботі об'єкти – це проекти побудови виробничих систем, де кінцевий результат – автозавод з повним циклом, свинокомплекс масштабом в територію Аляски чи Гренландії.

Тобто роботі треба розробити нові оператори оптимального агрегування для великих і складних об'єктів [17]

Модель для дослідження і оптимізації процесів виконання проектів повинна виконувати такі функції [56, 57]:

Функції розвитку. Метод оптимального агрегування розроблений для задачі максимізації сумарного виробництва в розподіленій технологічній системі. В математичному плані функції виробництва (ФВ) – залежності темпу виробництва від темпу ресурсів для виробництва. В задачі оптимізації процесу розвитку ми маємо справу з функціями розвитку – залежностями прирощення виробничих потужностей від темпу витрат ресурсу на розширення виробничих потужностей. відносяться до одного класу математичних об'єктів: нестрого

позитивних і нестрого монотонно зростаючих. Однак, на рівні конкретних прикладних задач – це різні функції: ФВ – створення кінцевого продукту, ФР – створення засобів виробництва. Розмірність виробничих функцій "одиниць вимірювання продукту/одиниць вимірювання ресурсу", розмірність функцій розвитку (ФР) – "(одиниць вимірювання продукції за одиницю часу)/(одиниць вимірювання ресурсу за одиницю часу)".

Функції кредитування проектів розглянуті в [56, 42, 43]. В даній роботі це не об'єкти розробки – далі (рис. 1.3 – 1.6) подано математичні моделі і приклад моделювання. Використовуємо їх в розробках моделей систем проектів

На базі виконаного аналізу публікацій можемо сформулювати *вимоги до робочої моделі оптимізації стратегії* функціонування і розвитку, яка розробляється вперше, але має ненульові шанси на результат:

- використання довільних функцій розвитку;
- урахуванням використання зовнішніх ресурсів різних рівнів (внутрішньофірмових, банківських, за угодами) з іншими підприємствами;
- урахуванням дисконтування, обмежень та ін.

Модель повинна бути малочутливою до розмірності задачі і досить правильно відображати реальні процеси розвитку.

Для оптимізації проекту розвитку вибираємо метод принципу максимуму [47, 48, 54, 58].

Головна проблема розробки взагалі розмірності проектів: кількості операцій, підсистем, змінних стану. В проекті з використанням оптимального агрегування, що треба обчислювати на кожному кроці процесу максимум функції Гамільтона. Для одновимірної задачі – це функція однієї змінної, з урахуванням зовнішніх ресурсів – двох, для N -вимірної задачі це функція $(N-1)$ змінних. Обчислювальні витрати зростають пропорційно M^N , де M – кількість точок або ітерацій. Швидкі "інтелектуальні" методи пошуку екстремуму двічі непридатні: вони працюють переважно на спрощених моделях, "гладких", або взагалі: лінійних функцій критеріїв та обмежень.

Розв'язання задачі оптимізації розвитку. Зазначаємо можливість заміни

багатопродуктової ТС еквівалентною по віддачі ресурсу однопродуктовою.

Постановка задачі. Маємо децентралізовану систему, де виробляються N видів продукції. Темпи випуску продукції дорівнюють $x_1(t), x_2(t), \dots, x_N(t)$ (одиниць вимірювання продукції за місяць, квартал, рік). Рівняння динаміки виробничих потужностей:

$$\frac{d}{dt} x(t)_i = \text{fin}(y(t)_i, i) = \text{fin}[x_s(t) \cdot (\alpha \cdot u)_i, i], \quad (1.1)$$

де $\text{fin}(y(t)_i, i)$ – функція розвитку для i -го виробництва, що належить до класу нестрого монотонно зростаючих функцій; $x_s(t) = \sum_j x(t)_j$ – сумарне виробництво в момент t ; α – змінна управління; $0 \leq \alpha \leq 1$ – управління, що визначає розподіл ресурсу між розвитком і накопиченням; $0 \leq u(t)_i \leq 1$ – управління, що визначають частку ресурсів, що виділяється в поточний момент для розширення потужностей по i -му продукту [63].

Для управління виконується умова нормування:

$$\sum_j u(t)_j = 1. \quad (1.2)$$

Вибрані нами управління безрозмірні. Виходячи з можливості агрегування, розглядаємо далі одновимірну задачу. Розмірні управління будуть такими: $y(t)_i = x_s(t) \cdot (\alpha \cdot u)_i$ – ресурсу в розвиток;

$$z(t)_i = x_s(t) \cdot (1 - \alpha) \text{ – ресурсу в накопичення.}$$

Потрібно визначити оптимальну стратегію розвитку, що максимізує сумарний накопичений випуск за певний плановий період T :

$$JN = \int_0^T x_s(t) \cdot (1 - \alpha) dt. \quad (1.3)$$

де T – плановий період, момент переходу на інший виріб, іншу технологію. Формально маємо варіаційну задачу із змінною управління α . В [86] наведене точне розв'язання оптимізаційної задачі методом принципу максимуму. Головна перевага принципу максимуму в тому, що він працює при довільних обмеженнях на управління. Розглядаємо наближене розв'язання задачі. На підставі чисто логічних міркувань можна сконструювати функцію-

індикатор $H_i(x, \alpha)$, яка є оцінкою залежності прирощення критерію J^1 від поточного управління $\alpha(t)$ та поточного стану $x(t)$ виробничих потужностей. Частка ресурсу виділена в накопичення дасть прирощення критерію $S1 = x(t) \cdot (1 - \alpha)$. Прирощення продукції, що можна отримати до кінця процесу буде:

$$S2 = \Delta x \cdot (T - t) = \text{fin}(x(t) \cdot \alpha(t)) \cdot (T - t). \quad (1.4)$$

Це додатковий ресурс, який можна на наступних кроках використати для накопичення і розвитку. Адекватна точності вхідних даних оцінка прирощення критерія буде $S2$. Тоді маємо:

$$H(x, \alpha) = S1 + S2 = x(t)(1 - \alpha(t)) + \text{fin}(x(t) \cdot \alpha(t)) \cdot (T - t). \quad (1.5)$$

Розглянемо узагальнену задачу оптимізації розвитку з використання зовнішніх ресурсів. Високі технології, глобалізація економіки вимагають високих темпів розвитку ТС. Для потенційно ефективного виготовлення критичне значення має швидкість процесу розвитку від лабораторного експерименту до масового виробництва, від початку планування до початку випуску продукції. В сучасних організаціях паралельно виконуються десятки проектів. Ці проекти звичайно знаходяться на різних стадіях розвитку життєвого циклу. В таких умовах є можливість залучати тимчасово ресурси одного виробництва для розвитку іншого. Такі процеси тимчасового залучення зовнішніх ресурсів призведуть до тривіальних обчислювальних і нереалістичних техніко-економічних результатів, якщо не ввести правила повернення зовнішніх ресурсів [50, 51].

Введемо додаткову змінну управління $x(t)$ – темп "зовнішніх тимчасово залучених ресурсів" $xkr(t)$, тоді доступний обсяг поточних ресурсів буде

$$xs(t) = x(t) + xkr(t). \quad (1.6)$$

Задача оптимізації процесу повернення кредитів - корисна задача. Прийmemo, для прикладу, такий механізм повернення зовнішніх тимчасово залучених ресурсів: зовнішні тимчасово залучені ресурси взяті в певний період часу повертаються з цього моменту і до кінця процесу рівними частками і з

урахуванням процентів. Цій словесній формулі відповідає такий вираз для функції Гамільтона:

$$Hki(xs, xkr, \alpha) = xs(1 - \alpha) + fin(xs \cdot \alpha) \cdot (T - t) - xkr[1 + pr \cdot (Tp - t)]. \quad (1.7)$$

Можна подати цей вираз в альтернативній формі:

$$Hki(xs, xkr, \alpha) = [xs(1 - \alpha) - xkr] + (fin(xs \cdot \alpha) - pr) \cdot (Tp - t). \quad (1.8)$$

Отримали задачу з двома змінними управління α та xkr .

Переформулювання задачі оптимізації з урахуванням кредитів. В цій задачі можна не вводити додаткову змінну - зовнішні тимчасово залучені ресурси, а тільки розширити ресурсні обмеження. Знімемо верхнє обмеження для змінної xkr і будемо вважати доступним для управління α розподілу вже накопичений випуск (потенційно продажний продукт) :

$$JN = \int_0^t xs(t) \cdot (1 - \alpha) dt. \quad (1.9)$$

Будемо вважати цей ресурс безкоштовним і таким, що не треба обов'язково повертати (внутрішня позичка). Введемо змінну α - "доступний ресурс з урахуванням накопичення":

$$\alpha_{dop} = \frac{x(t) + JN(t)}{x(t)}. \quad (1.10)$$

Якщо потрібне управління перевищує власний ресурс: $\alpha(t) > \alpha_{dop}$, то беремо зовнішній ресурс в розмірі (зовнішні отримані ресурси):

$$zp(t) = (\alpha(t) - \alpha_{dop}) \cdot x(t) [(\alpha(t) - \alpha_{dop}) > 0] \quad (1.11)$$

повинен бути повернутим до кінця процесу з відповідними процентами. Останній множник в (1.11) – логічна умова, виділяє тільки випадки зовнішніх отриманих ресурсів. Записуємо вираз для функції Гамільтона:

$$Hka(x, \alpha) = xs(1 - \alpha) + fin(xs \cdot \alpha) \cdot (Tp - t) - zp(t) \cdot [1 + pr \cdot (Tp - t)]. \quad (1.12)$$

Зауважимо що всі подані моделі – робочі вони записані в мові програмування програмної платформи. Так отримано розширену задачу без збільшення розмірності управління – у виразі для управління вбудована умова, що «автоматично» підвищує ціну ресурсу[63].

Робоча модель оптимального агрегування функцій розвитку.

Записуємо функцію Гамільтона для випадку багатовимірної системи:

$$Hka(x, \alpha, u) = xs(1 - \alpha) + \left(\sum_{j=1}^N fin(xs \cdot \alpha \cdot u_j)_j \right) \cdot (Tp - t) + zp(t) \cdot [1 + pr \cdot (Tp - t)]. \quad (1.13)$$

У (1.13) вираз у великих дужках визначає сумарне поточне прирощення темпу виробництва. Незалежно від того, якою буде частка ресурсу для розвитку, розподіл ресурсу між окремими виробництвами повинен бути оптимальним. Запишемо локальну задачу оптимізації в стандартному виді. Введемо означення: $R = xs \cdot \alpha$, $r_i = R \cdot u_i$, $i = 1 \text{K} N$. Задано цільову функцію N змінних:

$$F(r_1, r_2, K, r_N) = \sum_{j=1}^N fin(r_j)_j \quad (1.14)$$

Обмеження для ресурсу і управління :

$$G(r_1, r_2, K, r_N) = R - \sum_{j=1}^N r_j = 0, \quad 0 \leq u_j \leq 1. \quad (1.15)$$

Потрібно знайти розподіл:

$$(r_1, r_2, K, r_N), \quad (1.16)$$

що дає максимум цільової функції та задовольняє обмеження. Шукається не одне розв'язання для конкретного значення обмеження R , а функціональна залежність $Dop(R)$ – функція оптимального розподілу ресурсу [63].

Визначимо оптимальну функцією розвитку:

$$Fop(R) := \sum_{j=1}^N fin(Dop(R)_j)_j. \quad (1.17)$$

Числовими методами оптимізації завжди можна обчислити функції $Fop(R)$ та $Dop(R)$. Підставимо (1.17) в (1.13):

$$Hka(x, \alpha) = xs(1 - \alpha) + Fop(xs \cdot \alpha) \cdot (Tp - t) + zp(t) \cdot [1 + pr \cdot (Tp - t)]. \quad (1.18)$$

Обґрунтування методу оптимального агрегування [41, 50]. Застосуємо принцип оптимальності і логіку динамічного програмування до задачі визначення оптимальної ВФ. Розглянемо спочатку задачу визначення оптимальної функції розвитку для системи з двох елементів. Введемо множину

α -функцій:

$$fa2(x, \alpha) = f1(x \cdot \alpha) + f2[(1 - \alpha) \cdot x], \quad 0 \leq \alpha \leq 1. \quad (1.19)$$

Зауваження. Змінна α в даному випадку має інше значення, ніж в (1.12 – 1.17). Однак для узгодження з першоджерелами зберігаємо означення. В наукових публікаціях через α позначають частку, пропорцію розподілу. Оптимальна функція розвитку буде огинаючою системи α -функцій:

$$Fop2(x) := \max_{\alpha} (fa2(x, \alpha)). \quad (1.20)$$

Задачу визначення оптимальної функції розвитку системи з трьох елементів можна подати так: формуємо нову систему α -функцій:

$$fa2(x, \alpha) = Fop2(x \cdot \alpha) + f3[(1 - \alpha) \cdot x], \quad 0 \leq \alpha \leq 1. \quad (1.21)$$

Визначаємо оптимальну функцію розвитку для тестової системи з трьох елементів:

$$Fop3(x) := \max_{\alpha} (fa3(x, \alpha)). \quad (1.22)$$

Очевидно, цю процедуру застосувати для системи з довільним числом елементів. В результаті ми замінюємо задачу пошуку екстремуму функції N змінних при обмеженні на сумарні витрати ресурсу послідовністю з $(N - 1)$ задачею пошуку екстремуму однієї змінної. Бачимо, що логіка агрегування відповідає логіці виводу дискретного методу динамічного програмування [64].

Наводимо базову програму моделювання оптимального проекту розвитку виробництва. Програма дискретно по кроках обчислює стан системи, що визначається так:

uk – управління,

xk – темп виробництва (одиниць продукції за одиницю часу),

zk – темп накопичення (одиниць накопичень за одиницю часу).

Випишемо рівняння для визначення кожного з компонентів вектору стану:

$$\left. \begin{aligned}
 x_{k+1} &= x1_k + \text{fin}(x1_k \cdot u, \text{параметри}) \cdot \Delta t; \\
 z_{k+1} &= x1_{k+1} \cdot (1 - u_{k+1}); \\
 sn_{k+1} &= sn_k + z1_k \cdot \Delta t; \\
 ud_k &= \frac{x_k + sn_k}{x_k}; \\
 ex_k &= (u_k - ud_k) \cdot x_k \cdot [(u_k - ud_k) > 0]; \\
 u_{k+1} &= \max_u (H(x, u)); \quad 0 \leq u \leq \text{"безобмежень"}; \\
 H(x_k, u_k) &= x_k \cdot (1 - u_k) + \text{fin}(x_k, u_k) \cdot (Tp - t) - ex(t) \cdot [1 + pr \cdot (Tp - t)].
 \end{aligned} \right\} (1.23)$$

В рівняннях (1.23) $\text{fin}(x1_k \cdot u)$ – функція віддачі зовнішніх тимчасово залучених ресурсів, що вважається довільною функцією з класу нестрого позитивних нестрого монотонно зростаючих функцій, і може залежати від певного числа параметрів. Звернемо увагу на те, що управління знаходиться з умови максимуму функції $H(x, u)$. Таким чином, на кожному кроці шукаємо максимум функції від u – управління [69, 70].

Моделювання повернення кредитів. Нагадаємо, що проблеми оптимального кредитування не мають остаточного рішення. Кредити в сучасних умовах застряють в глобалізованому фінансовому ринку. Стратегія повернення кредитів – функція часу або логіко-аналітична функція від вектору стану. Проаналізуємо результати моделювання процесів розвитку. Задача: визначити вплив стратегій повернення ресурсів на сумарний накопичений прибуток [39-41, 51, 63, 64].

На рис. 1.3 подано приклад процесів розвитку для двох ставок кредитів - 14 і 28%. Нижче подані відповідні розподіли ресурсів розвитку і навантажень між трьома підсистемами виробничої системи з трьох підсистем.

Неважко побачити, що кредити спрощують оптимальне стратегічне управління проектом.

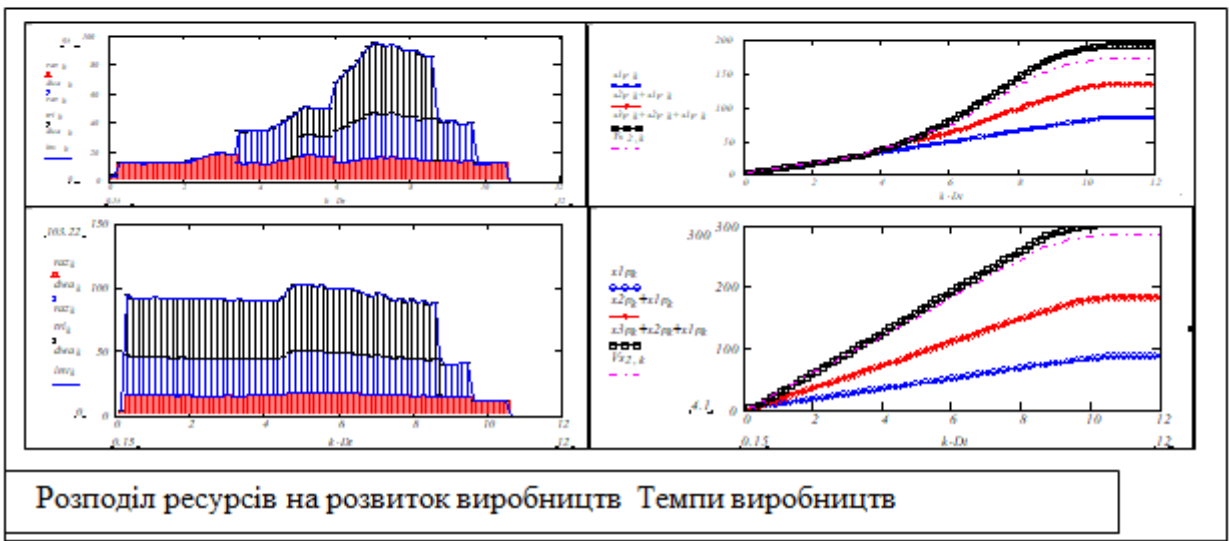
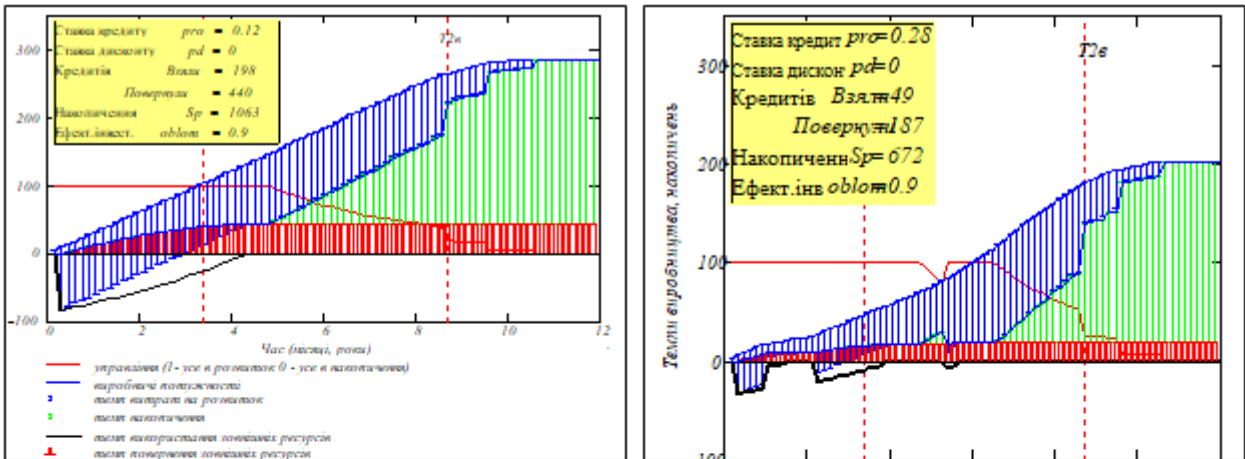


Рисунок 1.3 – Порівняння проектів при різних ставках кредиту, процеси і розподіли навантажень і ресурсів між підсистемами

На рис. 1.4 подано порівняння двох процесів з різними стратегіями

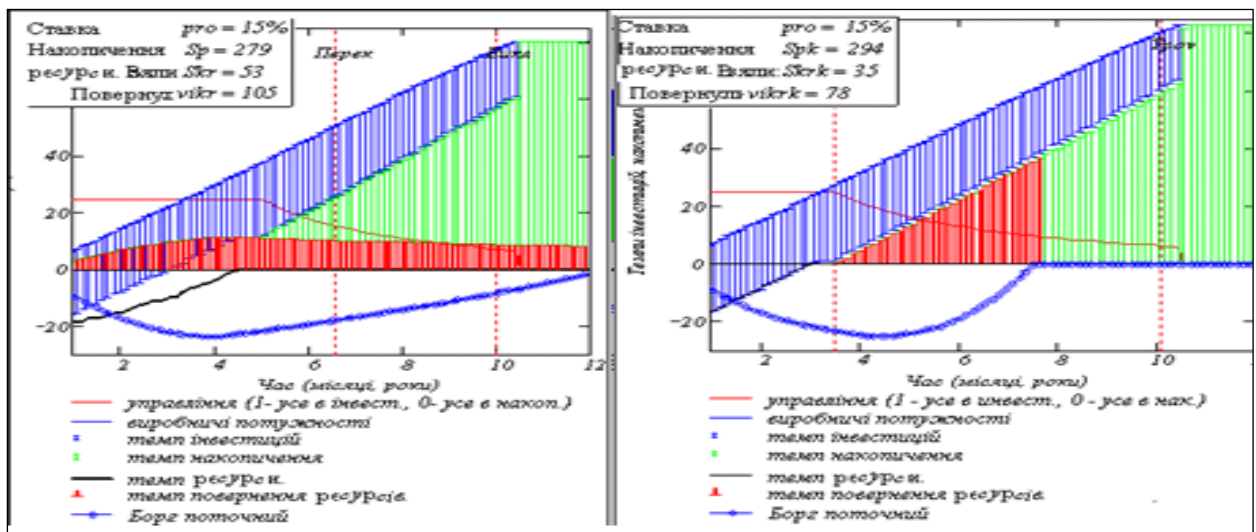


Рисунок 1.4 – Порівняння двох стратегій повернення зовнішніх ресурсів:

онлайніві та оптимальні виплати

На рис. 1.5 подано два проекти з різними стратегіями повернення

кредитів. Це відома стратегія що вибирається за угодою сторін: вигідніше кредиторю вигідніше відкласти виплати до моменту, коли боржник підніме виробництво на дохідний рівень і тоді почне віддавати борги з реального прибутку. Бачимо, що цю нерозв'язну для ефективного менеджменту та інтелектуальних технологій так просто вирішити на базі прикладного системного аналізу та елементів варіаційного числення.

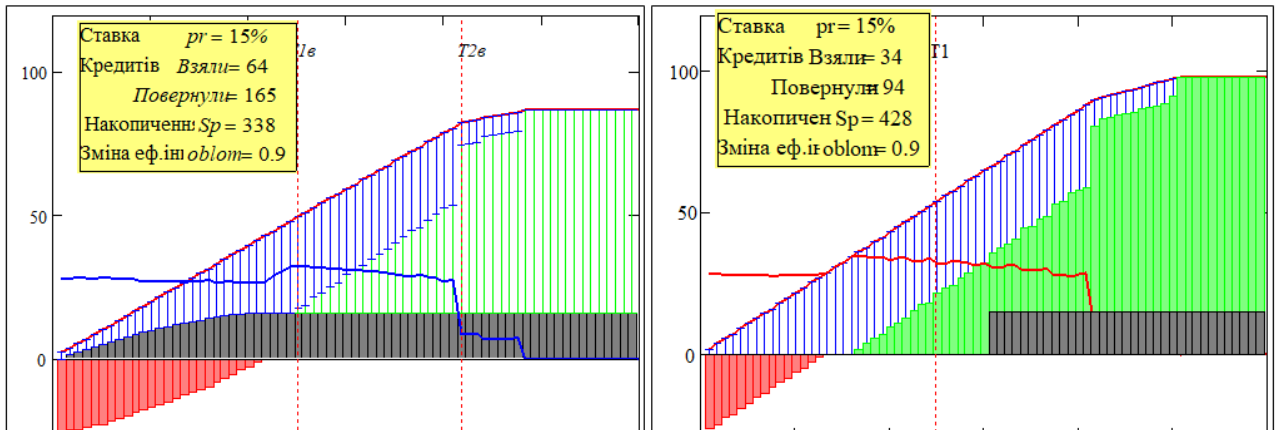


Рисунок 1.5 – Порівняння двох стратегій повернення зовнішніх ресурсів

На першому графіку подано оптимальний процес розвитку з використанням зовнішніх ресурсів, що повертаються відповідними частками з урахуванням процентів, так щоб повернути борги до закінчення процесу. На другому графіку для тих же даних – стратегія [63].

В управлінні проектами є складна задача – забезпечення стабільних темпів продажу продукту виробництва. Це проблема складніша від проблеми кредитів, складові цієї складності – необхідність не відставити від закономірного, але непрогнозованого технічного прогресу, примх користувачів, та активних конкурентних дій конкурентів. Моделі для цих факторів складні через те, що такі збурення випадковими, але активними: конкуренти є антагоністами у питаннях ефективності виробництва і виробів, вплив користувачів може бути негативним і позитивним для виробника. Тема актуальна, вона є частиною розробки даної комплексної роботи, значимих аналогів не знайдено. Напрацьовані результати подані в розділах 2, і 3.

1.5 Аналіз і класифікація узагальнених моделей систем проектів і ринків продуктів виробництва

Дане дослідження є конкретизованою часткою глобальної проблеми, що має різні аспекти і формулювання. Дана робота конкретна окрема частка глобальної проблеми. Подамо типову назву публікації – М. Штюрмер. «Проблема виживання індустріальних цивілізацій», Цією проблемою займалися і 20, 50 років відомі вчені. В цих роботах об'єктами досліджень є не окремі моделі, а певні складні системи моделей, незвичні структури з моделей, що утворюють нові класи моделей. Це характерно для методу динамічного програмування, який Беллман характеризував як «стан розуму», а не метод. На рис. 1.6 подано схему моделей розвитку, що були останніми дослідженнями академіка В.М. Глушкова [53].



Рисунок 1.6 – Схема системи моделей розвитку В. Глушкова

На рис. 1.7 подано схему системи моделей прийняття рішень в багатокрокових процесах при наявності нечітких невизначеностей з робіт Беллмана[54].



Рис. 1.7 – Схема системи моделей розвитку, запропонована Беллманом
 На рис. 1.8 – система моделей з монографії [41].



Рис. 1.8 – Схема системи моделей розвитку на базі оптимального агрегування

1.6 Висновки до розділу 1

Проаналізовано конкретну нову технічну проблему сучасності: розробку моделей і методів для дослідження процесів управління системами проектів і для управління системами проектів. Виконано аналіз публікацій з управління системами проектів, що є емпірично – описовою і рекламною. Вибрано внутрішні аналоги – навчальні посібники з управління проектами і дослідження операцій. Вибрано за основу розробки управління системами проектів рішення варіаційної задачі розвитку, що є продовження робіт Беллмана «узагальнена варіаційна задача розподілу» і «варіаційна задача Марковіца». На базі аналізу математичних задач оптимального розвитку вибрано шлях вирішення поставлених задач: модифікація оператора оптимального агрегування для об'єктів класу «інвестиційний проект». Розглянуто урахування в моделях проектів характеристик ринку – конкуренції, обсягу ринків, управління ринковими вікнами» введенням нових продуктів і нових ринків. Поставлено задачі управління термінами виконання окремих проектів. Проаналізовано оптимальні та емпіричні кредитні стратегії, а також переробку відходів виробництва. Модель повинна бути чітко відділена від «економіки»: сьогодні менеджери ділять економіку на «реальну» і «фінансову». Згідно теореми Коуза функції власне економіки – обслуговування транзакцій – угод найму, купівлі-продажу. Сьогодні транзакційні витрати складають 70-80% витрат фірми. Сьогодні неможливо створити абсолютно адекватну модель проектів розвитку виробництва виробничої системи, що неперервно змінюється. Також неможливо створити адекватну модель в рамках класичної науки, що побудована на апроксимаціях, лінеаризаціях і відповідних перетвореннях з метою аналітичної моделі. [63]

Вибрано методологію оптимального агрегування, що не вирішує, а знімає проблеми розмірності, збіжності пошуку в багатовимірних просторах, невикуклості, неперервності функцій виробництва, зв'язків, критеріїв і переносить їх до прикладного системного аналізу.

2 РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ СИСТЕМОЮ ПРОЕКТІВ З УРАХУВАННЯМ ЖИТТЄВИХ ЦИКЛІВ ПРОДУКЦІЇ

В цьому розділі аналізуємо проекти оптимального розвитку в аспекті «ефективне управління проектом з урахуванням життєвих циклів продуктів виробництва певного проекту. За результатами аналізу в розділі 1 вибрано початкове, проектне рішення – визначити як елемент системи проектів рішення варіаційної задачі розвитку для певного проекту. Далі подано побудову математичної моделі системи проектів як об'єкту управління.

2.1 Вибір і обґрунтування моделі системи проектів як об'єкт управління з урахуванням життєвих циклів продукції

Вводимо термін для елемента системи проектів - «монопроект». Деталізуємо зв'язки між монопроектами:

– передача ресурсів і продуктів виробництва, в рамках технологічних зв'язків системи проектів. Узагальнимо функцію монопроекту – створення засобів виробництва та, або продуктів виробництва на базі створених засобів виробництва. Визначимо типові структури систем проектів:

- паралельна багатопродуктова, паралельна комплект;
- послідовна – багатоопераційна, послідовна «башта моделей».

Аналіз проведений в розділі 1 дав можливість вибрати і обґрунтувати проектне рішення для структури системи проектів. На рис. 2.1 подана структура системи проектів на базі оптимального агрегування. В основі вибору – ефективне рішення проблеми розмірності систем виробництва і систем проектів [64].

Подана схема реалізована на рівні програмних модулів в наступному розділі як «бінарне дерево оптимального агрегування» – ДОА. Аналог даної розробки – багаторівневе агрегування корпоративної виробничої системи [41].

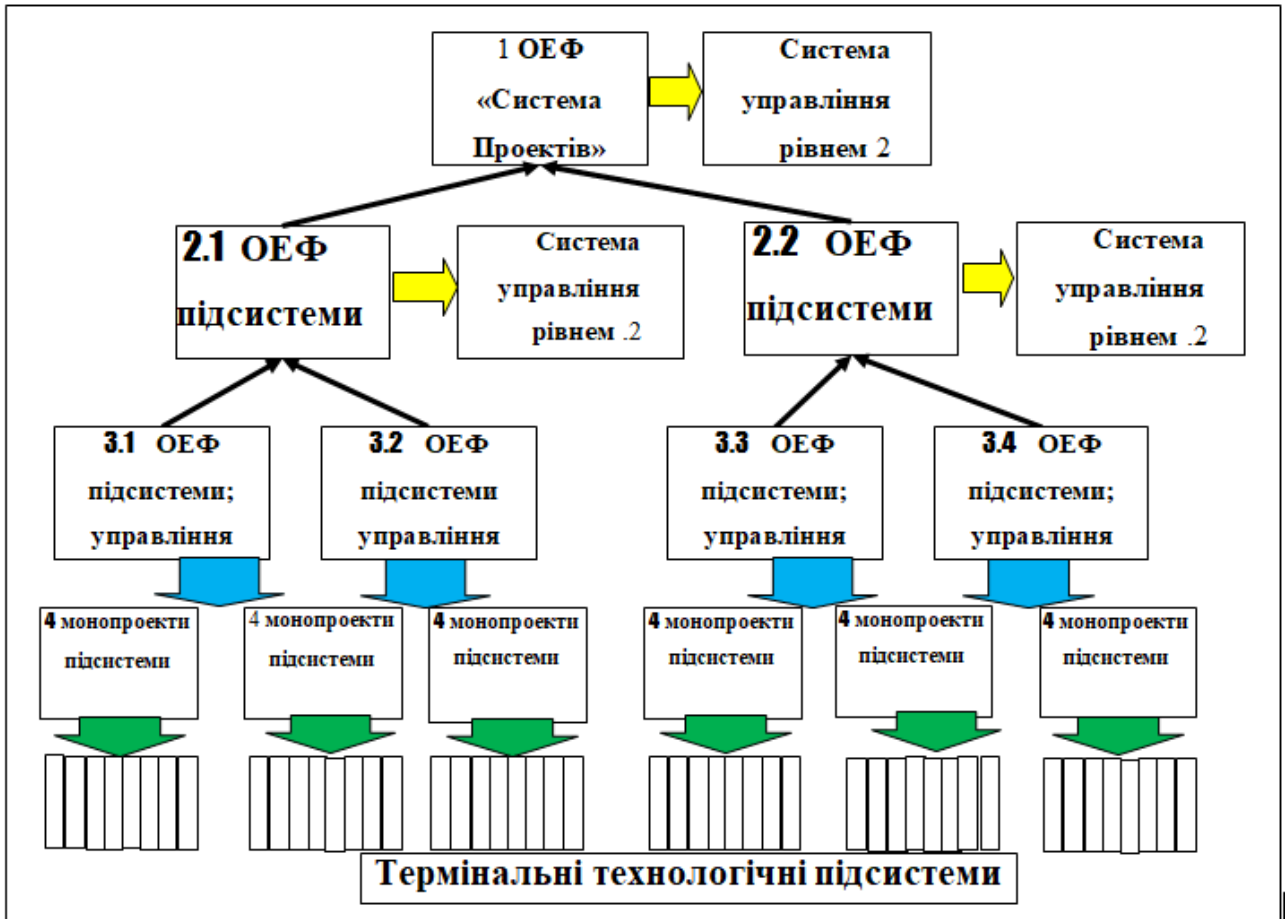


Рисунок 2.1 – Ієрархічна структура для системи проектів на базі оптимального агрегування

Структура складається з 4-йох рівнів (ОЕФ – «оптимальна еквівалентна функція класу «витрати, випуск» [54]).

Рівень 1 «система проектів», головна функція якого оптимальне управління часом виконання проектів . Управління абсолютним та відносним часом виконання всіх складових системи: монопроектів, груп агрегованих монопроектів. Управління функціонуванням і розвитком в нижніх рівнях – справа цих рівнів, що з верхніх рівнів отримують розподіл ресурсів, а передають на верхній рівень дані про стан підсистеми. Блоки рівнів 1 і 2 подані більш детально: з блоків ОЕФ, які результатами оптимального агрегуванні – матрицями, подібними записам бази даних, з яких отримуються інформація про стан агрегованого об'єкту [54] . На базі цієї інформації функціонує система управління відповідного блоку ДООА.

Рівень 2 «підсистеми системи проектів», це підсистеми, що мають прямі зв'язки з системою першого рівня

Блоки рівнів 3 і 4 подано менш деталізовано. Рівень 3 – це монопроекти – елементи для системи проектів, рівень 4 – це технологічне обладнання: конвеєри, оброблювальні центри, реактори, та ін, в станах: «замовлення», «постачання», «запуск» «побудова», «монтаж».

Блоки класу «*монопроект*» є модифікаціями «оптимальних процесів розвитку» - математичних моделей і програм моделювання. Зміст модифікації – параметризація моделі проекту. Параметризація для оптимально агрегованих структур є нетривіальною за можливостями операцією. Далі детально розглядаються властивості параметризованих робочих моделей монопроектів.

2.2 Математичні моделі ринків і життєвих циклів продукції

Наука управління проектами не отримала логіко-математичної основи через велику різноманітність об'єктів і процесів. Сьогодні обсяги і різноманітність проектів зросли експоненційно. Розробка моделей з параметрами дозволяє їх узагальнити на більш широкі класи об'єктів. Прикладом є ТАУ. Більше ста років тому вважалося для авто, електродвигунів, літаків і кораблів потрібні різні науки про регулятори. Моделі і приклади параметризації подаються в підрозділі 2.3. В даному підрозділі фактично розглядаємо специфіку і деталі проектів. В цьому розділі досліджується оптимальне управління для виробничої фази проекту – завершення поточного проекту перехід на серійний випуск – і перехід до наступного. Ефективність інвестиційного проекту визначається асиметрично усіма фазами, в тому числі перед проектними в після проектними. Асиметричність проекту це: успіх однієї фази не гарантує успіх всього проекту, а провал однієї фази провалює весь проект. Фаза виробництва є вирішальною тому що вона повинна дати основну частину доходів і прибутку. Типова задача ефективного менеджера проекту розуміти реальний проект і створити його «віртуальну реальність», а не водоспадну технологію [64].

Постановка задачі аналізу. Аналіз – дослідження процесів в об'єкті на його моделі, синтез – вибір і розрахунок управління для об'єкту. Сучасна продукція – годинники, смартфони, автомобілі і багато іншого, досить відносно швидко запускається у виробництво, випускається мільйонними тиражами, звичайно є дешевою, надійною, може функціонувати десятки років [64].

Одночасно з причин реального, або штучного морального старіння, певна модель, версія телефона, комп'ютеру, автомашини випускається не більше 1-3 років, потім замінюється новою моделлю, обов'язково новою, та бажано успішно ринковою моделлю. Конструювання моделей - творчий процес з негарантованим успіхом, гарантованість можна підвищити, якщо мати досконалу комп'ютерну модель класу «цифрова копія». Це фактична мета комплексного проекту. В розділі 1 вже згадувалось про чутливість проектів до збоїв виконання: невеликі 1-5%, відхилення, в термінах, цінах, собівартості приводять до обвальних процесів виконання. В сучасних умовах менеджер повинен мати інструменти для прогнозування і планування життєвого циклу продуктів, що існують на ринку 1-3 роки. В США спочатку на рівні внутрішньо фірмових методик, а потім і національного стандарту склалася методика планування виробництва на базі концепції ринкових вікон [28].

Ринкове вікно характеризується періодом існування T_v та сумарним обсягом попиту, пропорційним площі трикутника (Рис.2.2) Дослідження виявили факт, що сумарний прибуток при запізненнях суттєво зменшується. Модель ринкового вікна діє для марок і версій програмно-апаратних засобів з коротким життєвим циклом (моральне старіння, інтенсивна конкуренція), автомашин, мобільних теле-, смарт-, вода-фонів, шлягерів, одягу. Не є і виключенням і продукти харчування - згадаємо калейдоскоп марок морозива та "корівок". Для отримання постійного потоку доходу треба регулярно і своєчасно випускати нові версії продукту, виробу [63].

Ціль цього розділу – розробка математичних моделей для "що-буде-якщо" аналізу (what if analysis) життєвих циклів продукції.

Визначення ринкового вікна. Головна особливість значної частини продукції в тому, що вона оновлюється мінімум кожен рік і частіше. Виробник, незалежно від власних побажань, просто для того, щоб утримати свою долю ринку повинен випускати нову версію. Цей факт і є суттю поняття ринкового вікна. Щоб утриматись на ринку треба мати "конвеєр" для продукування мінімум однієї версії на рік, треба також випускати "віяло" модифікацій продукту орієнтованих на певні потреби та функції задач і певні "прошарки" користувачів (це називається "сегментація ринку"). Ринкове вікно характеризується періодом існування T_v та сумарним обсягом попиту, пропорційним площі трикутника. Сформуємо робочу модель ринкового вікна. На рис. 2.2 подано словесну і робочу (програмну) формули та відповідні графіки [63].

$$\text{вікно}(t, \tau, T_0) = \text{Відповідна_функція_часу, запізнення, періода_вікна}$$

$$\text{вікно}(t, \tau, T_0) := \text{if} \left[t \leq \tau, 0, \text{if} \left[t \leq T_0, \frac{(t - \tau)}{T_0}, \frac{(T_0 - \tau)}{T_0^2} \cdot (2 \cdot T_0 - t) \right] \right] \quad (2.1)$$

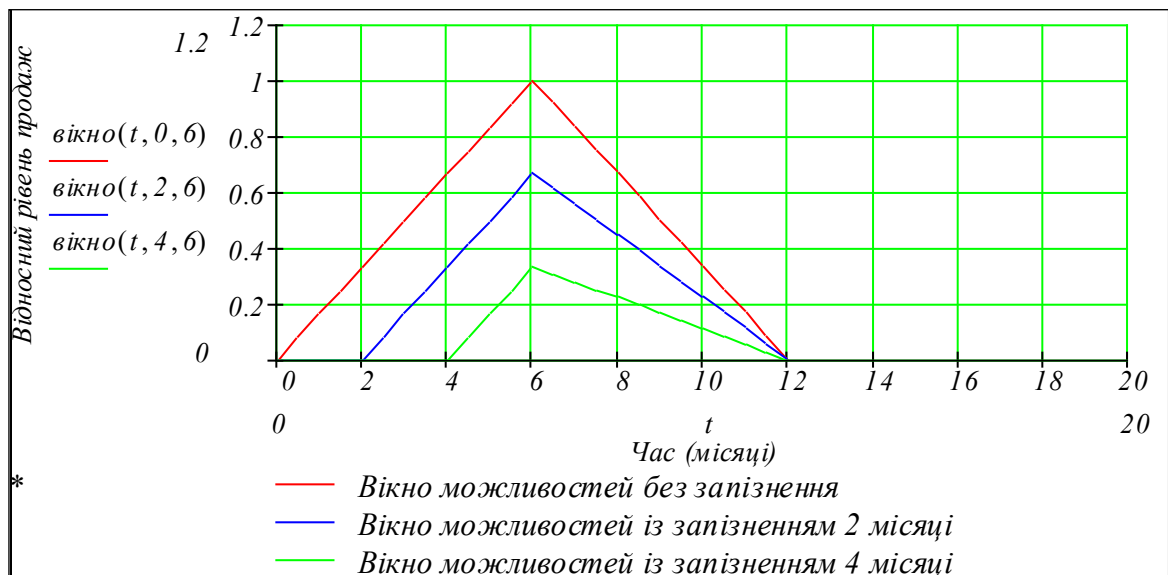


Рисунок 2.2 – Апроксимація коротких життєвих циклів – „ринкових вікон”

Визначимо і побудуємо функції втрат доходу від запізнення з виходом на ринок. Втрата потенційного доходу, спричинена спізнанням буде втраченим доходом з урахуванням запізнення:

$$vdox(\tau, T_0) := \frac{(3 \cdot T_0 - \tau) \cdot \tau}{2 \cdot T_0^2}; \quad zdox(\tau, T_0) := 1 - \frac{(3 \cdot T_0 - \tau) \cdot \tau}{2 \cdot T_0^2} \quad (2.2)$$

На рис. 2.3 подано залежності відносних втрат від запізнення. При запізненні в половину тривалості ринкового вікна втрачається більше половини доходу.

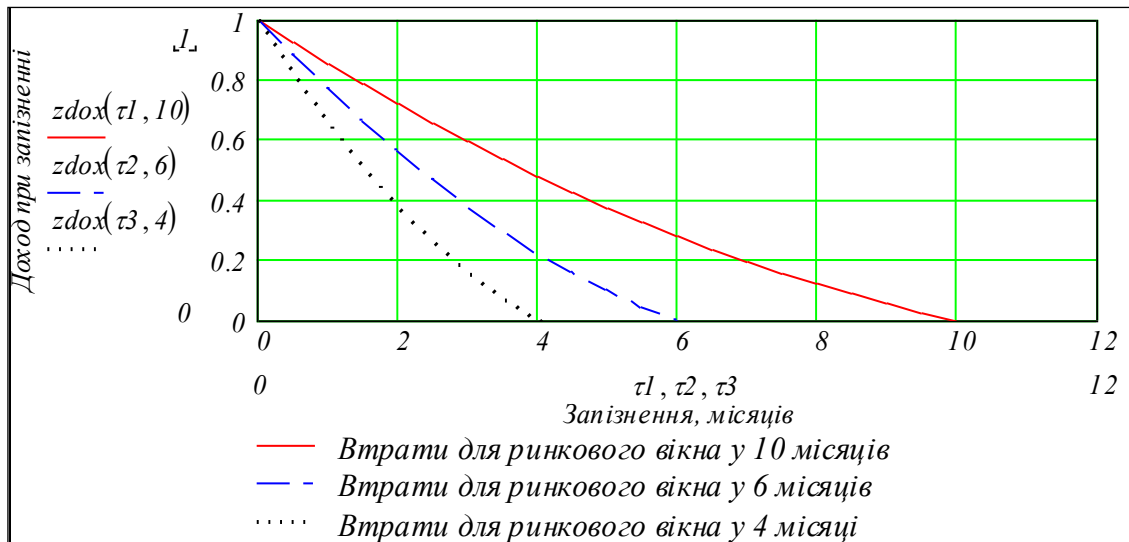


Рисунок 2.3 – Втрати доходу при запізненні з випуском нового виробу

Модель ринкового вікна не враховує усі реалії ринку. Дійсність є більш жорсткою – звичайно втрачається не частка ринку а ринок повністю. Таким чином запізнення – одна з критичних задач менеджменту життєвого циклу. Ця модель суттєво спрощене узагальнення законів реального ринку. Однак вона корисна. Цій моделі 30 – 50 років. Сьогодні є можливість створити більш деталізовану модель [63].

Оптимізація процесу випуску на ринок модифікацій продуктів

Розробимо модуль обчислення сумарного прибутку від серії модифікацій продукту. Для цього ми повинні задати сценарій заміни старої моделі виробу новою. Базовий сценарій візьмемо таким: продажі старого виробу на нулі - запускаємо на ринок новий продукт (зрозуміло, що реклама починається набагато раніше). Що буде, якщо ринкові вікна будуть перекриватись. З практики маркетингу відомо, що нова модель "вбиває" стару. Щось буде втрачатись по цій причині, а виграшем буде підвищення середнього рівня продаж. Розглянемо задачу визначення оптимального перекриття ринкових

вікон. Можна висунути такі альтернативи відносно темпу продаж в період, коли ринкові вікна старої моделі і нової перекриваються (рис. 2.4):

- 1 – темпи продаж є незалежні, тому сумуються;
- 2 – з моменту перекриття вікон нова модель забирає у старої стільки покупців, скільки і повинно бути у неї згідно рівнянню «вільного» вікна;
- 3 – песимістична - з моменту появи нової моделі темп продаж старої падає до нуля, але темп продаж нової не перевищує те, що повинно бути у неї згідно рівнянню ринкового вікна (буває так, що фірма, випускаючи нову модель товару, б'є не по конкурентам, а по власній, попередній моделі) [63].

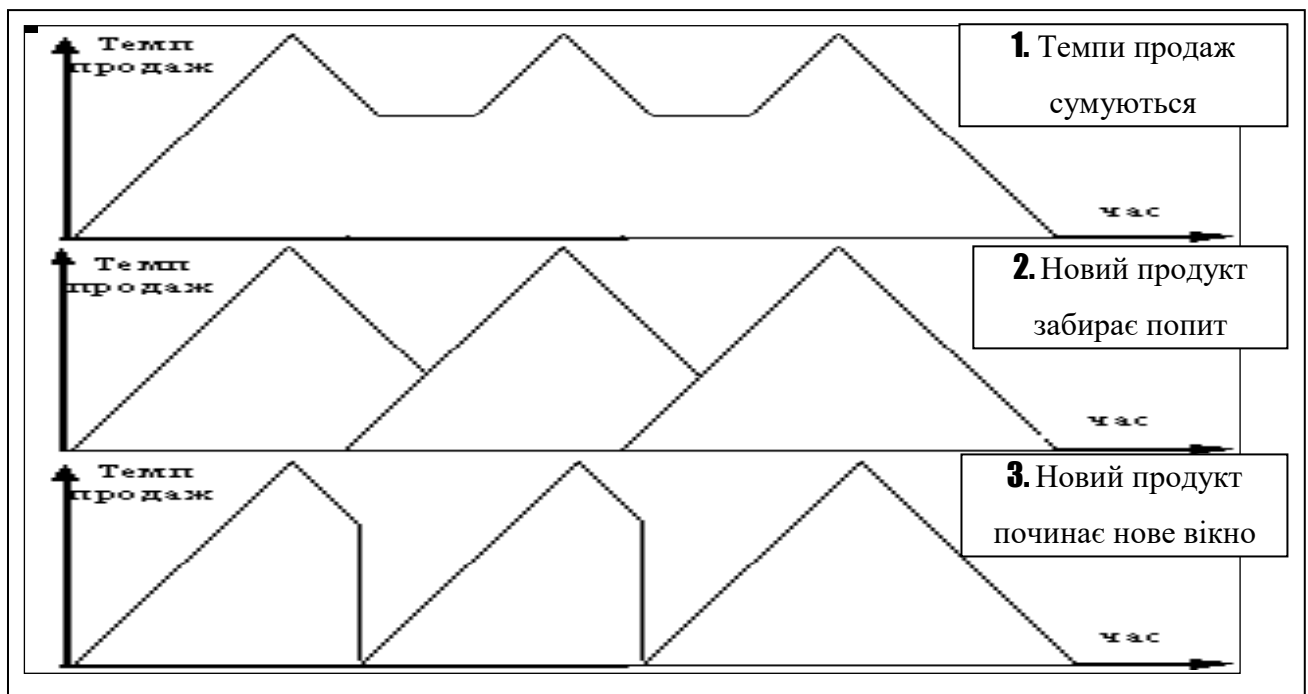


Рисунок 2.4 – Альтернативи продаж при перекритті ринкових вікон

Запишемо програму моделювання потоку продаж для випадку періодичного випуску нової моделі товару (продукту) $T_0 := 12$. Не розглядається певний конкретний проект і відсутні підстави для вибору певної гіпотези про вплив перекриття ринкових вікон моделей продукту на темп продаж. Це дає інформацію для наступної розробки. Вводимо коефіцієнт втрат k_v . Нульове його значення інтерпретується: поява нової моделі виробу не зменшує продаж старої. Очевидно, в цьому випадку оптимальне перекриття дорівнює тривалості вікна. Висновок - нові моделі запускати неперервно - темп продаж не буде падати. Однак – це неперервні витрати ресурсів і часу на

створення нових моделей продукції. Значення $kv = 2$ означає, що нова модель повністю витісняє з ринку стару - втрати будуть дорівнювати кількості непроданих виробів старої моделі. Будуємо графіки залежності приведенного доходу від перекриття ринкових вікон. Оптимальне перекриття вікон дорівнює $\partial m1 := 2.5 \partial m2 := 4.5$ [64].

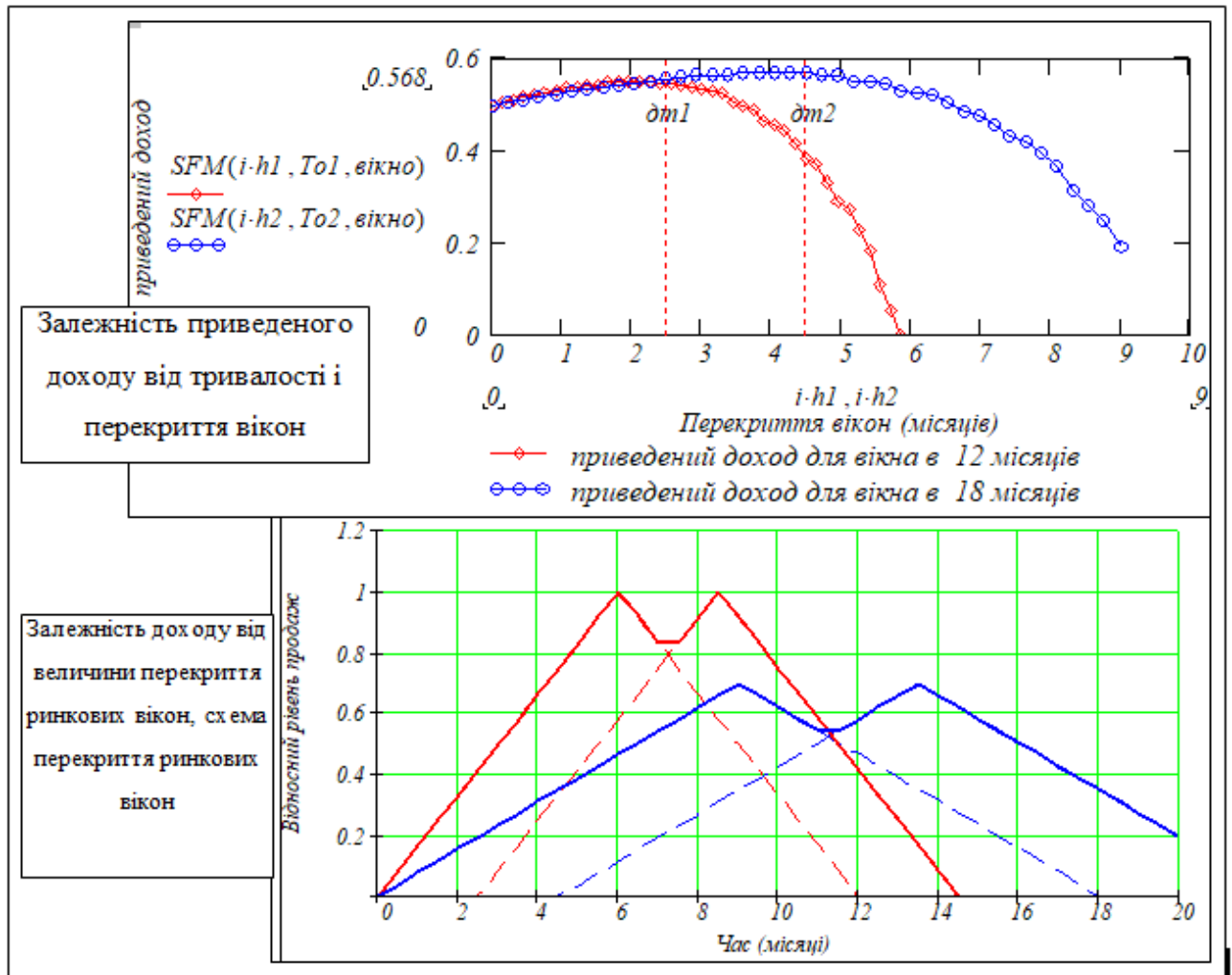


Рисунок 2.5 – Аналіз оптимізації перекриття життєвих циклів марок продукту

Розглянута модель ринкового вікна є дуже спрощеною і перебільшено песимістичною. Дійсно а) після досягнення максимуму темп продаж різко зменшується, б) продажі досить швидко стають нульовими. В дійсності для певних продуктів і в певних ситуаціях максимальний рівень продаж тримається досить довго. Нульовий рівень продаж теж звичайно досягається асимптотично. Причини цього в тому, що покупці звикають до продукту (якщо він досить якісний і дешевий), серед покупців є досить консервативні. Перейдемо до більш реалістичних, узагальнених моделей ринкових вікон [63].

2.3 Узагальнення моделі життєвого циклу продукту виробництва

Ринкове вікно – це дуже спрощена модель реального процесу - обсягу продаж від появи до зняття з виробництва деякого конкретного виробу. Розробимо узагальнену мате математичну модель життєвого циклу виробу – марки автомобіля, процесора та інші. Марка, модель виробу - нечітке поняття. З науки "менеджмент конфігурації" відомо, що багато технічних систем масово випускаються на протязі років, але буквально кожен наступний екземпляр відрізняється від попереднього - технічна система неперервно еволюціонує. На рис. 2.6, 2.7 подано узагальнену модель ринкового вікна, де можливі інтервали з стабільного темпу продаж [7]. Проблема – забезпечення такого режиму в умовах активного стохастичного оточення конкурентів та користувачів [63].

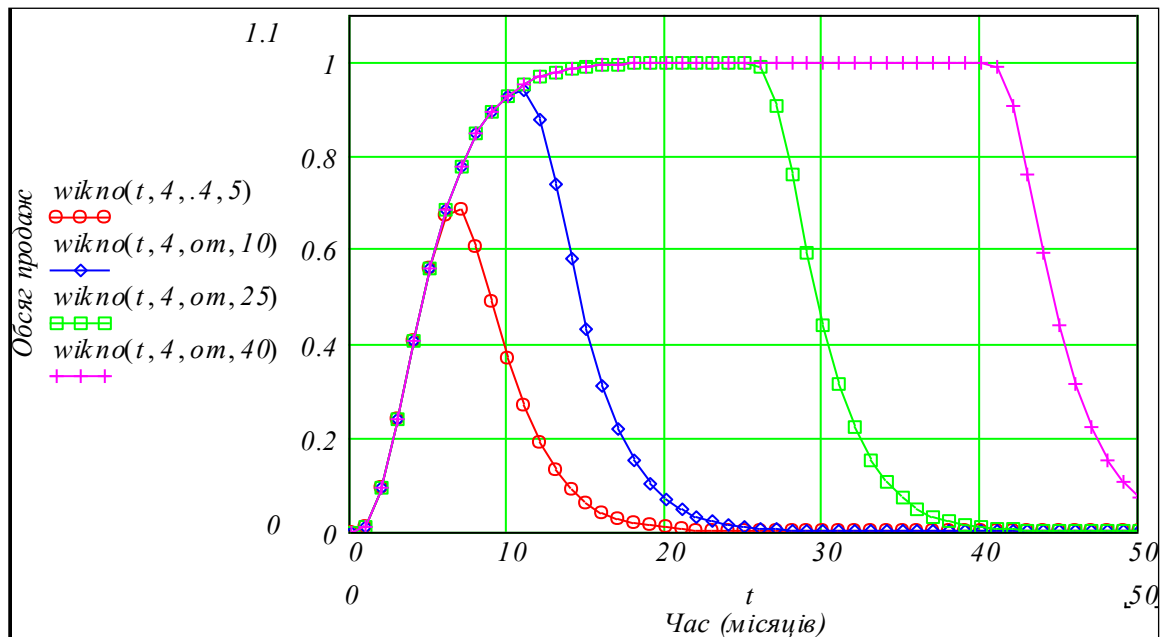


Рисунок 2.6 – Узагальнена модель для тривалих і коротких ринкових вікон

На рис. 2.7 подано приклад дослідження моделі ринкового вікна як елементу системи прогнозування та визначення моменту переходу на нову модель продукту виробництва. На відміну від фірмових «помічників менеджера» тут виставлено «все на продаж», в тому числі - математика.

$\text{sumdox}(t) := \sum_{i=1}^t \text{wikno}(i, 11, \text{om}, 18)$	$\text{Зні}(fsd, Tokn) :=$ <pre> k ← 0 urov ← 0.9 · fsd(Tokn) while fsd(k) < urov k ← k + 1 q ← 21 k </pre>
$\text{mark} := 0.9 \cdot \text{sumdox}(36)$ <p>Подивись і Задай сам : Зніми := 24</p> $\text{Зні}(\text{sumdox}, 36) = 24$	

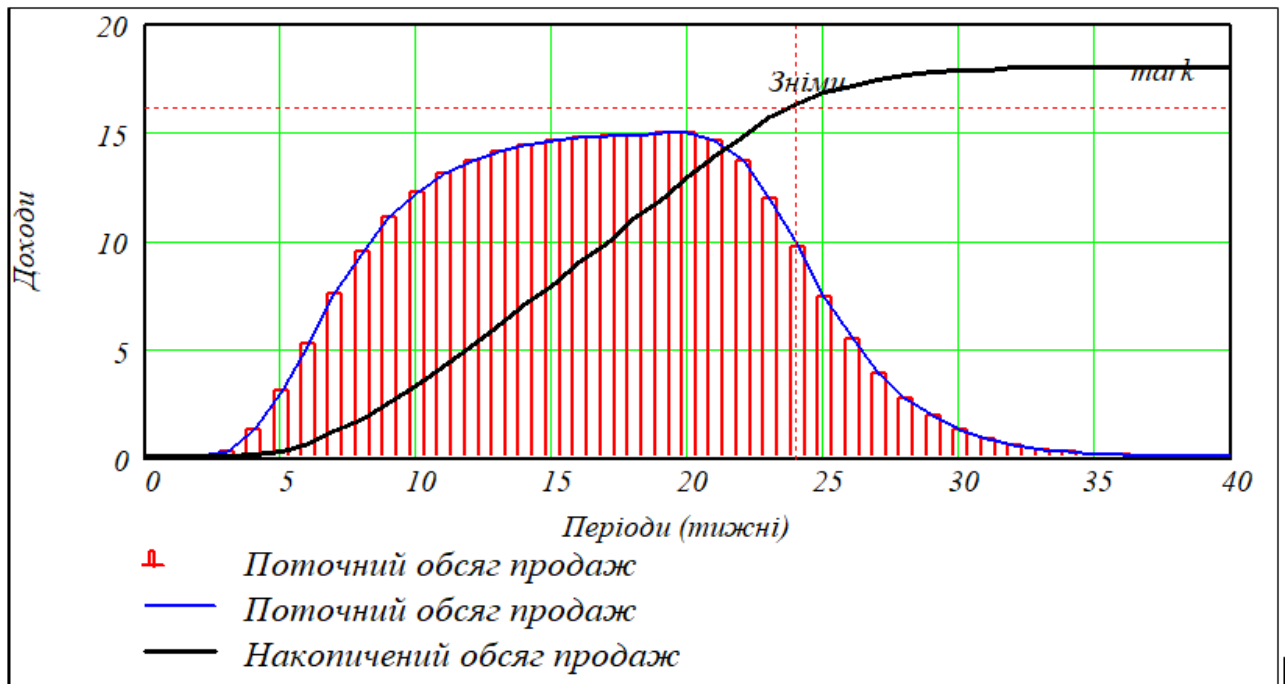


Рисунок 2.7 – «Аналіз і вибір моменту зупинки випуску»

В розроблюваних системах даної роботи потрібно ввести моделі собівартості і цін для урахування (імітації) сезонних коливань, трендів, випадкових збурень. В роботі виконується нова розробка на базі методів оптимального агрегування. Тому кожен пункт нового предметно(на робочих моделях порівнюється з відомими моделями. Розглянемо класичну модель освоєння виробництва, або, як її ще називають "моделі навчання" [49, 52]. Сучасні високотехнологічні вироби мають великий коефіцієнт конструкторської і технологічної новизни. Початкова вартість їх виробництва може бути високою, але потім експоненційно зменшується. Запишемо модель собівартості

$\text{cobvar}(t, Co, Tc) = \text{Відповідна_функція}(\text{час}, \text{початкова_ціна}, \text{темп_освоєння})$

$$\text{cobvar}(t, Co, Tc) := Co \cdot \left(\exp\left(\frac{-t}{Tc}\right) + 0.2 \right) \quad (2.3)$$

В даному документі ми не розглядаємо детально механізми - ринкові та інші, що ведуть до зміни цін. Візьмемо таку тестову модель цін:

$$C(k, Co, T, \alpha, \beta, \gamma) := Co \cdot \left[1 + \alpha \cdot \sin\left(6 \cdot \frac{k}{T}\right) + \beta \cdot k + (rnd(\gamma) - 0.5 \cdot \gamma) \right]; \quad (2.4),$$

де k – номер кроку процесу; Co - номінальна ціна одиниці виробу;

T – період сезонних коливань (не обов'язково один рік);

α – відносна амплітуда коливань $0 < \alpha < 1$;

β – відносна швидкість тренду $1 < |\beta|$;

γ – відносна амплітуда випадкових коливань $0 < \gamma \leq 1$;

Ці параметри моделі цін отримуються на базі статистики. Однак економіка сучасних ринків програмного забезпечення відрізняється від економіки «твердих» товарів: продуктів харчування, конструкційних та будівельних матеріалів, текстильних виробів, та ін.

Записуємо функцію для обчислення поточного доходу. Задаємо постійну ціну продажу. Не розглядаємо радикально важливі аспекти ціни: податки, мита, обмеження і заборони, і навпаки: таємні і відкриті знижки постійним та , оптовим покупцям, кредити всіх форм та ін.

Записуємо рівняння для доходу:

$$dox(t, Co, Tc, n, \omega, To) := (цiна - cobvar(t, Co, Tc)) \cdot wikno(t, n, \omega, To) \cdot 3 \quad (2.5)$$

Збираємо в одну модель наступні моделі: – ринкових вікон, собівартості, ціни, освоєння у **модель життєвого циклу (ЖЦ)** [60]. Моменти початку і закінчення життєвого циклу не мають точного визначення. Розглянемо два приклади:

– життєвий цикл марки сирка молочного починається з розробки рецепту, технології та «іміджу» за статистикою супермаркетів на продаж виставляються десятки марок сирків від різних виробників. Щодо нових марок, то статистика свідчить, що 10- 20% нових марок знімаються з продажу при нульовому продажу;

– життєвий цикл нової марки авто починається планово – для утримання чи завоювання ринку, або ініціативно – від вдалої саморобної машини і може

тривати місяці, або десятки років і набирати мільйонний випуск.

Головний показник моделі життєвого циклу – потік витрат і доходів – cash flow, та «накопичення» – інтеграл від цих потоків. А також , поточний баланс витрат і доходів. Будемо поки розглядати не дисконтовані грошові потоки. Потоки витрат і доходів визначаємо як різницю між поточною ціною продаж і поточною собівартістю (прибуток на одиницю виміру продукції) множимо на поточний обсяг продаж, що задається моделлю ринкового вікна.

Методичний недолік нашої моделі (2.4) – дуже довгий список змінних, що може бути усунений введенням векторів параметрів ринкового вікна, собівартості, ціни [63].

$$syswik(t, n, \omega, To) := \max(wikno(t, n, \omega, To), wikno(t - 1.8 \cdot To, n, \omega, To)) \quad (2.6)$$

$$sydox(t, Co, Tc, n, \omega, To) := (цiна - cobvar(t, Co, Tc)) \cdot syswik(t, n, \omega, To) \quad (2.7)$$

Тепер на базі розроблених прикладів можемо розробити інтерфейс д для стандартного аналізу життєвих циклів («що буде якщо аналіз», «ризик- аналіз» та ін.). Двома альтернативними методами визначаємо накопичений прибуток - як суму і як інтеграл. Записуємо вираз для прибутку:

$$npri\delta(t, Co, Tc, n, \omega, To) := (цiна - cobvar(t, Co, Tc)) \cdot wikno(t, n, \omega, To)$$

Записуємо вирази для сумарного (накопиченого) прибутку.

$$sumdox(t, Co, Tc, n, \omega, To) := \sum_{i=0}^t npri\delta(i, Co, Tc, n, \omega, To) \cdot 5 \quad (2.8)$$

Обчислимо такі параметри життєвих циклів: – термін окупності; – термін подвоєння; – сумарний прибуток, – максимальні поточні значення доходів і збитків. Записуємо рівняння для темпу доходу (Cash Flow):

$$dox(t, Co, Tc, n, \omega, To) := (ciprod - cobvar(t, Co, Tc)) \cdot wikno(t, n, \omega, To)$$

Рівняння для поточного накопиченого доходу:

$$sumdox(t, Co, Tc, n, \omega, To) := \sum_{i=0}^t dox(i, Co, Tc, n, \omega, To)$$

Обчислюємо термін окупності (накопичений прибуток з від'ємного стає нульовим). Використовуємо числовий метод пошуку нульового кореня

рівняння:

$$\begin{aligned} oku1 &= \text{root}(\text{функція}(\blacksquare), \text{змінна}, \text{диа}, \text{пазон}) \\ oku1 &:= \text{root}(\text{sumdxd}(q, 0.65, 30, 3, \text{om}, 8), q, 1, 20) \\ oku2 &:= \text{root}(\text{sumdxd}(q, 1, 20, 5, \text{om}, 24), q, 5, 40) \end{aligned}$$

Задаємо вхідні параметри графіків.

$$q := 7.1; \quad q := 7.1$$

$$\boxed{\text{ciprod} \equiv .67 \mid \text{okup1} \equiv 1 \mid \text{okup2} \equiv 25 \mid \text{oku1} = 10.387}$$

$$oku2 := \text{root}(\text{sumdxd}(q, 1, 20, 5, \text{om}, 24), q, 5, 40)$$

На рис.2.8 подано порівняння життєвих циклів за узагальненою моделлю проводимо тестове обчислення накопиченого поточного доходу для різних значень параметрів [63].

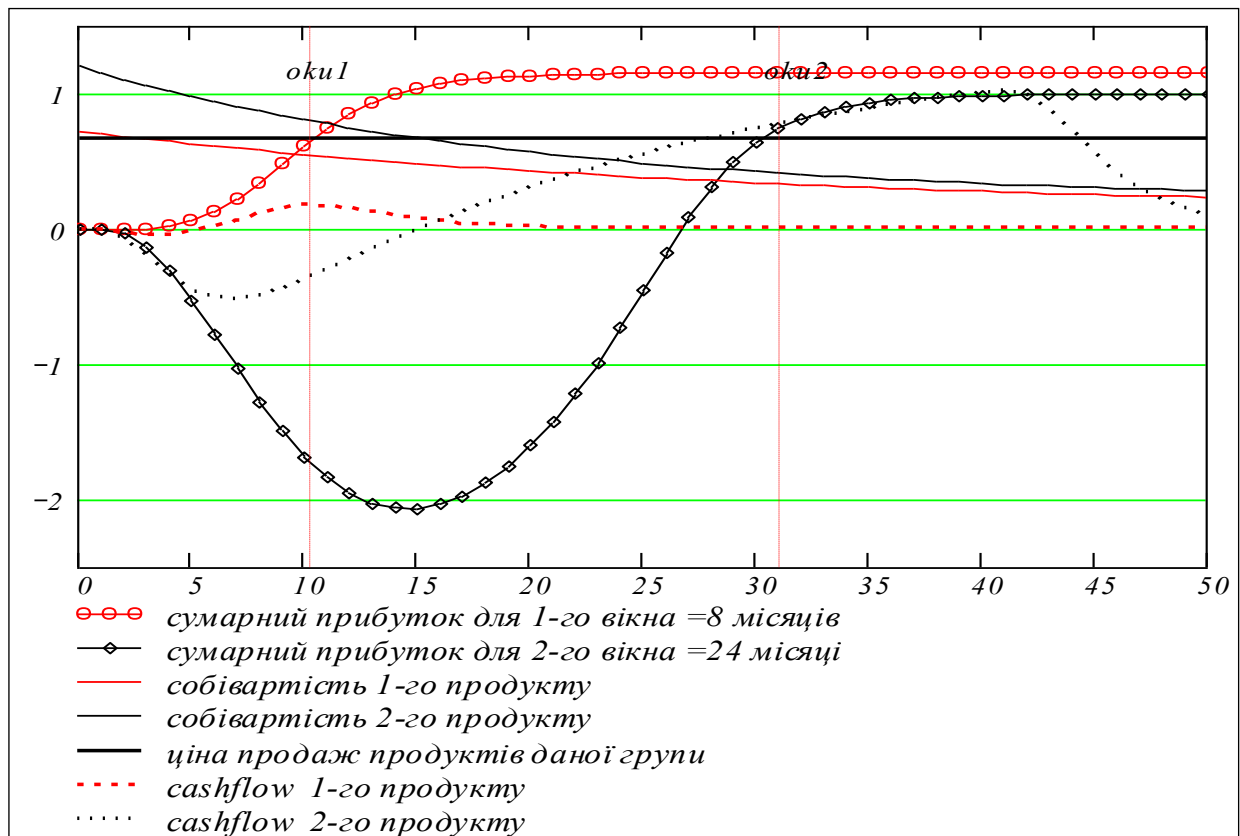


Рисунок 2.8 – Порівняння життєвих циклів за узагальненою моделлю.

Підводимо підсумок щодо моделей ринкових вікон та життєвих циклів продуктів. Ці моделі – результат генерації та накопичення практичного досвіду, вони зручні для навчання, кращого розуміння. Однак в умовах сучасного глобалізованого виробництва, коли виробництва, логістики, ритейлу

змінюються занадто швидко. Тобто, застосування таких моделей в системах оперативного і стратегічного управління неефективно. Крім цього класичний математичний апарат орієнтований на спрощення та вишукані пошуки. Згадаємо класичні методи знаходження екстремуму функції багатьох змінних при обмеженнях: лінійне програмування, квадратичне, цілочисельне, дискретне, нелінійне програмування. Далі розглянемо нове рішення задачі оптимізації життєвих циклів продуктів виробництва. Конкретно поставлена задача визначення моментів часу для переходу до нової моделі виробництва.

2.4 Розробка підсистеми управління ринковими вікнами на базі елементів системи проектів

Сьогодні під впливом вимог практики побудови, розвитку та ефективного створення виробництв, проходить розширення можливостей використання комп'ютерно-інтегрованих моделей. Досить поширені «безпілотні системи управління в наземному, морському, повітряному видах транспорту, в системах масового обслуговування – в складних системах постачання та ін. Автоматизується область доведення складних, дорогих і довгих проектів. Для сертифікації великих систем проектів потрібно виконувати довгі ресурсні випробування надійності і живучості. Сьогодні намагаються зменшити витрати часу і ресурсів за рахунок заміни об'єкту ефективною імітаційною моделлю. На базі ефективних імітаційних моделей можливо швидко отримувати «статистику віртуальної реальності та ін. Наприклад, в [56, 57] реалізовано статистику збурень для окремого виробника від конкурентів і користувачів імітаційною моделлю. В даній роботі збираємо математичну модель прогнозування і управління ринковими вікнами на базі математичної моделі «монопроект» як альтернативу класичним моделям (див. підрозділи 2.2 – 2.3).

На початку розділу 2 на рис. 2.1 подана ієрархічна структура для системи проектів на базі оптимального агрегування. В роботах И. Месаровича [61] проведені фундаментальні дослідження великих виробничих систем, запропоновані класи ієрархій - страти, рівні, ешелони та подані намагання

розробки методів оптимального управління ієрархічними системами: – бінарні «методи узгодження рішень» між парами підсистем рівня ієрархії ». Однак ці методи давали рішення для систем не вище другого порядку. В фундаментальних роботах [62] управління розподілом ресурсів у великих системах будувалося на базі пошукової процедури «метаігровий синтез»: елементи подавали заявки на ресурс, верхній рівень встановлював ціни згідно обсягу заявок. Процедура повторювалась, поки не встановлювалась рівновага заявок і розподілів . В практиці цьому відповідають тендери, конкурси. Проблема розмірності оптимізаційної задачі розподілу знімалась, але метод «метаігрового синтезу» був непрацездатним для негладких не випуклих і розривних функцій виробництва. Схема системи проектів на рис. 2.1 тільки зовнішньо подібна відомим ієрархічним структурам. Схеми є схожими , оптимальне агрегування жорстко упорядковує зв'язки між елементами в кожному монопроекті. На рис. 2.9 подано структуру і функції комплексу математичних моделей і програмних модулів для системи проектів. Подаємо більш детальну класифікацію системи системи "монопроект":

1. Модуль "оптимальне агрегування" ресурсної структури "монопроекту. " (статика функції часу);
2. модуль "кредити";
3. модуль "ринки";
4. модуль функція Гамільтона (для оптимально агрегованого об'єкту);
5. модулі введення виводу;
6. модулі що буде якщо та ризик-аналізу;
7. модулі статистики;
8. модулі «Операції»;
9. розпаковка в динаміку стану і параметрів об'єкта;
10. віртуальна статистика;
11. вихід монопроекту:
 - процес параметризований.

Режими – моделювання процесів на комп'ютері. Аналіз оптимальних процесів в просторі параметрів:

- режим предиктора;
- режим статистика віртуальної реальності;
- режим автопілот

Режим – імітація управління проектом в реального часу

Оптимальне агрегування ресурсної структури:

- дезагрегування результату моделювання

Задача – управління часом виконання проекту:

Задача управління ринковими вікнами – (ресурсне, кредитне)



Рисунок 2.9 – Структура і функції монопроекту

Як було відзначено тема комплексної роботи – нова, аналіз літератури показав відсутність математичного забезпечення сучасних проектів. Вибір

математичної бази – методології оптимального агрегування дозволив вибрати і розробити нові концепції і проектні рішення в актуальній області області – «управління системами проектів». Проведені в розділах 1, 2 аналіз і розробка дозволили поставити і вирішити нові задачі управління . Це модулі «ринкові вікна» і «зв'язки в часі».

Вибрані рішення дають можливості спростити баз спрощень математичних моделей такі актуальні задачі як урахування в базовій моделі монопроекту моделі попиту, освоєння, «ринкові вікна», випадкові збурення і управління часом виконання проекту. Це робиться відповідним вибором параметрів моделі проекту: параметр можна задати як певну функцію. Програма «монопроект» обчислить саме оптимальний процес з урахуванням заданого параметру.

2.5 Висновки до розділу 2

Тема роботи не має близьких за методами і можливостями аналогів. Виконано аналіз і змодельовано відомі моделі для аналізу систем ринкових вікон. Розглянуті причини періодичної зміни моделей: насичення попиту, конкуренція, нові можливості підвищення ефективності продукту виробництва. Моделі – аналоги базовані на статистиці, в них не передбачені можливості корекції параметрів моделі для підтримки рівня адекватності розвитку технологій та конструкційних рішень.

Проаналізована структура і можливості вибраного елемента системи проектів – монопроекту. Монопроект є програмним модулем – функцією користувача з параметрами. Програмний модуль містить дві оптимізаційні задачі – оптимальне агрегування ресурсної структури монопроекту та рішення варіаційної задачі розвитку з не квадратичним інтегральним критерієм – накопичення. Вихід програмного модуля процес функціонування і розвитку монопроекту – матриця, що є послідовністю векторів стану . а також інтегральні показники. Параметри функції користувача – це параметри функцій виробництва і розвитку підсистем монопроекту а також параметри моделей

динаміки. Це дає можливість отримувати функції чутливості монопроекту до варіацій параметрів і вирішувати задачі управління ринковими вікнами, часом виконання монопроектів [63].

Розробка дозволяє обґрунтовано визначати типові показники системи проектів та елементів: окупність, подвоєння, терміни виконання, а також виконувати ризик-аналіз. Програмне забезпечення дає можливість користувачу будувати персональну систему підтримки рішень для свого робочого місця.

Запропоновано нове рішення для моделі визначення переходу між ринковими вікнами : система управління поточним станом монопроекту містить модуль, що є імітаційною моделлю-предиктором монопроекту, що виконується в прискореному часі. Таке рішення обумовлено наявністю моделі проекту, та великою різноманітністю «породжуючих механізмів» попиту і пропозиції. Підсумок розділу – класичні моделі статистики необхідно замінювати моделями, подібними до моделей фізики і механіки та імітаційними моделями з вбудованими генераторами стохастичності.

3 РОЗРОБКА І ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМ МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ СИСТЕМОЮ ПРОЄКТІВ

В даному розділі розглядаються модулі, що входять в систему управління системою проєктів, та приклади тестування програмних модулів. На рис. 2.9 подана структура розробки в цілому. Далі наведені модулі і результати їх тестування для даної частини комплексного проєкту. Нагадаємо, що, на відміну від класичних методів, збільшення розмірності об'єктів і задач збільшуються тільки індекси відповідних векторів і матриць, а обчислювальні витрати зростають тільки лінійно. Для проєктів характерна висока розмірність підсистем, елементів і операцій. Тестування програмних модулів виконується на об'єктах 3-4-го порядку – результати тестування гарантовано придатні для систем 20-100 порядку

3.1 Зміст і етапи типового проєкту розвитку, на базі стандартних показників і з урахуванням впливу невизначеностей

Проаналізуємо проблему відображення типових багатофункціональних проєктів у відносно простих математичних моделях без оптимізації. У проєктах багато аспектів і функцій, таких, що не мають «твердого математичного фундаменту. Це, зокрема логістика, робота з кадрами та ін. В ресурсній моделі проєкту це створення відповідного підрозділу, вибір керівника проєкту, що оцінить витрати, випуск, функцію виробництва і розвитку проєкту на базі власної кваліфікації і ефективних комп'ютерно інтегрованих систем (КІС). В літературі з управління проєктами використовують термін «інвестиційний проєкт». Інвестиційний проєкт має такі типові фази виконання проєктів:

1) проєктні розробки - проєктування: виробу, технологій, обладнання, виробничих приміщень, сервісної мережі та ін.;

2) виготовлення і випробування дослідних зразків виробу, виготовлення обладнання, споруд, підготовки ринку;

3) запуск виробництва, просування продукту на ринок, інвестування доходів у подальше розширення виробництва;

4) максимізація темпу повернення капіталовкладень або сумарного прибутку за рахунок: постійного зменшення витрат і своєчасного (вікна) оновлення продукції.

Фаза 4 може тягнутись необмежено, аж але існуюче виробництво може стати таким, що може бути модернізоване, а тільки замінене принципово іншим.

5) зупинка виробництва, демонтаж, розпродаж, утилізація фондів, теми та інвесторів для наступного проекту.

Наведемо класичний типовий приклад. Корпорація кожні півроку випускає нову модель мобільного телефону (смартфону та ін.). Розробка (концепція, макети, випробування, підготовка масового виробництва) нової моделі триває 1-3 роки, для цього виділяються досить самостійні тимчасові підрозділи (СГП - самостійні господарчі підрозділи) по комплексній розробці певних моделей даного класу продукції на зростаючому ринку з високою конкуренцією. Виникає система проектів. Діяльність корпорації в цілому є стає системою проектів по запуску нових моделей виробів - мобільних телефонів та ін. В літературі з стратегічного управління рекомендується уникати емпіричного «маркетингового болота», і по можливості знаходити, вибирати, розробляти «острівці твердих математичних моделей і методів».

Матеріал розділів 1 і 2 присвячений саме вибору і обґрунтування «твердих математичних моделей» Однак розглянемо програмно реалізовану модель проекту [41], де враховані типові фактори проекту. За виключенням оптимізації.

На рис. 3.1 подано текст модуля з коментарями.

Виконуємо обчислення характеристик проекту в окремих сервісних модулях. Задаємо ранжовану змінну: $t := 1..T_{жц}$. Перепишемо вихід програми в масив: $Vy := PrMo$; обчислимо темп "прибутку" $dPrb_t := Vy_{2,t} - Vy_{1,t}$; та накопичений прибуток: $Prb_t := Vy_{5,t} - Vy_{4,t}$

$PrSt(na) =$	<p>"Ввод початкових значень (усі присвоєння зібрано в два рядки)" $(vytdi_2 \leftarrow 0) - (vykdi_2 \leftarrow 0.01) - (По_1 \leftarrow 0) - (По_2 \leftarrow 0)$ $(dox_2 \leftarrow 0) - (ym1 \leftarrow 0) - (T1k \leftarrow "неокуп") - (T2k \leftarrow "перодw")$ "Обчислюється ряд випадкових значень параметра виконання проекту" $fuzn \leftarrow (Xma - rchisq(Tжц, Par) \cdot 0.1) \cdot na_ще_раз$ for $k \in 3..Tжц - "цикл моделювання"$</p> <div style="border-left: 1px solid black; border-right: 1px solid black; padding-left: 10px;"> $ym1 \leftarrow 1$ if $vykdi_{k-1} \geq Doхро - "умова початку повернення витрат"$ $dvykdi_k \leftarrow Kr \cdot (1 - vykdi_{k-1}) \cdot vykdi_{k-1} - "темпл виконання проекту"$ $dvytdi_k \leftarrow dvykdi_k \cdot ВПС - "ВПС - витрати планові сумарні"$ $vytdi_k \leftarrow vytdi_{k-1} + dvytdi_k \cdot Dt - "накопичені витрати"$ $vykdi_k \leftarrow vykdi_{k-1} + fuzn_{k-1} \cdot dvykdi_{k-1} \cdot Dt - "накопичене виконання"$ $По_k \leftarrow \begin{cases} 0 & \text{if } (ym1 < 1) - "визначення попиту (модель Юла)" \\ a1 \cdot По_{k-1} + a2 \cdot По_{k-2} + a3 + (a4 - 2 \cdot rnd(a4)) & \text{otherwise} \end{cases}$ $По_k \leftarrow \max(По_k, 0)$ $ddox_k \leftarrow \begin{cases} 0 & \text{if } ym1 < 1 - "визначення темпу доходів" \\ prb \cdot По_k \cdot Rуп - Kpb \cdot [(По_k - По_{k-1}) \div По_k]^2 & \text{otherwise} \end{cases}$ $dox_k \leftarrow dox_{k-1} + ddox_k \cdot Dt - "накопичений доход"$ $pryb_k \leftarrow dox_k - vytdi_k - "накопичений прибуток"$ "Визначення моментів окупності та подвоєння" $T1k \leftarrow k$ if $sign(pryb_{k-1}) \neq sign(pryb_k)$ $Tzak \leftarrow k$ if $sign(0.95 - vykdi_{k-1}) \neq sign(0.95 - vykdi_k)$ </div> <p>$рядок \leftarrow (vytdi_k \quad pryb_k \quad T1k \quad Tzak)$</p>
--------------	---

Рисунок 3.1 – Базова програма моделювання інвестиційного проекту

В кінці планового періоду маємо: $сумПриб := Prb_{Tжц}$; максимальні накопичені витрати: $сумВитр := \min(Prb)$; норма прибутку в кінці планового періоду проекту: $НормПри := -сумПриб \div сумВитр$. Програма повертає вектор-рядок, компоненти якого: витрати на виконання робіт, накопичений прибуток, термін окупності, термін закінчення робіт. Виводимо вихід програми: $PrSt(1) = (848.64 \ 820.85 \ 178 \ 76)$.

Щоб створити вибірку можливих результатів виконання проекту, треба виконати певне число прогонів програми. Вбудовуємо в програму генератор випадкових чисел з заданим розподілом ймовірностей Простіше це зробити

так: задаємо кількість прогонів $vyb := 1000$, ранжовану змінну $q := 1..vyb$; і записуємо рівняння $Vstat^{(q)} := PrCm(I)^T$. Результатом виконання цього рівняння буде масив «статистики віртуальної реальності». Задаємо кількість інтервалів групування даних $kilin := 33$ (в кожний інтервал в середньому повинно попадати не менше 7-10 елементів). Обчислюємо гістограму - частотний розподіл витрат: $rvyt := histogram(kilin, ByBy^{(1)})$, визначаємо медіанне середнє: $mdv := median(ByBy^{(1)})$, стандартне відхилення: $stv := stdev(ByBy^{(1)})$ та границі імовірного розкиду:

$$ngv := mdv - stv; vgv := mdv + stv.$$

Аналогічно визначаємо частотні розподіли для інших показників проекту. Тестуємо програми: нижня границя розкиду витрат $ngv = 875$; , імовірність витрат менших цього значення $riskn(rvyt, ngv) = 0.09$, верхня границя розкиду витрат $vgv = 1072$, імовірність витрат більших цього значення $riskv(rvyt, vgv) = 0.16$. Виводимо частотні розподіли для показників проекту з маркерами середніх значень [41, 64].

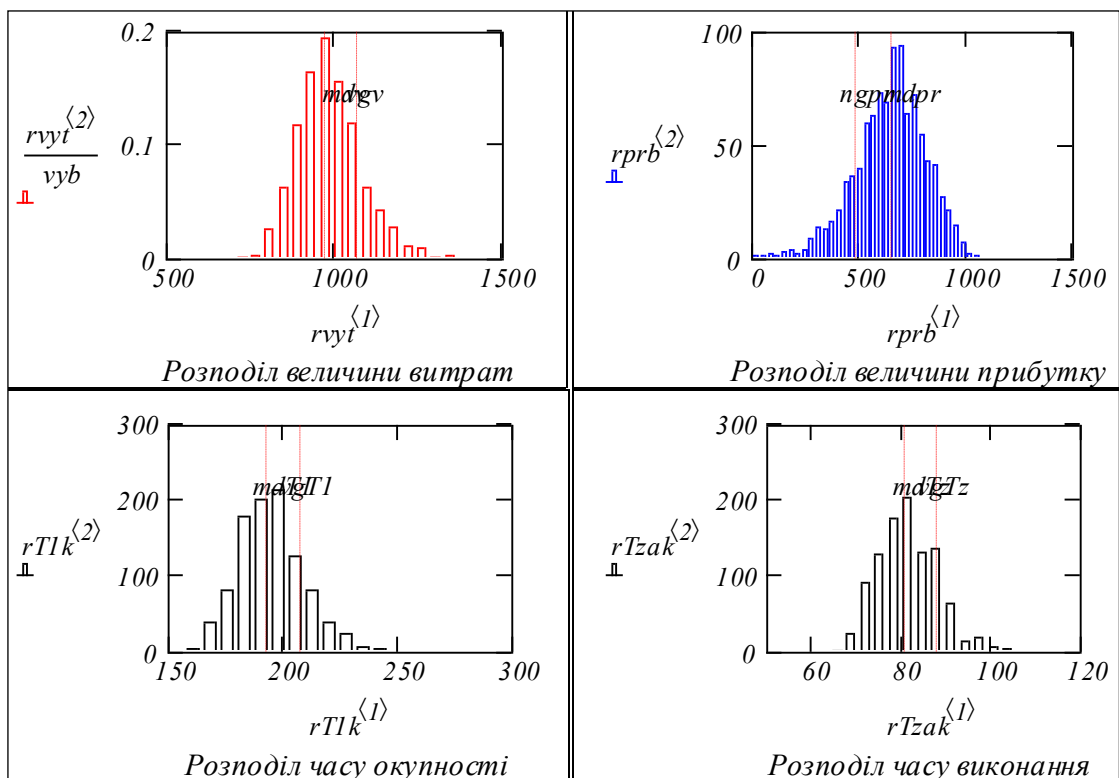


Рисунок 3.2 – Результати ризик аналізу – частотні розподіли показників проекту

Отримані (рис. 3.2) емпіричні частотні розподіли – гістограми є важливими фінансово-технологічними документами в заключенні і виконанні проекту. Вони отримані на «твердій» математичній основі. Від цих розкидів залежить кредитний процент та інші умови. Єдині вади програмного модуля – відсутня оптимізація, і присутня проблема розмірності. Далі на конкретних прикладах проаналізуємо результати тестування і незвично очевидні узагальнення методів оптимального агрегування.

3.2 Аналіз структури і властивостей модуля «монопроект».

Параметризація оптимально агрегованих систем

Програмний модуль «монопроект» складається з двох частин:

- модуль оптимального агрегування ресурсної структури;
- модуль оптимального процесу функціонування і розвитку .

В програмуванні типовими об'єктами є «функція користувача» і «функція користувача з параметрами».

Функції користувача, що використовуються в даній роботі мають вбудовані операції оптимізації за критеріями класу «узагальнена сума» і «узагальнене накопичення». В програмних модулях даної роботи використовують векторизація, символічні обчислення. Якщо подивитись на тексти модулів, побачимо що на кожному кроці обчислень бінарним оператором оптимального агрегування знаходиться оптимальний розподіл ресурсу між двома елементами, а на кожному кроці процесу оптимального розвитку знаходиться оптимальний розподіл поточного ресурсу між «виробництвом» і «розвитком». Тобто маємо певні бінарні механізми що покроково будують такі функції; «оптимальна еквівалентна функція виробництва» і «оптимальна стратегія розвитку». Головна цінність використаних в комплексному проекті моделей і методів обумовлена асоціативністю бінарних операторів оптимального агрегування. Тобто бінарну операцію можна повторювати як при сумуванні і множенні чисел. Нікого не дивує, що суму 100 чисел можна одним еквівалентним числом. Це можливо і

для елементів виробничих систем: методи, що не дозволяють зняти проблеми розмірності просто непридатні для роботи з системами проектів.

Тобто вибір методології оптимального агрегування безальтернативний. На відміну від спрощень та агрегування в класичній науці, в оптимальному агрегуванні інформація про вхідні операнди не втрачається.

Однак слід було випробувати альтернативу – застосувати нейро-штучно-інтелектуальні пошукові алгоритми із змінним кроком, навчанням і гарантованим неуспіхом. Причини дуже складні, розривні цільові функція оптимального агрегування і функції Гамільтона для задачі оптимального розвитку.

Параметризація рішень названих задач оптимізації створює нові можливості для практики і нові теоретичні проблеми аналізу і синтезу великих і цілісних – соціотехніко-екологічно-фінансових систем. В масовій теоретичній літературі нові можливості комп'ютерно - інтегрованих систем не знайшли відображення. Запишемо і проаналізуємо альтернативні вирази для оптимального агрегування.

3.3. Аналіз альтернативних модулів параметризації в монопроектах

Параметризація функцій користувача, для функцій користувача, що містять в собі оптимізацію, стохастичні функції та ін. вимагає тестування функції користувача, що може синтаксично коректною, але видавати семантично невідповідні результати. Почнемо з простого прикладу: дві параметризовані функції «витрати, випуск» з типовими векторами параметрів: векторами технологічних і фінансово-економічних параметрів (3.1).

$$f1 \left[x1, \begin{pmatrix} A1 \\ \sigma1 \\ s1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} Cpr1 \\ Cres1 \end{pmatrix} \right], f2 \left[x2, \begin{pmatrix} A2 \\ \sigma2 \\ s2 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} Cpr2 \\ Cres2 \end{pmatrix} \right] \quad (3.1)$$

Виконуємо бінарну операцію оптимального агрегування. Групуємо вектори параметрів. Запис результату бінарної операції оптимального агрегування:

$$Fop(Xs, Mt, Mc) = f2o(f1(x1, Vt1, Vc1), f2(x2, Vt2, Vc2)), \quad (3.2)$$

де $f2o(f1, f2)$ - бінарний оператор оптимального агрегування, $Xs, x1, x2$ - витрати ресурсів сумарні і в підсистемах $Vt1, Vt2$ – вектори параметрів технологічних систем - класу "витрати, випуск" ; $Vc1, Vc2$ - вектори цін

ресурсів і продуктів виробництва $Vt1 = \begin{pmatrix} A1 \\ \sigma1 \\ s1 \end{pmatrix}, Vc1 = \begin{pmatrix} Cpr1 \\ Cres1 \end{pmatrix}$. Параметри

результату оптимального агрегування (3.2) подаємо матрицями

$$Mt = \begin{pmatrix} A1 & A2 \\ \sigma1 & \sigma2 \\ s1 & s2 \end{pmatrix}, Mc = \begin{pmatrix} Cpr1 & Cpr2 \\ Cres1 & Cres2 \end{pmatrix}$$

Аналогічно отримуються параметризовані вирази для інших операторів оптимального агрегування асів. Форми запису виразів і рівнянь в класичній математичній формі і в програмній платформі пакету моделювання. В проекті використано базовий оператор оптимального агрегування $f2o(mf1, mf2)$ що бере операнди $mf1, mf2$ (це дві матриці, в яких функції виробництва (ФВ) $f1, f2$ подані таблицями значень). Модифікуємо цей оператор до форми: $f2po(vP1, vP2)$. Задаємо пару ФВ: $f1d_j := f4(j \cdot dx, vP1)$, $f2d_j := f4(j \cdot dx, vP2)$ і приводимо до стандартного формату : $mf1 := augment(f1d, r0)$, $mf2 := augment(f2d, r0)$. Записуємо результат оптимального агрегування для параметризованих операндів.

$$OEPfs(vP1, vP2) := f2po(vP1, vP2) \quad (3.3)$$

Увага, оператор $f2po(vP1, vP2)$ зроблено тільки для ФВ одного класу.

На рис. 3.3 подано тестування параметризованого оператора оптимального агрегування. Бачимо модуль переходу – простий, але неочевидно коректний. Праворуч – результати тестування, - тотожні. Імена бінарних операторів різні:

<p style="text-align: center;">Модуль переходу до параметризованої форми</p> <p style="text-align: center;">Виконує перехід від базової форми $f2o(mf1, mf2)$ до параметризованої $f2po(vP1, vP2)$</p>	<p style="text-align: center;">Тестування альтернативних форм агрегування</p>																																
$f2po(vP1, vP2) =$ <pre style="font-family: monospace; margin: 0;"> for v ∈ 1.. Nf f1d_v ← f4(v·δ, vP1) f2d_v ← f4(v·δ, vP2) mf1 ← augment(f1d, vr0) mf2 ← augment(f2d, vr0) MyMy ← f2o(mf1, mf2) </pre>	<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="text-align: center; margin-right: 10px;"> $f2o$ \swarrow \searrow mf1 mf2 </div> <div style="font-size: 2em; margin-right: 10px;">=</div> <table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0.01</td><td>0.99</td></tr> <tr><td>2</td><td>0.08</td><td>0.75</td><td>0.25</td></tr> <tr><td>3</td><td>0.44</td><td>0.84</td><td>0.16</td></tr> </table> </div> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="text-align: center; margin-right: 10px;"> $f2po$ \swarrow \searrow vP1 vP2 </div> <div style="font-size: 2em; margin-right: 10px;">=</div> <table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0.01</td><td>0.99</td></tr> <tr><td>2</td><td>0.08</td><td>0.75</td><td>0.25</td></tr> <tr><td>3</td><td>0.44</td><td>0.84</td><td>0.16</td></tr> </table> </div>		1	2	3	1	0	0.01	0.99	2	0.08	0.75	0.25	3	0.44	0.84	0.16		1	2	3	1	0	0.01	0.99	2	0.08	0.75	0.25	3	0.44	0.84	0.16
	1	2	3																														
1	0	0.01	0.99																														
2	0.08	0.75	0.25																														
3	0.44	0.84	0.16																														
	1	2	3																														
1	0	0.01	0.99																														
2	0.08	0.75	0.25																														
3	0.44	0.84	0.16																														

Рисунок 3.3 – Тестування модуля переходу до параметризованої форми

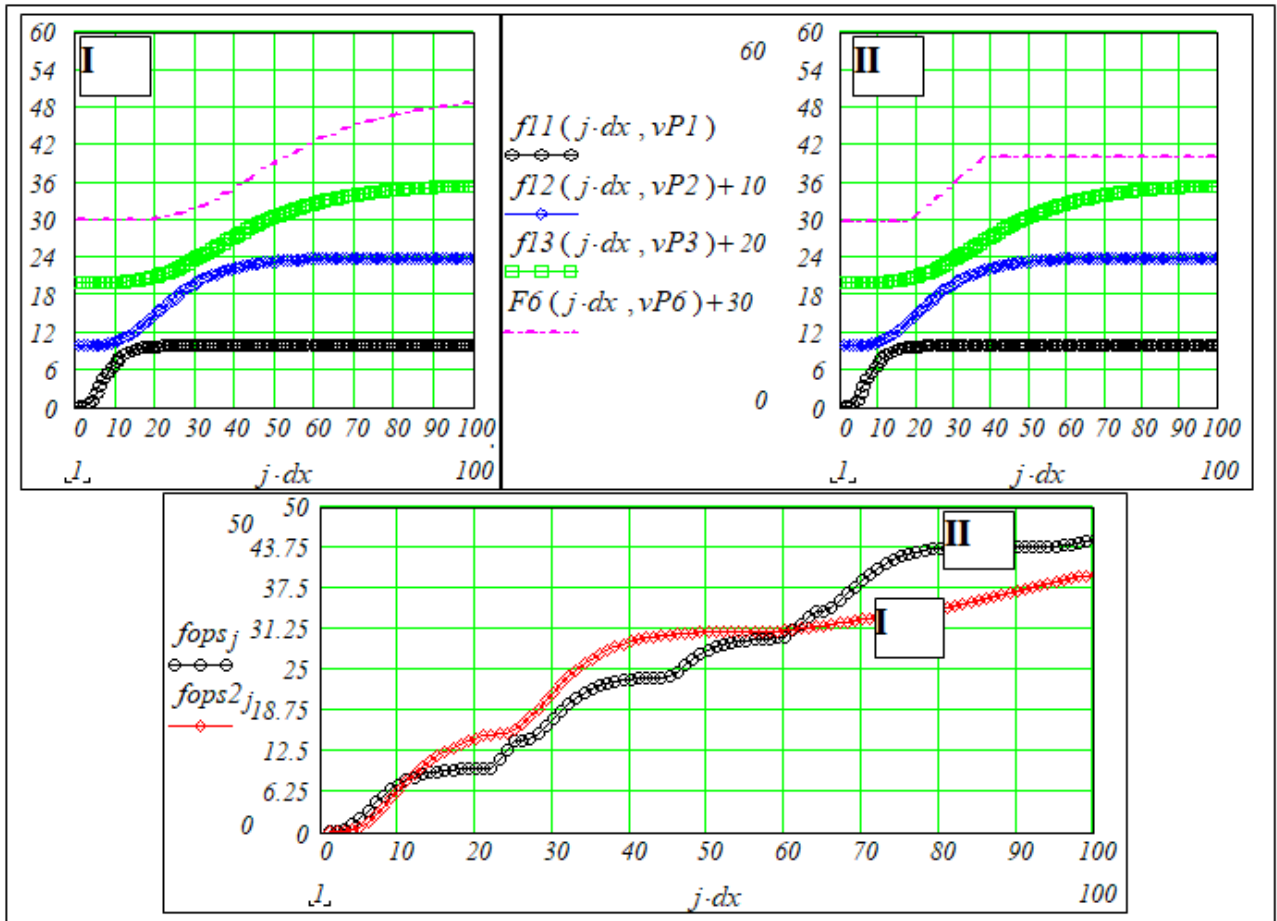


Рисунок 3.4 – Тестування задачі параметричного оптимального агрегування

Продовжуємо тестування параметризованих форм більшої розмірності з чотирьох підсистем (рис. 3.4). Комплекти ФВ відрізняються функцією $F6(x, vP6)$ – у варіанті I – це гладка увігнуто-випукла функція, у варіанті II – кусочно-лінійна. Також подано результати оптимального агрегування для цих

комплектів. Класичні та інтелектуальні методи такі оптимізаційні задачі не вирішують [41].

Запишемо приклад переходу від бінарних операцій оптимального агрегування до систем з довільними (допустимими) структурами і довільною розмірністю. В [56] подані доведення оптимальності для довільних (в рамках обмежень монотонності) ресурсних структур. Визначимо функцію користувача «оптимальне агрегування» бінарної структури в параметричній формі.

$$f_{2pp}(vP1, vP2) := \begin{array}{c} f_{2po} \\ \swarrow \quad \searrow \\ vP1 \quad vP2 \end{array} \quad (3.4)$$

Використаємо функцію користувача (3.4) для отримання параметризованої функції користувача для оптимального агрегування чотирьох підсистем визначених на рис. 3.4.

$$\boxed{Para(vP1, vP2, vP3, vP4) := \begin{array}{c} f_{2o} \\ \swarrow \quad \searrow \\ f_{2pp}(vP1, vP2) \quad f_{2pp}(vP3, vP4) \end{array}} \quad (3.5)$$

У виразі (3.5) спеціально подані вектори параметрів усіх підсистемі. Результат обчислення, операнд результату – матрична структура, що містить в собі «пам'ять» всіх попередніх агрегувань. На рис. 3.5 розподіли ресурсу мають велику кількість розривів, а також суттєво відрізняються при малих відхиленнях параметрів. Тобто при бажанні прогнозувати результати навіть невеликих змін існує одна альтернатива – методологія оптимального агрегування та імітаційні моделі [64].

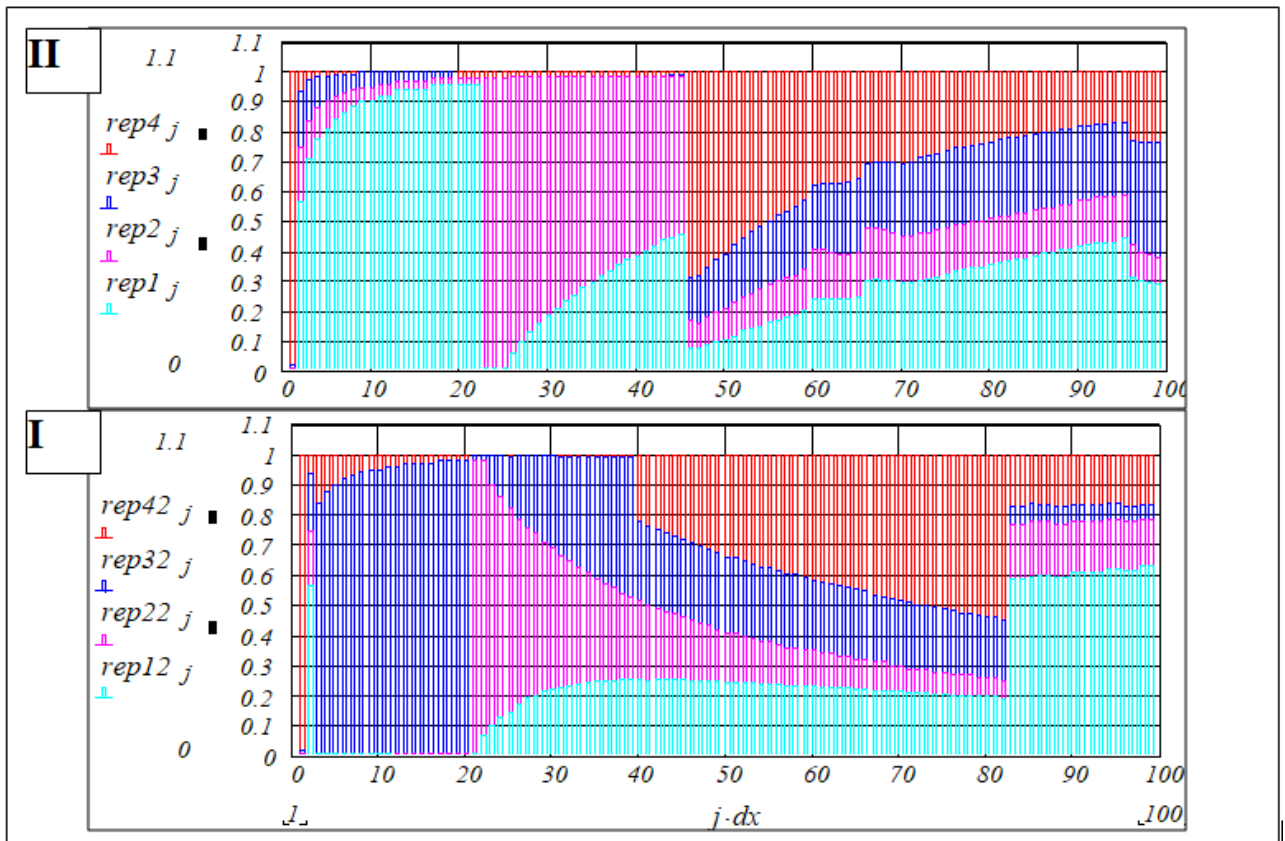


Рисунок 3.5 –Тестування задачі оптимального агрегування. Функції оптимального ресурсу між підсистемами.

Узагальнення параметризованих систем «оптимальне агрегування, оптимальний розвиток».

Узагальнимо тепер обмеження і можливості використання параметризації оптимально агрегованих моделей статички монопроекту і динаміки – рішення задачі оптимального розвитку.

Можливості – для кожного релевантного ресурсного, технологічного, фінансово-кредитного параметру монопроекту можемо побудувати оптимальну функцію чутливості (впливу). «Оптимальність» в даному випадку означає, рішення задач оптимізації статички (оптимальне агрегування) і динаміки (оптимальний розвиток) монопроекту є оптимальними за відповідними критеріями обчисленим за поточним станом з урахуванням заданих значень параметрів. В даному комплексному проекті поставлено дві нових задачі управління проектами:

– аналогічно вибираємо і реалізуємо управління на базі використання можливості моделі «монопроект», що базується на комплексі з двох задач

оптимізації – оптимального агрегування та оптимального розвитку. Специфіка вибору таких методів управління ринковими вікнами в тому, що не треба шукати чи створювати методи оптимізації управління: оптимізація вбудована в програмний модуль «монопроект».

В розділі 2 даної роботи виконано аналіз відомих моделей управління ринковими вікнами, в тому числі Використовуємо можливість створення операції оптимального агрегування монопроектів. В даній роботі ми не покращуємо відомі моделі ринкових вікон а будуємо нові рішення на базі моделі монопроекту. Вибираємо таке проектне рішення з управління ринковими вікнами:

– розділяємо функцію "витрати, випуск" в послідовну структуру з функції "виробництво" $fpr(x1, Vt1, Vc1)$ і "рітейл" $frt(x2, Vt2, Vc2)$, де $Vt1$, $Vt2$ – вектори технологічних параметрів, $Vc1$, $Vc2$ - вектори цінових параметрів.

Модифікуємо модуль оптимального розвитку - введемо параметр "момент початку виконання певного проекту (субпроекту),

$$KM(F3n, pr, pd, Tp, t0, Tmw),$$

де $F3n$ – оптимальна еквівалентна функція виробництва системи (монопроекту), pr , pd , – проценти кредиту і дисконту, Tp – тривалість проекту, $t0$ – момент початку проекту, Tmw – тривалість ринкового вікна.

Визначимо оператор оптимального агрегування для послідовної ресурсної структури "виробництво, рітейл": $f2opr(fp, fmw),$,

де fp – функція виробництва, fmw – функція рітейлу, що відображує залежності «витрати, продажі», а також специфіку обмеженості попиту (mw – market window).

В тестовій моделі вважаємо, що модель ринкових вікон - паралельна ресурсна структура, де продукція є альтернативною конкурентною і знаходиться в різних фазах "життєвого циклу" ринкового вікна.

Виконаємо оптимальне агрегування тестової паралельної ресурсної структури двох підсистем певного монопроекту - отримаємо імітаційну модель для тестування системи, елементи якої мають кінцеві життєві цикли для

продуктів виробництва (рис. 3.6). На рис. 3.6 подано математичну модель і програмна реалізація задачі управління ринковими вікнами.

Тестовий модуль є елементом системи підтримки рішень менеджерів проекту, які можуть бачити процес оптимального перерозподілу ресурсів між двома підсистемами в різних фазах виконання проекту. Наше вирішення задачі оптимізації так сформував структуру, щоб модуль оптимального агрегування на кожному кроці процесів функціонування і розвитку виконував розподіл ресурсів між двома процесами в різних фазах життєвого циклу. За умов спаду продаж одного продукту і зростання другого, в певний момент ресурси будуть виділятися тільки одній підсистемі.

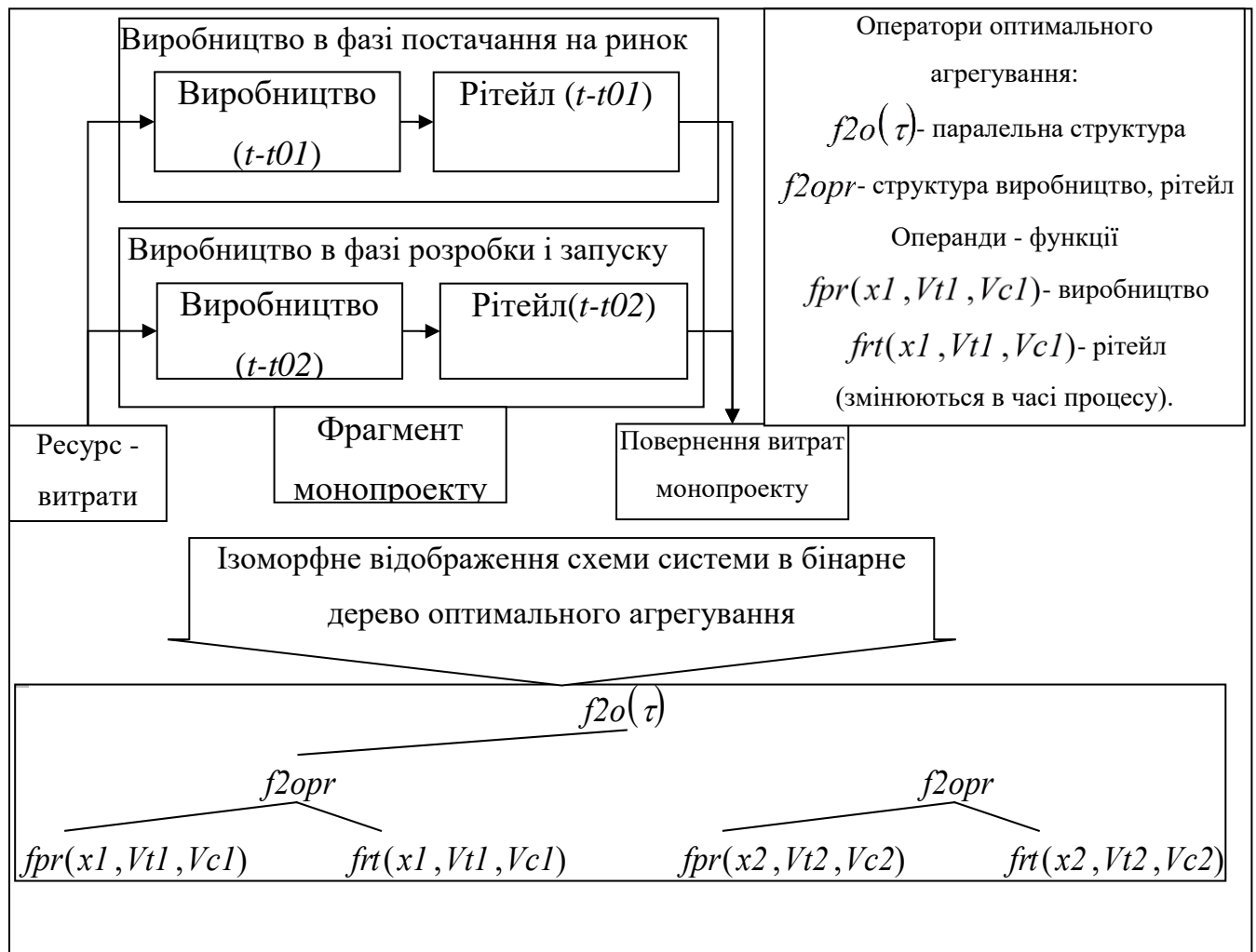


Рисунок 3.6 – Оптимальне управління ринковими вікнами на базі оптимального агрегування. Тестова структура

Таким чином розроблена і програмно реалізована задача управління ринковими вікнами на базі використання методів оптимального агрегування

3.4 Висновки до розділу 3

На базі аналізу відомих рішень варіаційної задачі оптимального розвитку виконано дослідження функціональних можливостей структури : - параметризована модель оптимального агрегування і модель оптимального функціонування і розвитку проектів. Поставлені конкретні завдання розробки і виконано обґрунтування вибору методології оптимального агрегування. Методи оптимального агрегування типових ресурсних структур виробничої системи дозволяють забезпечити настроювання розробленої моделі на нові об'єкти управління за рахунок параметризації операндів і функцій . Відмінність методу оптимального агрегування від аналогів в тому, що він дає не точкове рішення оптимізаційної задачі, а «оптимальну еквівалентну функцію виробництва агрегованої системи.

Як підсумок розділу 3 і роботи в цілому отримано модель оптимального управління ринковими вікнами на базі оптимального агрегування ресурсних структур послідовна статурса «виробництво, ритейл (ринок)» і паралельна структура «процеси з різними моментами початку і закінчення. Актуальність в практичному плані – отримання і тестування цілісної, оптимальної, адаптивної системи управління.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Технологічний аудит розробленої комп'ютерної системи оптимального управління системами проектів виробництва

Згідно з завданням проведемо «технологічний аудит» розробленої нами комп'ютерної системи оптимального управління системами проектів виробництва.

Технологічний аудит передбачає оцінювання наукового, технічного, інтелектуального та комерційного рівня розробленої нами адаптивної системи управління інтегрованим виробництвом та визначення потенційних можливостей для її комерційного використання. Природно, що це задача для професійних технологів і конструкторів і екологів, що власноручно створюють науково-технічний прогрес.

Для проведення технологічного аудиту скористаємося експертним методом. Для цього запросимо 3-х експертів: к.т.н., доцента Кравця Петра Івановича, к.т.н., Штифурака Юрія Михайловича та к.т.н., доцента Ясочку Максима Володимировича. Запрошені експерти тривалий час працюють у КПІ, є фахівцями у даній галузі наукових досліджень, мають широковідомі опубліковані наукові роботи, виступи на конференціях, тривалий час займаються вивченням даної проблеми тощо.

Дана розробка може використовуватися у всіх сучасних САУ. Модель краща за аналог, так як ефективніше керує сучасними системами проектів розвитку виробництва за рахунок розробки і використання узагальненої моделі системи проектів на базі методології оптимального агрегування.

Оцінювання комерційного потенціалу розробленої нами адаптивної системи будемо здійснювати за 12-ма критеріями, рекомендованими Державним комітетом України з питань науки, інновацій та інформатики та наведеними в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Рекомендовані критерії оцінювання комерційного потенціалу розробки та їх можлива бальна оцінка

Критерії оцінювання та бали (за 5-ти бальною шкалою)					
Критерій	0	1	2	3	4
Технічна здійсненність концепції:					
1	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено роботоздатність продукту в реальних умовах
Ринкові переваги (недоліки):					
2	Багато аналогів на малому ринку	Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому ринку
3	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів	Ціна продукту приблизно дорівнює цінам аналогів	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни аналогів
4	Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів
5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні експлуатаційних витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів
Ринкові перспективи					
6	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою
7	Активна конкуренція великих компаній на ринку	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкурентів не має
Практична здійсненність					
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти та час на навчання наявних фахівців	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фін. ідеї відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фін. ідеї відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військ. пром. комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використ. у виробництві
11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років.	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років.
12	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту

Далі, для встановлення загального рівня комерційного потенціалу розробленої нами адаптивної системи, скористаємося порадами таблиці 4.2, в якій наведено рекомендації щодо можливих рівнів комерційного потенціалу будь-якої розробки.

Таблиця 4.2 – Рівні комерційного потенціалу будь-якої розробки

Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$, розрахована на основі висновків експертів	Рівень комерційного потенціалу розробки
0 – 10	Низький
11 – 20	Нижче середнього
21 – 30	Середній
31 – 40	Вище середнього
41 – 48	Високий

Результати оцінювання комерційного потенціалу розробленої нами адаптивної системи, яке зробили запрошені експерти, зведемо в таблицю 4.3.

Таблиця 4.3 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	° Експерти		
	Кравець П. І.	Штифурак Ю. М.	Ясочка М. В.
	Бали, виставлені експертами:		
1	4	5	4
2	3	4	4
3	4	4	3
4	3	4	3
5	4	4	4
6	3	3	4
7	4	4	4
8	4	3	3
9	3	3	3
10	4	3	2
11	4	3	2
12	3	3	2
Сума балів	СБ1 = 43	СБ2 = 43	СБ3 = 38
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$	$\overline{СБ} = \frac{\sum_{i=1}^3 СБ_i}{3} = \frac{43+43+38}{3} = \frac{124}{3} = 41,33$		

Оскільки середньоарифметична сума балів, що їх виставили експерти, дорівнює 41,33 балам, то, керуючись даними таблиці 4.2, можна зробити висновок, що розроблена нами адаптивна має рівень комерційного потенціалу, який вважається «високим».

4.2 Розрахунок витрат на розробку

Загальновідомо, що розрахунок витрат на розробку адаптивної системи складається таких етапів:

- 1-й етап: розрахунок витрат, які безпосередньо стосуються виконавців даного розділу роботи.
- 2-й етап: розрахунок загальних витрат на виконання даної роботи.
- 3-й етап: прогнозування загальних витрат на виконання та впровадження результатів даної роботи.

Основна заробітна плата розробників (дослідників) Z_o , які працюють в наукових установах бюджетної сфери розраховується за формулою:

$$Z_o = \frac{M}{T_p} \cdot t \text{ грн.}, \quad (4.1)$$

де M – місячний посадовий оклад конкретного розробника, грн. T_p – число робочих днів в місяці, $T_p = 22$ дні, t – число днів роботи розробника.

Над створенням системи відображення точного часу працювали керівник проекту та інженер. Отже, виконаємо для них всі необхідні розрахунки:

Основна заробітна плата наукового керівника становить:

$$\frac{8000}{22} \cdot 5 = 1818.18 \text{ (грн)}. \quad (4.2)$$

Отримані розрахунки занесемо в таблицю 4.4:

Таблиця 4.4 – Основна заробітна плата розробників

Найменування посади	Місячний Посадовий Оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн
1. Науковий керівник	8000	363.63	5	1818.18
2. Програміст	5000	227.27	25	5681.82
Всього				7500

Додаткова заробітна плата Z_d виконавців розраховується як (10...12)% від величини основної заробітної плати, тобто:

$$Z_d = (0,1 \dots 0,12) \cdot Z_o. \quad (4.3)$$

Для нашого випадку:

$$Z_d = 0,12 \times 7500 = 900 \text{ грн.}$$

Нарахування на заробітну плату $H_{зп}$ розробників розраховуються за формулою:

$$H_{зп} = (Z_o + Z_d) \cdot \frac{\beta}{100}, \quad (4.4)$$

де Z_0 – основна заробітна плата розробників, грн.;

Z_d – додаткова заробітна плата розробників, грн.;

β – ставка єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування, %. У 2019 році визначена на рівні 22%. Тоді:

$$H_{зп} = 7500 \times 0,22 = 1650 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування A на обладнання та приміщення в цілому можуть бути розраховані за формулою:

$$A = \frac{Ц}{T_{кор}} \cdot \frac{T}{12} \text{ грн,} \quad (4.5)$$

де $Ц$ – загальна балансова вартість всього обладнання, комп'ютерів, приміщень тощо, що використовувались для виконання даної роботи, грн.;

T – термін використання обладнання, місяці.

$T_{кор}$ – термін корисного використання, роки.

Зроблені розрахунки зведемо до таблиці:

Таблиця 4.5 – Обладнання, яке використовувалося для написання роботи, вартістю не більше 2500 грн

Найменування обладнання, приміщень	Балансова Вартість, грн.	Термін корисного використання, роки	Термін використання, міс.	Величина амортизаційних відрахувань, грн.
Комп'ютер	20000,00	2	1	833.33
Приміщення	150000,00	20	1	625
Всього				1458.33

Витрати на матеріали M , що були використані під час виконання даного етапу роботи, розраховуються по кожному виду матеріалів за формулою:

$$M = \sum_1^n H_i \cdot Ц_i \cdot K_i - \sum_1^n V_i \cdot Ц_v \text{ грн.,} \quad (4.6)$$

де H_i – витрати матеріалу i -го найменування, кг;

$Ц_i$ – вартість матеріалу i -го найменування, грн./кг.;

K_i – коефіцієнт транспортних витрат, $K_i = (1,1 \dots 1,15)$;

V_i – маса відходів матеріалу i -го найменування, кг;

C_B – ціна відходів матеріалу i -го найменування, грн/кг;

n – кількість видів матеріалів.

Таблиця 4.6 – Вартість матеріалів

Найменування матеріалу	Ціна за 1 кг або 1 шт, грн.	Витрати матеріалу, кг або шт	Вартість витраченого матеріалу, грн.
Папір	90	1	99
Тонер	400	0.05	22
Ручка	12	1	13.2
Флешка	80	1	88
Всього			222.2

Інші витрати B_{in} охоплюють: витрати на управління організацією, оплата службових відряджень, витрати на утримання, ремонт та експлуатацію основних засобів, витрати на опалення, освітлення, водопостачання, охорону праці тощо.

Інші витрати доцільно прийняти як 100% від суми основної заробітної плати розробників та робітників, що виготовили дослідний зразок

$$B_{in} = (1..3) \cdot (Z_o + Z_p) \quad (4.7)$$

Отже:

$$B_{in} = 1 \cdot 7500 = 7500(\text{грн}). \quad (4.8)$$

Сума всіх попередніх витрат дає витрати на виконання даної частини розробки:

$$B = 7500 + 222.2 + 1458.33 + 1650 + 900 + 7500 = 19230.53 \text{ (грн)}. \quad (4.8)$$

Загальна вартість всієї наукової роботи B_{zag} визначається за формулою:

$$B_{zag} = \frac{B}{\alpha} = \frac{19230.53}{0.8} = 24038.16 \text{ (грн)}. \quad (4.9)$$

де α – частка витрат, які безпосередньо здійснює виконавець даного етапу роботи, у відн. одиницях. Для нашого випадку $\alpha = 0,8$.

Прогнозування загальних витрат (ЗВ) на виконання та впровадження результатів виконаної наукової роботи здійснюється за формулою:

$$ЗВ = \frac{В_{заг}}{\beta} = \frac{24038.16}{0.4} = 60095.4 \text{ (грн)}. \quad (4.10)$$

де β – коефіцієнт, який характеризує етап виконання даної роботи.

Так, якщо розробка знаходиться: на стадії науково-дослідних робіт, то $\beta \approx 0,1$; на стадії технічного проектування, то $\beta \approx 0,2$; на стадії розробки конструкторської документації, то $\beta \approx 0,3$; на стадії розробки технологій, то $\beta \approx 0,4$; на стадії розробки дослідного зразка, то $\beta \approx 0,5$; на стадії розробки промислового зразка, $\beta \approx 0,7$; на стадії впровадження, то $\beta \approx 0,9$.

4.3 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки

З метою прогнозування комерційних ефектів від реалізації розробки складемо таблицю вихідних показників, за рахунок яких і відбуватиметься отримання комерційного ефекту.

Таблиця 4.7 – Вихідні дані для прогнозування комерційного ефекту від реалізації розробки

Рік реалізації розробки	1	2	3
Кількість од. реалізації, шт.	5	7	7

Величина зростання ціни реалізації розробки, грн. – 12000 грн.

Кількість продукції, що випускалась до впровадження розробки – 1 шт.

Збільшення чистого прибутку підприємства Π_i для кожного із років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки, розраховується за формулою:

$$\Delta\Pi_i = \sum_1^n (\Delta C_o \cdot N + C_o \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{\nu}{100}\right) \quad (4.11)$$

де $\Delta\Pi_o$ – покращення основного оціночного показника від впровадження результатів розробки у даному році. Зазвичай таким показником може бути ціна одиниці нової розробки; N – основний кількісний показник, який визначає

діяльність підприємства у даному році до впровадження результатів наукової розробки; ΔN – покращення основного кількісного показника діяльності підприємства від впровадження результатів розробки; C_0 – основний оціночний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році після впровадження результатів наукової розробки; n – кількість років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки; λ – коефіцієнт, який враховує сплату податку на додану вартість. У 2019 р. ставка податку на додану вартість дорівнює 20%, а коефіцієнт – 0,8333. З 2014 року ставка податку на додану вартість встановлена на рівні 17%, а коефіцієнт – 0,8547; ρ – коефіцієнт, який враховує рентабельність продукту. Рекомендується приймати – 0,2...0,3; v – ставка податку на прибуток. У 2019 році – 18%.

Збільшення чистого прибутку підприємства Π_1 протягом першого року складе:

$$\Delta\Pi_1 = (2000 * 1) + ((10000 + 2000) * 5) = 62000 \text{ грн.} \quad (4.12)$$

Збільшення чистого прибутку підприємства Π_2 протягом другого року (відносно базового року, тобто року до впровадження результатів наукової розробки) складе:

$$\Delta\Pi_2 = (2000 * 1) + ((10000 + 2000) * (5 + 7)) = 146000 \text{ грн.} \quad (4.13)$$

Збільшення чистого прибутку підприємства протягом третього року (відносно базового року, тобто року до впровадження результатів наукової розробки) складе:

$$\Delta\Pi_3 = (2000 * 1) + ((10000 + 2000) * (5 + 7 + 7)) = 230000 \text{ грн.} \quad (4.14)$$

4.4 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та період їх окупності.
Визначення абсолютної ефективності вкладених інвестицій

Для цього користуються формулою:

$$E_{абс} = (ПП - PV), \quad (4.15)$$

де ПП – приведена вартість всіх чистих прибутків, що їх отримає підприємство (організація) від реалізації результатів наукової розробки, грн.;
PV – теперішня вартість інвестицій $PV = ZB$, грн.

У свою чергу, приведена вартість всіх чистих прибутків ПП розраховується за формулою:

$$\text{ПП} = \sum_{i=1}^t \frac{\Delta\Pi_i}{(1 + \tau)^t} \quad (4.16)$$

де $\Delta\Pi_i$ – збільшення чистого прибутку у кожному із років, протягом яких виявляються результати виконаної та впровадженої НДДКР, грн.; t – період часу, протягом якого виявляються результати впровадженої НДДКР, роки; τ – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні; для України цей показник знаходиться на рівні 0,1; t – період часу (в роках) від моменту отримання чистого прибутку до точки „0”.

$$\text{ПП} = \frac{62000}{1 + 0.18} + \frac{146000}{(1 + 0.18)^2} + \frac{230000}{(1 + 0.18)^3} =$$

$$52542.37 + 104854.9 + 139985.1 = 297382.37 \text{ грн.}, \quad (4.17)$$

$$E_{abc} = 297382.37 - 60095.4 = 237286.97 \text{ грн.} \quad (4.18)$$

Оскільки $E_{abc} > 0$, то результат від проведення наукових досліджень та їх впровадження принесе прибуток, але це також ще не свідчить про те, що інвестор буде зацікавлений у фінансуванні даного проекту (роботи).

4.5 Розрахунок відносної ефективності вкладених коштів в НДДКР

Для цього користуються формулою:

$$E_v = \sqrt[T_{ж}]{\frac{E_{abc}}{PV} + 1} - 1 \quad (4.19)$$

де E_{abc} – абсолютна ефективність вкладених інвестицій, грн.; PV – теперішня вартість інвестицій $PV = 3B$, грн.; $T_{ж}$ – життєвий цикл наукової розробки, роки.

$$E_v = 0,81$$

Далі, розрахована величина E_v порівнюється з мінімальною (бар'єрною) ставкою дисконтування, що дорівнює:

$$\tau = d + f, \quad (4.20)$$

де d – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2019 році в Україні $d = (0,14...0,2)$; f – показник, що характеризує ризикованість вкладень; зазвичай, величина $f = (0,05...0,1)$, але може бути і значно більше.

$$E_B = 0,355 \geq \tau = 0,14 + 0,05 = 0,19. \quad (4.21)$$

Оскільки величина $E_B > \tau_{\text{мін}}$, то інвестор може бути зацікавлений у фінансуванні даної наукової розробки.

4.6 Розрахунок терміну окупності коштів, вкладених в наукову розробку

Термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій
Ток можна розрахувати за формулою:

$$\text{Ток} = \frac{1}{E_B} = \frac{1}{0,81} = 1.23 \text{ років.} \quad (4.22)$$

Оскільки Ток $< 3...5$ -ти років, то фінансування даної наукової розробки в принципі є доцільним.

4.7 Висновки до розділу 4

Проведено технологічний аудит, де було оцінено комерційний потенціал розробки, який виявився високим, що свідчить про велику ймовірність успішного комерційного впровадження системи на ринок та відповідно можливості отримання прибутку від її використання.

Розраховано витрати на виконання наукової роботи та впровадження її результатів. Загальні витрати склали 60095.4 грн.

Розраховано збільшення чистого прибутку для кожного року, протягом яких очікується отримання позитивних результатів, для 1-го року – 62000 грн; для 2-го – 146000 грн; для 3-го – 230000 грн.

Розраховано ефективність вкладених інвестицій та періоду їх окупності, який складає 1.23 роки. Оскільки Ток $< 3..5$ -ти років, то фінансування даної наукової розробки є доцільним.

ВИСНОВКИ

Комплексна дипломна робота присвячена розробці і дослідженню покращених математичних моделей функціонування і розвитку систем проектів сучасних виробничих системах, а саме розробку комп'ютерної системи оптимального управління системами проектів виробництва. Частина 2. Оптимізація і планування процесів освоєння і випуску продукції з урахування життєвих циклів продуктів»

В дипломній роботі була поставлена мета суттєвого підвищення ефективності процесів функціонування і розвитку сучасних систем проектів за рахунок розробки і покращення моделей систем проектів оптимізації за критеріями ефективності і оптимальності на базі методології оптимального агрегування.

Для досягнення поставленої мети були поставлені і виконані такі задачі:

– проведено аналіз існуючих методів оптимального управління системами проектів як складних багаторівневих процесах розвитку і виробництва;

– покращено математичні моделі управління часом виконання елементів систем проектів, що важливо в мовах узгодження в часі життєвих циклів продукції виробництва.

Вибрано методи оптимального агрегування і оптимального управління процесами виробництва і розвитку. Розроблено метод управління ринковими вікнами з використанням параметризованих функцій виробництва, розвитку і попиту. Запропоновано програмну реалізацію методу оптимального управління ринковими вікнами - вибором моментів переходу на нову модель продукту виробництва. Реалізація базована на двох рівнях оптимального агрегування послідовних структур «виробництво, ритейл» і паралельних структур з виробництв в різних фазах життєвого циклу продукту виробництва. Таким чином отримана оптимальна адаптивна безошукова комп'ютерно-інтегрована

система. Виконано тестування всіх програмних модулів системи управління і підтверджено їх коректність і ефективність.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Арчибальд Рассел Д. Управление высокотехнологичными программами и проектами / Арчибальд Рассел Д — Москва: ДМК-Пресс, 2016. — 464 с.
2. Ершов С. Управление высокотехнологичными программами и проектами / Ершов С. — Архангельск: САФУ, 2015. — 226 с.
3. Ньюэлл Майкл В. Управление проектами для профессионалов. Руководство по подготовке к сдаче сертификационного экзамена / Ньюэлл Майкл В. — Кудиц-пресс, 2008. — 416 с.
4. Демарко Т. Deadline. Роман об управлении проектами. / Демарко Т. — Москва: «Вершина», 2006. — 143 с.
5. Ашманов И.С. Жизнь внутри пузыря / Ашманов И.С. — Москва: Манн, Иванов и Фербер, 2008. — 208 с.
6. Хелдман К. Профессионально управление проектами / Хелдман К. — Москва: Бином, 2005. — 517 с.
7. Лапыгин Ю.Н. Управление проектами: от планирования до оценки эффективности / Лапыгин Ю.Н. — Москва: Омега-Л, 2008. — 252 с.
8. Богданов В.В. Управление проектами. Корпоративная система – шаг за шагом / Богданов В.В. — Москва: Манн, Иванов и Фербер, 2012. — 248 с.
9. Kendrick T. The Project Management Tool Kit: 100 Tips and Techniques for Getting the Job Done Right, Third Edition / Kendrick T – AMACOM Books, 2013, – 288 p.
10. James P. Lewis. The project manager's desk reference: : a comprehensive guide to project planning, scheduling, evaluation, and systems / James P. Lewis – 2000. – 185 p.
11. Morgen W. Fifty key figures in management / Morgen W – Routledge, 2003. – 340 p.
12. Stevens M. Project Management Pathways / Stevens M – Association for Project Management. APM Publishing Limited, 2002. – 976 p.

13. Lock D. Project Management (9th ed.) / Lock D – Gower Publishing, Ltd, 2007. – 650 p.
14. Paul C. Dinsmore et al. Right projects done right! / Paul C. Dinsmore et al – John Wiley and Sons, 2005. – 336 p.
15. Phillips J. PMP Project Management Professional Study Guide / Phillips J – McGraw-Hill Professional. 2003. – 845 p.
16. David I. Cleland. Global Project Management Handbook / David I. Cleland, Roland Gareis. – McGraw-Hill Professional, 2006. – 115 p.
17. Morris G. The management of projects / G. Morris, Peter W. – London: T. Telford, 1994. – 317 p.
18. Snyder S. Introduction to IT Project Management / S. Snyder, F. Parth – Berrett-Koehler Publishers , 2006. – 394 p.
19. Воронцова А.С. Методология календарно-сетевого и ресурсного планирования и управления в проектной организации / Воронцова А.С – Москва: Litres, 2018. – 45 с.
20. Блаж И.Д. Экономико-математическое моделирование в пищевой промышленности / Блаж И.Д. – Москва: Агропромиздат, 1986. – 55 с.
21. Воронин В.Г. Экономико-математические методы и модели планирования и управления в пищевой промышленности: учебник для вузов по спец. «Экономика и организация промышленности продтоваров». 3-е изд., перераб. и доп. / Воронин В.Г. – М.: Агропромиздат, 1986. 55 с.
22. Пелих А.С.. Экономикоматематические методы и модели в управлении производством / Пелих А.С. – Ростов н/Д: Феникс, 2005. 248 с.
23. Фахутдинов Р.А. Организация производства: Учебник. - 3-е изд. / Фахутдинов Р.А. – Москва, 2010. – 544 с.
24. Ильченко А. Н. Организация и планирование производства / Ильченко А. Н – Москва: Издательский центр "Академия", 2008. – 208 с.
25. Новицкий И.И. Организация, планирование и управление производством / И.И. Новицкий. - Москва: КНОРУС, 2008. – 320 с.

26. Васильев Ф.П. Методы оптимизации / Васильев Ф.П. – М.: Факториал Пресс, 2002. – 824 с.

27. Гуменникова А.В. Адаптивные поисковые алгоритмы для решения сложных задач многокритериальной оптимизации : диссертация кандидата технических наук : 05.13.01 / Гуменникова Александра Викторовна. – К., 2006. – 129 с.

28. . Задачі та концепції методів багатокритеріальних рішень в інтелектуальних системах / Г.І. Стопченко, І.А. Макрушан , С. В. Білан // Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал. – 2010. – № 1 (72). – 125 с.

29. Корнеенко В.П. Методы оптимизации / Корнеенко В.П. – М.: Высшая школа, 2007. – 664 с.

30. Коробкин А.Д. Оптимизация производственного планирования на предприятии / Коробкин А.Д., Мироносецкий Н.Б. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 2004. – 336 с.

31. Черноруцкий И.Г. Методы оптимизации и принятия решений / Черноруцкий И.Г. – СПб.: Лань, 2001. – 384 с.

32. Смородинский С.С. Оптимизация решений на основе методов и моделей мат. программирования: Учеб. пособие по курсу "Системный анализ и исследование операций" / Смородинский С.С – Мн.: БГУИР, 2003. – 155 с.

33. Пашутин С. В. Оптимизация издержек и технология формирования оптимального ассортимента / Оптимизация издержек и технология формирования оптимального ассортимента. – Москва: Высшая школа, 2005. – 20 с.

34. Гилл Ф. Практическая оптимизация / Ф. Гилл, У. Мюррей. – Москва: Мир, 1985. – 166 с.

35. Корн Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров / Г. Корн, Т. Корн — Москва: Наука, 1970. — 576 с.

36. Постан, М. Я. Модель оптимального планирования производства и доставки продукции предприятия по распределительным каналам [Текст] / М.

Я. Постан, Д. А. Малиновский // Методи та засоби управління розвитком транспортних систем: Зб. наук. праць ОНМУ. – 2009. – № 15. – 28 с.

37. Куруджи, Ю. В. Об одной модели оптимизации плана выпуска и доставки продукции в цепи поставок [Текст]: зб. наук. праць / Ю. В. Куруджи // Методи та засоби управління розвитком транспортних систем: ОНМУ. – Одеса: ОНМУ. – 2014. – № 1 (21). – 35 с.

38. Куруджи, Ю. В. Применение линейного программирования для оптимизации плана выпуска и доставки продукции в цепи поставок [Текст] / Ю.В. Куруджи, М.Я. Постан // Технологический аудит и резервы производства. – 2014. – Т. 2, № 2 (16). – 42 с.

39. Боровська Т. М. Метод оптимального агрегування в оптимізаційних задачах: монографія / Т. М. Боровська, І. С. Колесник, В. А. Северілов. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2009. – 229 с. – ISBN 978–966–641–285–3.

40. Боровська Т. М. Моделювання і оптимізація процесів розвитку виробничих систем з урахуванням використання зовнішніх ресурсів та ефектів освоєння: монографія / [Т. М. Боровська, С. П. Бадьора, В. А. Северілов, П. В. Северілов]; за заг. ред. Т. М. Боровської. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 255 с. – ISBN 978–966–641–312–6.

41. Боровська Т. М. Математичні моделі функціонування і розвитку виробничих систем на базі методології оптимального агрегування: монографія / Т. М. Боровська. – Вінниця: ВНТУ, 2018. – 308 с. – ISBN 978–966–641–731–5.

42. Боровська Т.М. Альтернативні моделі оптимального розвитку виробничих систем в умовах невизначеності / Т. М. Боровська, П. В. Северілов, Є. П. Хомин // Системні дослідження та інформаційні технології (Інститут прикладного системного аналізу НАН України та Міністерства освіти і науки України). – 2014. – № 4. – С. 121–136. ISSN 1681-6048.

43. Боровська, Т. Н. Оптимальне агрегування виробничих систем з параметричними зв'язками [Текст] / Т. Н. Боровська // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2014. – Т. 4, № 11(70). – С. 9-19. DOI: 10.15587/1729-4061.2014.26306.

44. Боровська Т. М. Моделі оптимального інноваційного розвитку виробничих систем / Т. М. Боровська, І. С. Колесник, В. А. Северілов, П. В. Северілов // Східно-Європейський журнал передових технологій: Математичне та інформаційне забезпечення комп'ютерно-інтегрованих систем управління. – 2014. – Т. 5, № 2(71).– С. 42–50. DOI: 10.15587/1729-4061.2014.28030.

45. Боровська Т. М. Оптимальне агрегування систем зі стохастичними функціями виробництва / Т. М. Боровська, І. С. Колесник, П. В. Северілов, А. О. Маліночка // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Теплоенергетика. Інженерія доквілля. Автоматизація. - 2014. - № 792. - С. 41-52. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/VNULPT_2014_792_10.pdf

46. Боровская Т. Н. Оптимальное агрегирование интегрированных систем "производство-развитие" / Т. Н. Боровская, И. С. Колесник, В. А. Северилов, И. В. Шульган // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. 2014. № 2.(30) – С. 18–28. ISSN 1999-9941

47. Боровська Т. М. Моделі ефективності і живучості технічних систем / Т. М. Боровська, Е. П. Хомин, П. В. Северілов // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2011. – № 1. – 95 с.

48. Боровська Т. М. Розробка системи оптимального управління розвитком за наявності невизначеностей [Електронний ресурс] / Г. Ю. Дерман, Т. М. Боровська, В. А. Северілов // Наукові праці ВНТУ. – 2011. – № 1. – Режим доступу до журн.:<http://www.nbuv.gov.ua/e-journals/VNTU/2011-1/2011-1.html>.

49. Боровська Т. М. Оптимізація управління розподіленням об'єктом «лінійка продуктів» [Електронний ресурс] / Е. П. Хомин, Т. М. Боровська, С. П. Бадьора // Наукові праці ВНТУ. – 2011. – № 3. – Режим доступу до журн.: <http://www.nbuv.gov.ua/e-journals/VNTU/2011-3/2011-3.html>.

50. Боровська Т.М. Оптимізація управління інноваційним розвитком при невизначеностях / Т. М. Боровська, Г. Ю. Дерман // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2011. – № 3. – С. 141–147.

51. Боровська Т. М. Оптимальне управління розвитком техніко-економічних систем. Кредитні стратегії / Т. М. Боровська, І. С. Колесник, В. А.

Северілов // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2003. – № 6. – С. 173–180.

52. Боровська Т. М. Моделювання багатопродуктових виробничих систем / Т. М. Боровська, С. П. Бадьора, В. А. Северілов, І. С. Колесник // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2004. – № 1. – С. 48–54.

53. Глушков В.М. Моделирование развивающихся систем / Глушков В.М., Иванов В.В., Яненко В. М. — Днепропетровск : Баланс Бизнес Букс, 2007. — XLIII, 265 с.

54. Richard E. Bellman. Applied Dynamic Programming / R. E. Bellman, S. E. Dreyfus – Princeton University Press , 2015. – 256 p.

55. Geoff R. Maths for Economics / Geoff R – New York : Oxford University Press, 2005, – 516 p.

56. Боровська Т. М. Моделювання та оптимізація систем автоматичного управління: навч. посіб. для студ. ВНЗ / Т. М. Боровська, А. С. Васюра, В. А. Северілов. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 132 с. – ISBN 978–966–641–319–5.

57. Боровська Т. М. Основи теорії управління та дослідження операцій: навч. посіб. для студ. ВНЗ / Т. М. Боровська, І. С. Колесник, В. А. Северілов. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2008. – 242 с. – ISBN 978–966–641–275–4.

58. Портнягин Л.С. Математическая теория оптимальных процессов / Портнягин Л.С – Москва: Наука, 1969. – 384 с.

59. Желюк О.Г., Дубовой В.М. «Структура мобільного інтерфейсу системи контролю стану розумного будинку» в Матеріали конференції «XLVIII Науково-технічна конференція підрозділів Вінницького національного технічного університету (2019)», Вінниця, 2019. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fksa/index/pages/view/zbirn2019> Дата звернення: Черв. 2019

60. Берг Д.Б. Модели жизненного цикла / Д.Б. Берг, Е.А.Ульянова, П.В.Добряк –Уральський університет, 2014. – 55 с.

61. Месарович М. Модели жизненного цикла / М. Месарович, Д. Мако, И. Такахаара – Москва: Мир, 1973. – 112 с.

62. Метаигровой подход к управлению иерархическими системами [Электронный ресурс] / В.Н.Бурков, В.И.Опойцев // Библиотечный вестник — 1974. — №. 1. — Режим доступа до журн: <http://www.mathnet.ru/links/6000d319b8237657fafb71a16cfe6176/at8242.pdf>

63. Боровська Т. М. Моделювання задач управління інвестиціями: навч. посіб. для студ. ВНЗ / Т.М. Боровська, В. А. Северілов, С. П. Бадьора, І. С. Колесник. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 178 с. – ISBN 978–966–641–311–9.

64. Боровська Т. М. Моделювання та оптимізація у менеджменті: навч. посіб. для студ. ВНЗ / Т. М. Боровська, В. А. Северілов, С. П. Бадьора, І. С. Колесник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2009. – 145 с. – ISBN 978–966–641–287–7.

ДОДАТКИ

Додаток А
(обов'язковий)
ВНТУ

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
на виконання магістерської кваліфікаційної роботи
Розробка комп'ютерної системи оптимального управління системами
проектів виробництва. Частина 2. Оптимізація і планування процесів освоєння і
випуску продукції з урахування життєвих циклів продуктів

Студент групи 2АКІТ-18м Желюк О.Г.

“ ___ ” _____ 2019 р.

Керівник к.т.н., професор Боровська Т.М.

“ ___ ” _____ 2019 р.

Вінниця 2019

1. Назва та галузь застосування

1.1. Назва – «Розробка комп'ютерної системи оптимального управління системами проектів виробництва. Частина 2. Оптимізація і планування процесів освоєння і випуску продукції з урахування життєвих циклів продуктів»

1.2. Галузь застосування – Комп'ютеризовані системи управління технологічними процесами.

2. Підстава для проведення розробки.

Тема магістерської кваліфікаційної роботи затверджена наказом по ВНТУ № 254 від “02” _____ 10_____ 2019 р.

3. Мета та призначення розробки.

Метою роботи є підвищення ефективності управління сучасними системами проектів розвитку виробництва за рахунок розробки і використання узагальненої моделі системи проектів, побудованих на базі методології оптимального агрегування та методів прикладного системного аналізу.

4. Вихідні дані для проведення розробки.

Магістерська кваліфікаційна робота виконується вперше. В ході проведення розробки повинні використовуватись такі документи:

1. Боровська Т. М. Метод оптимального агрегування в оптимізаційних задачах: монографія / Т. М. Боровська, І. С. Колесник, В. А. Северілов. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2009. – 229 с. – ISBN 978–966–641–285–3.

2. Боровська Т. М. Моделювання і оптимізація процесів розвитку виробничих систем з урахуванням використання зовнішніх ресурсів та ефектів освоєння: монографія / [Т. М. Боровська, С. П. Бадьора, В. А. Северілов, П. В. Северілов]; за заг. ред. Т. М. Боровської. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 255 с. – ISBN 978–966–641–312–6.

3. Боровська Т. М. Математичні моделі функціонування і розвитку виробничих систем на базі методології оптимального агрегування: монографія / Т. М. Боровська. – Вінниця: ВНТУ, 2018. – 308 с. – ISBN 978–966–641–731–5.

4. Боровська Т. М. Моделювання та оптимізація у менеджменті: навч. посіб. для студ. ВНЗ / Т. М. Боровська, В. А. Северілов, С. П. Бадьора, І. С. Колесник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2009. – 145 с. – ISBN 978–966–641–287–7.

5. Боровська Т. М. Моделювання задач управління інвестиціями: навч. посіб. для студ. ВНЗ / Т.М. Боровська, В. А. Северілов, С. П. Бадьора, І. С. Колесник. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 178 с. – ISBN 978–966–641–311–9.

5. Вимоги до розробки.

5.1. Перелік головних функцій:

- інтерактивна система підтримки рішень .
- вбудована система управління системою проектів.
- обчислення оперативного управління.
- обчислення стратегічного управління – оптимальне управління кінцевими станами окремих проектів і системою в цілому.
- можливість налаштування параметрів функціональних модулів.
- управління з урахуванням «ринкових вікон» для продуктів виробництва.

5.2. Основні технічні вимоги до розробки.

5.2.1. Вимоги до програмної платформи:

- WINDOWS 7 та вище;
- MatCad 14 та вище.

5.2.2. Умови експлуатації системи:

- робота на стандартних ПЕОМ в приміщеннях зі стандартними умовами;
- можливість цілодобового функціонування системи;
- текст програмного забезпечення системи є цілком закритим.

6. Економічні показники

До економічних показників входять:

- термін окупності, не більше 3 років;
- інші економічні переваги у порівнянні з аналогами.

7. Стадії та етапи розробки.

7.1 Пояснювальна записка:

1	Аналіз та огляд сучасних автоматизованих систем і задач управління системами проектів	07.10.2019р.
2	Аналіз, вибір та розробка математичних моделей процесів функціонування і розвитку сучасних систем проектів виробництва	15.10.2019р.
3	Розробка робочих моделей комплексних проектів розвитку виробництва з урахуванням життєвих циклів продукції і ринкових вікон	22.10.2019р.
4	Розробка програмного забезпечення системи	29.10.2019р.
5	Математична модель поточної ефективності і прогнозу кінцевого стану виконання проекту.	05.11.2019р.
6	Тестування програмного забезпечення	12.11.2019р.
7	Економічна частина	19.11.2019р.
8	Оформлення пояснювальної записки, графічного матеріалу і презентації	25.11.2019р.
9	Захист МКР	12.12.2019р.

7.2 Графічні матеріали:

- мета і задачі дослідження: «26»11.2019р.
- залежність оптимального розподілу ресурсів від рівня навантаження: «26»11.2019р
- порівняння проектів при різних ставках кредиту модуль підтримки рішень: «26»11.2019р
- аналіз і вибір стратегій повернення кредитів. Модуль підтримки рішень: «26»11.2019р
- система моделей функціонування і розвитку на базі оптимального агрегування: «26»11.2019р

- ієрархічна структура для системи проектів на базі оптимального агрегування: «26»11.2019р
- аналіз моделей і систем ринкових вікон: «27»11.2019р
- структура моделей і програмних модулів для системи проектів: «27»11.2019р
- результати ризик-аналізу – частотні розподіли: «27»11.2019р
- тестування задачі параметричного оптимального агрегування структури з 4-х функцій «витрати , випуск»: «27»11.2019р
- тестування задачі параметричного оптимального агрегування.
- Оптимальні розподіли ресурсів: «27»11.2019р
- оптимальне управління ринковими вікнами на базі оптимального агрегування. Тестова структура: «27»11.2019р

8. Порядок контролю і приймання.

- 8.1. Хід виконання магістерської кваліфікаційної роботи контролюється керівником роботи, консультантами з економічної частини. Рубіжний контроль провести до «12» грудня 2019 р.
- 8.2. Атестація проекту здійснюється на попередньому захисті. Попередній захист магістерської кваліфікаційної роботи провести до «12» грудня 2019 р.
- 8.3. Підсумкове рішення щодо оцінки якості виконання магістерської кваліфікаційної роботи приймається на засіданні ДЕК. Захист магістерської кваліфікаційної роботи провести «12» грудня 2019 р.

Додаток Б
(обов'язковий)
Лістинг програми

$PrSt(na) =$	<p>"Ввод початкових значень (усі присвоєння зібрано в два рядки)"</p> $(vytdi_2 \leftarrow 0) - (vykdi_2 \leftarrow 0.01) - (По_1 \leftarrow 0) - (По_2 \leftarrow 0)$ $(dox_2 \leftarrow 0) - (ym1 \leftarrow 0) - (T1k \leftarrow "неокуп") - (T2k \leftarrow "перодw")$ "Обчислюється ряд випадкових значень параметра виконання проекту" $fuzn \leftarrow (Xma - rchisq(Tжц, Par) \cdot 0.1) \cdot na_це_раз$ for $k \in 3 .. Tжц - "цикл моделювання"$ $ym1 \leftarrow 1$ if $vykdi_{k-1} \geq Doxpo - "умова початку повернення витрат"$ $dvykdi_k \leftarrow Kr \cdot (1 - vykdi_{k-1}) \cdot vykdi_{k-1} - "темп виконання проекту"$ $dvytdi_k \leftarrow dvykdi_k \cdot ВПС - "ВПС - витрати планові сумарні"$ $vytdi_k \leftarrow vytdi_{k-1} + dvytdi_k \cdot Dt - "накопичені витрати"$ $vykdi_k \leftarrow vykdi_{k-1} + fuzn_{k-1} \cdot dvykdi_{k-1} \cdot Dt - "накопичене виконання"$ $По_k \leftarrow \begin{cases} 0 & \text{if } (ym1 < 1) - "визначення попиту (модель Юла)" \\ a1 \cdot По_{k-1} + a2 \cdot По_{k-2} + a3 + (a4 - 2 \cdot rnd(a4)) & \text{otherwise} \end{cases}$ $По_k \leftarrow \max(По_k, 0)$ $ddox_k \leftarrow \begin{cases} 0 & \text{if } ym1 < 1 - "визначення темпу доходів" \\ prb \cdot По_k \cdot Ryn - Kpb \cdot [(По_k - По_{k-1}) \div По_k]^2 & \text{otherwise} \end{cases}$ $dox_k \leftarrow dox_{k-1} + ddox_k \cdot Dt - "накопичений дохід"$ $pryb_k \leftarrow dox_k - vytdi_k - "накопичений прибуток"$ "Визначення моментів окупності та подвоєння" $T1k \leftarrow k$ if $sign(pryb_{k-1}) \neq sign(pryb_k)$ $Tzak \leftarrow k$ if $sign(0.95 - vykdi_{k-1}) \neq sign(0.95 - vykdi_k)$ рядок $\leftarrow (vytdi_k \ pryb_k \ T1k \ Tzak)$
--------------	--

Додаток В – Перелік графічних матеріалів
(Обов'язковий)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри КСУ
д.т.н., проф. В.М. Дубовой

« _____ » _____ 2019 р.

**ПЕРЕЛІК
ГРАФІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ**

для захисту магістерської кваліфікаційної роботи
на тему

**РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ
СИСТЕМАМИ ПРОЕКТІВ ВИРОБНИЦТВА. ЧАСТИНА 2. ОПТИМІЗАЦІЯ І
ПЛАНУВАННЯ ПРОЦЕСІВ ОСВОЄННЯ І ВИПУСКУ ПРОДУКЦІЇ З УРАХУВАННЯ
ЖИТТЄВИХ ЦИКЛІВ ПРОДУКТІВ**

1. Мета і задачі дослідження.
2. Залежність оптимального розподілу ресурсів від рівня навантаження.
3. Порівняння проектів при різних ставках кредиту. Модуль підтримки рішень.
4. Аналіз і вибір стратегій повернення кредитів. Модуль підтримки рішень.
5. Система моделей функціонування і розвитку на базі оптимального агрегування.
6. Ієрархічна структура для системи проектів на базі оптимального агрегування.
7. Аналіз моделей і систем ринкових вікон.
8. Структура моделей і програмних модулів для системи проектів.
9. Результати ризик-аналізу – частотні розподіли.
10. Тестування задачі параметричного оптимального агрегування структури з 4-х функцій «витрати, випуск».
11. Тестування задачі параметричного оптимального агрегування. Оптимальні розподіли ресурсів.
12. Оптимальне управління ринковими вікнами на базі оптимального агрегування.
Тестова структура

Розробив: Желюк О.Г.

_____ (підпис) _____ (дата)

Перевірив: Боровська Т.М.

_____ (підпис) _____ (дата)

Рецензент: Паламарчук Є.А.

_____ (підпис) _____ (дата)

1 МЕТА ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є підвищення ефективності управління системами проектів розвитку виробництва за рахунок розробки узагальненої моделі системи проектів, побудованих на базі методології оптимального агрегування. Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі задачі:

- провести аналіз стану розробки моделей систем проектів як динамічних систем на базі оптимального управління системами проектів розвитку;
- виконати аналіз типових систем проектів як структур з урахуванням специфіки ринків і рітейлу як методів виробництва і доведення продуктів виробництва до кінцевого користувача, та методів рециклінгу;
- виконати аналіз моделей сучасних ринків, зокрема з неповною інформацією, обмеженнями попиту і конкуренцією;
- розробити узагальнену параметризовану модель проекту як елемента системи проектів, отримати модель системи проектів;
- проаналізувати альтернативи оптимального агрегування систем проектів як складних технологічних перетворювачів класу «витрати, випуск» з урахуванням обмежень ринків і виконати моделювання тестової системи проектів з альтернативними моделями ринків.

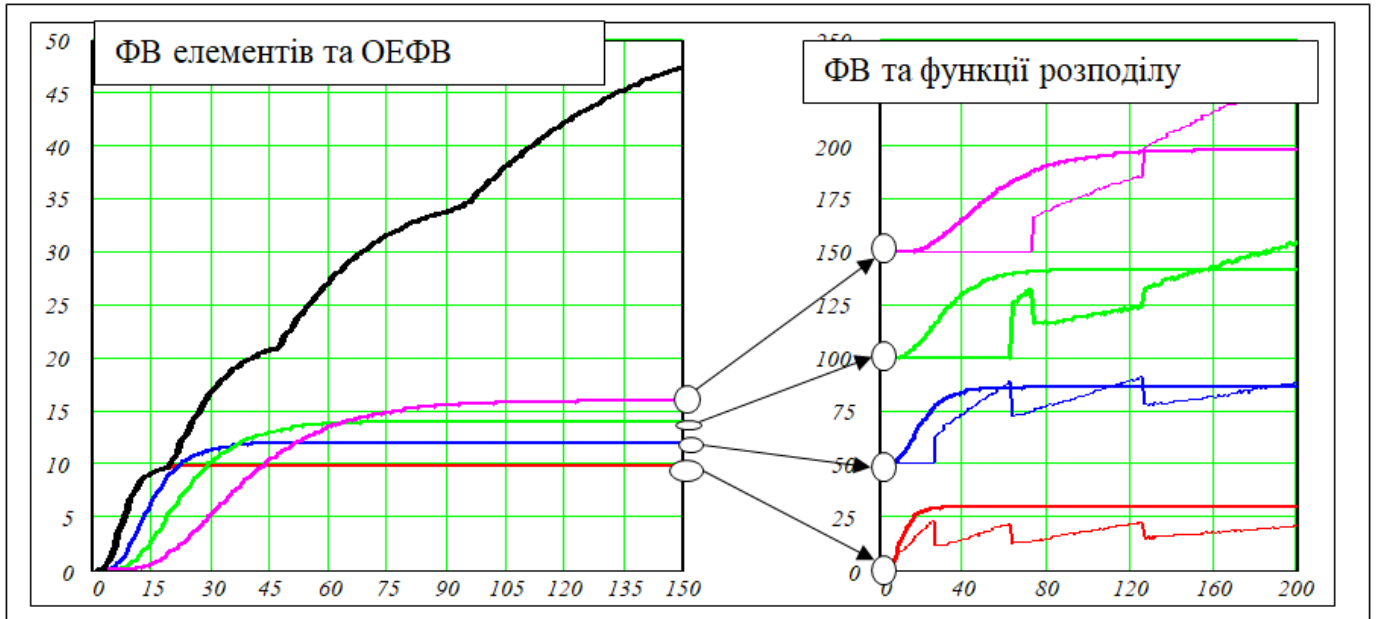
Об'єкт дослідження – процеси функціонування тестової системи проектів з альтернативними методами управління розвитком і функціонуванням.

Предмет дослідження – методи оптимального управління системи проектів з урахуванням обмежень ринку.

Наукова новизна одержаних результатів.

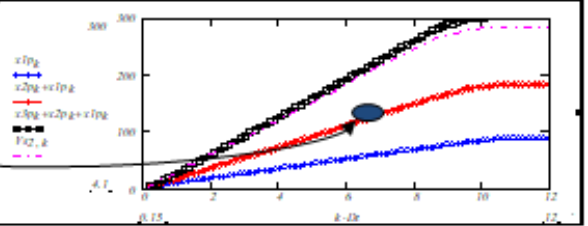
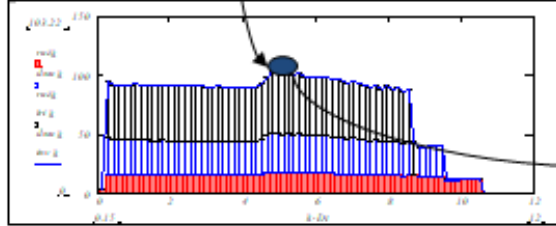
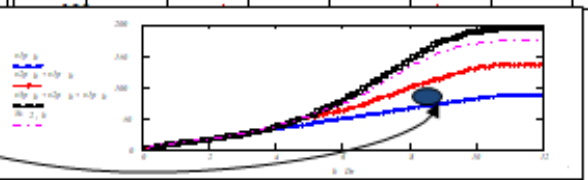
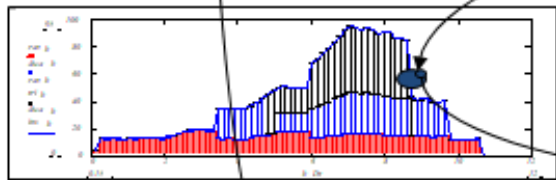
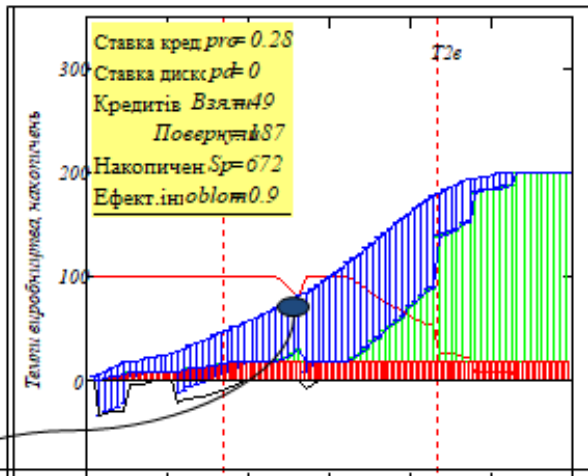
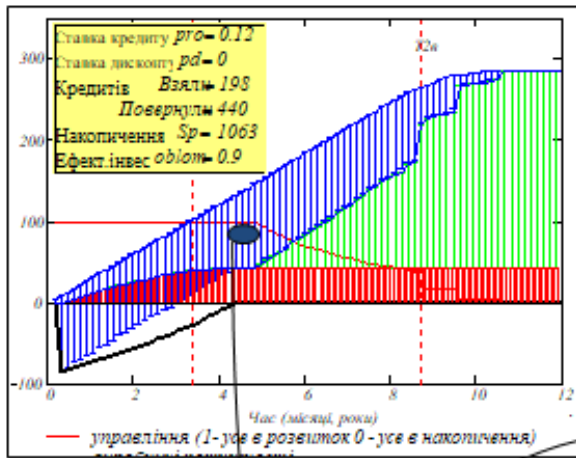
- 1. Покращено модель проекту оптимального розвитку, де на відміну від існуючих моделей управління проектом вводиться обмеження попиту, що дає змогу підвищити ефективність оптимального розподілу ресурсів між проектами з урахуванням профілів попиту.
- 2. Покращено оператор оптимального агрегування паралельної структури системи проектів, де, на відміну від існуючого оператора оптимального агрегування вводиться параметр «обмеження ринку», що дає змогу підвищити ефективність управління паралельною структурою системи проектів.

2 ЗАЛЕЖНІСТЬ ОПТИМАЛЬНОГО РОЗПОДІЛУ РЕСУРСІВ ВІД РІВНЯ НАВАНТАЖЕННЯ



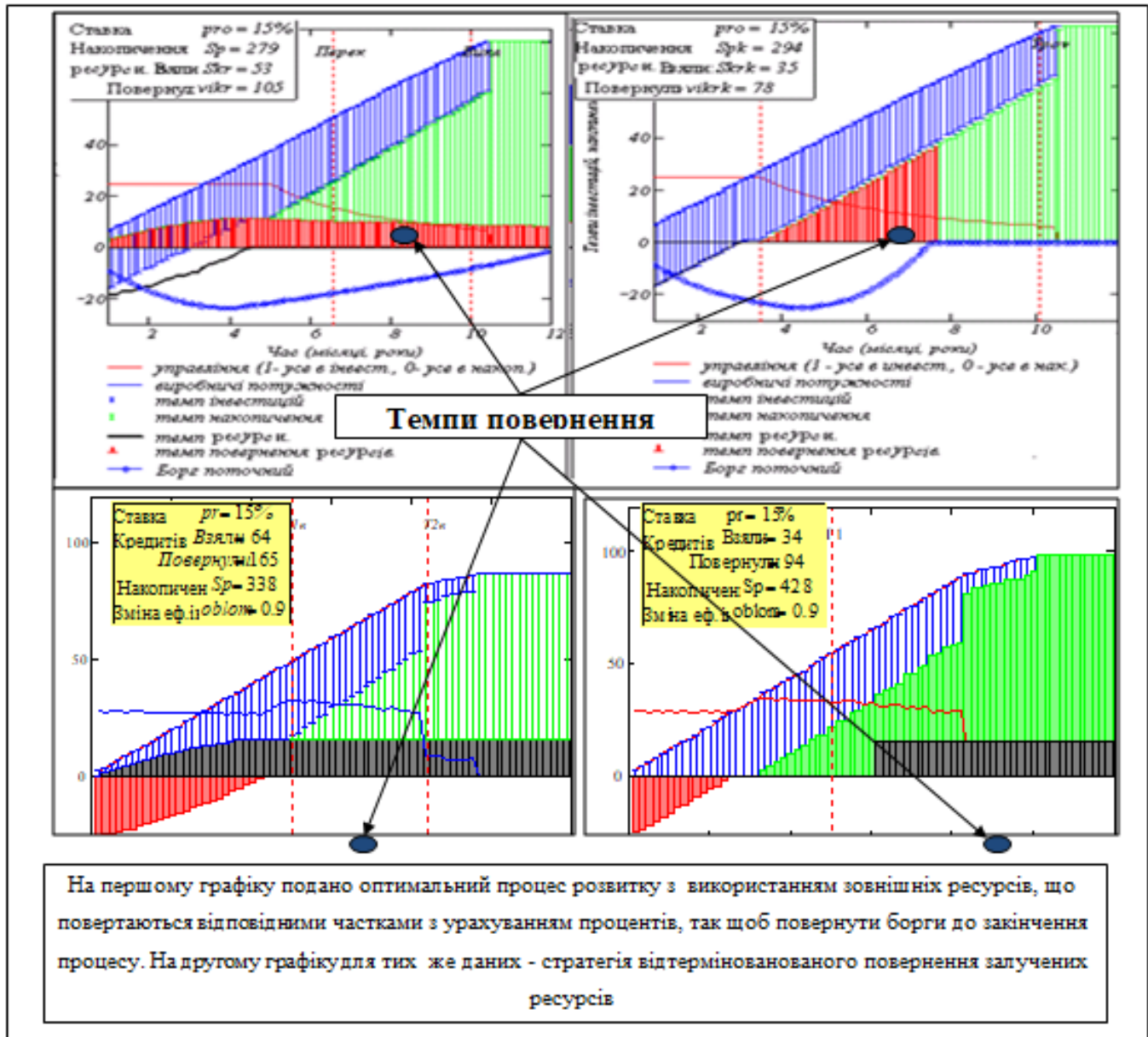
3 ПОРІВНЯННЯ ПРОЄКТІВ ПРИ РІЗНИХ СТАВКАХ КРЕДИТУ.

МОДУЛЬ ПІДТРИМКИ РІШЕНЬ

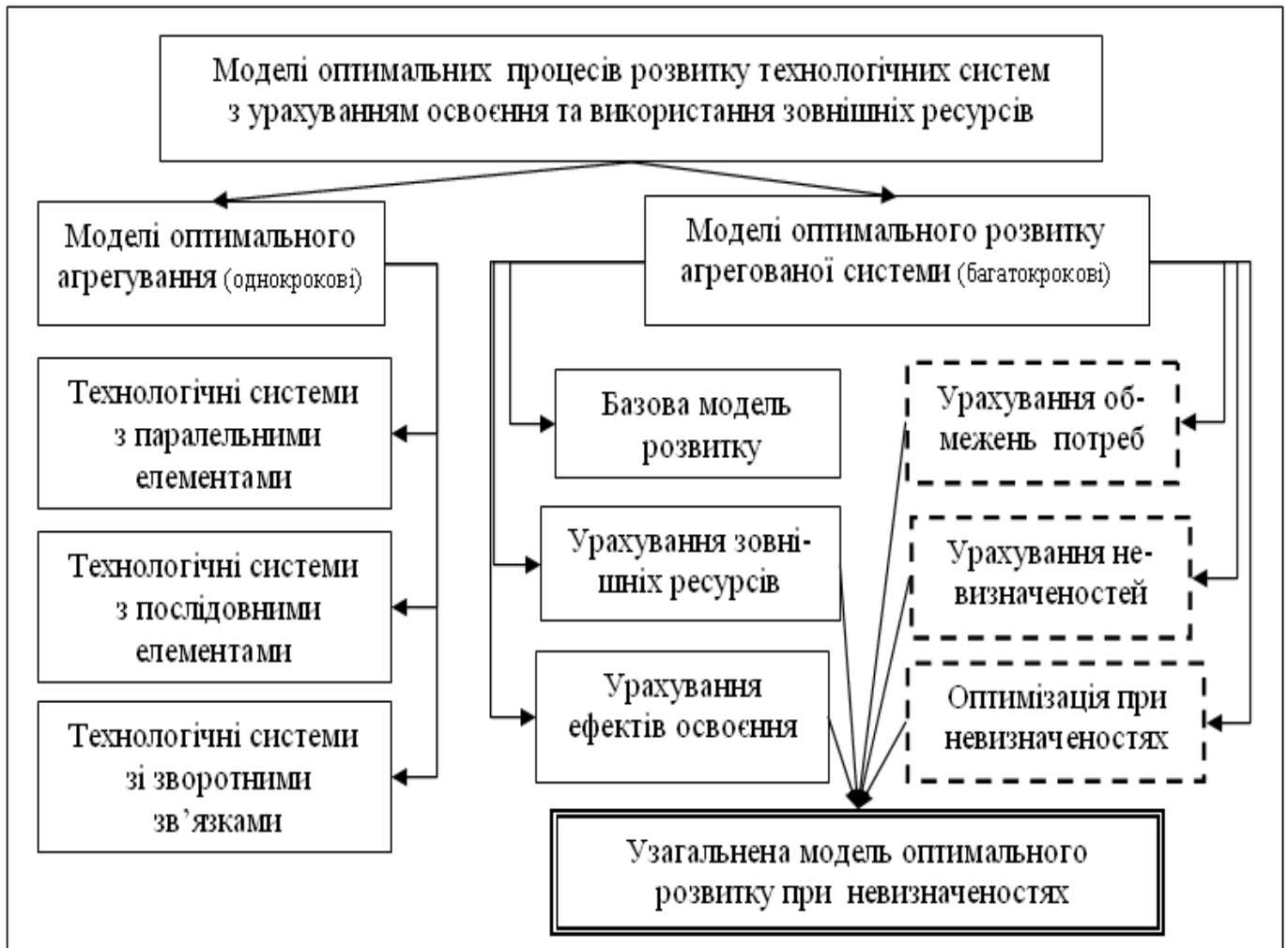


Розподіл ресурсів на розвиток виробництв Розподіл навантажень

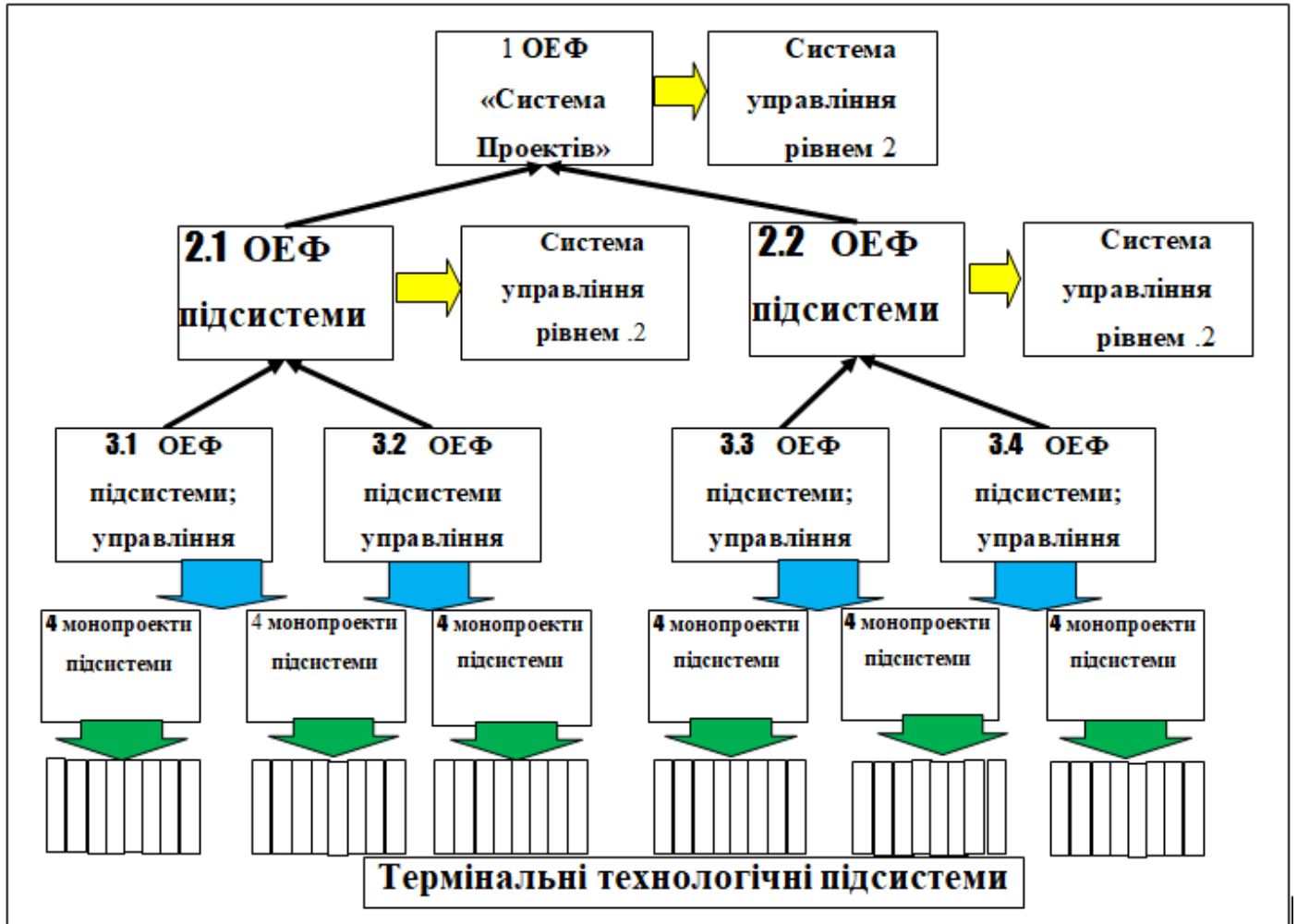
4 АНАЛІЗ І ВИБІР СТРАТЕГІЙ ПОВЕРНЕННЯ КРЕДИТІВ. МОДУЛЬ ПІДТРИМКИ РІШЕНЬ



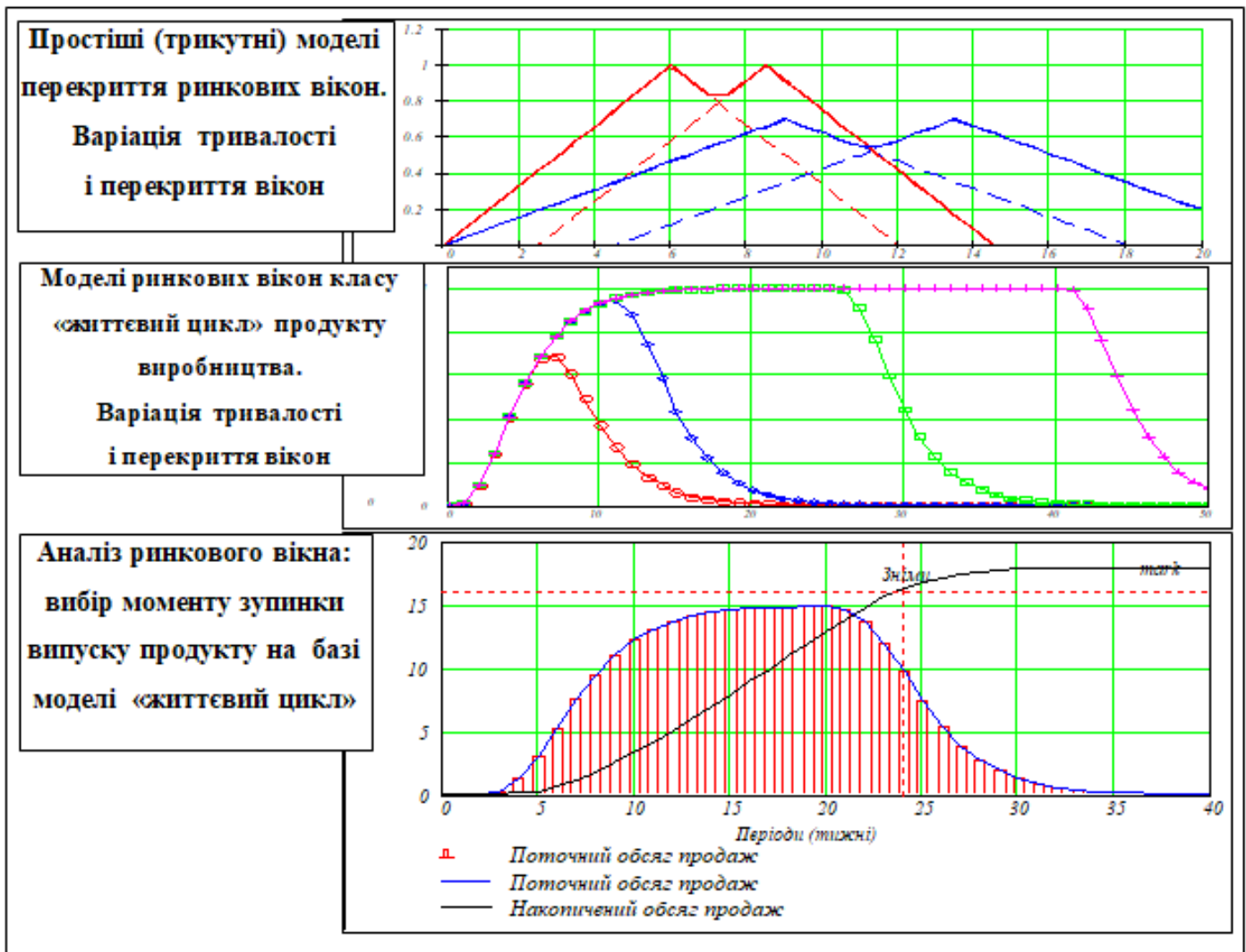
5 СИСТЕМА МОДЕЛЕЙ ФУНКЦІОНУВАННЯ І РОЗВИТКУ НА БАЗІ ОПТИМАЛЬНОГО АГРЕГУВАННЯ



**6 ІЄРАРХІЧНА СТРУКТУРА ДЛЯ СИСТЕМИ ПРОЕКТІВ НА БАЗІ
ОПТИМАЛЬНОГО АГРЕГУВАННЯ**



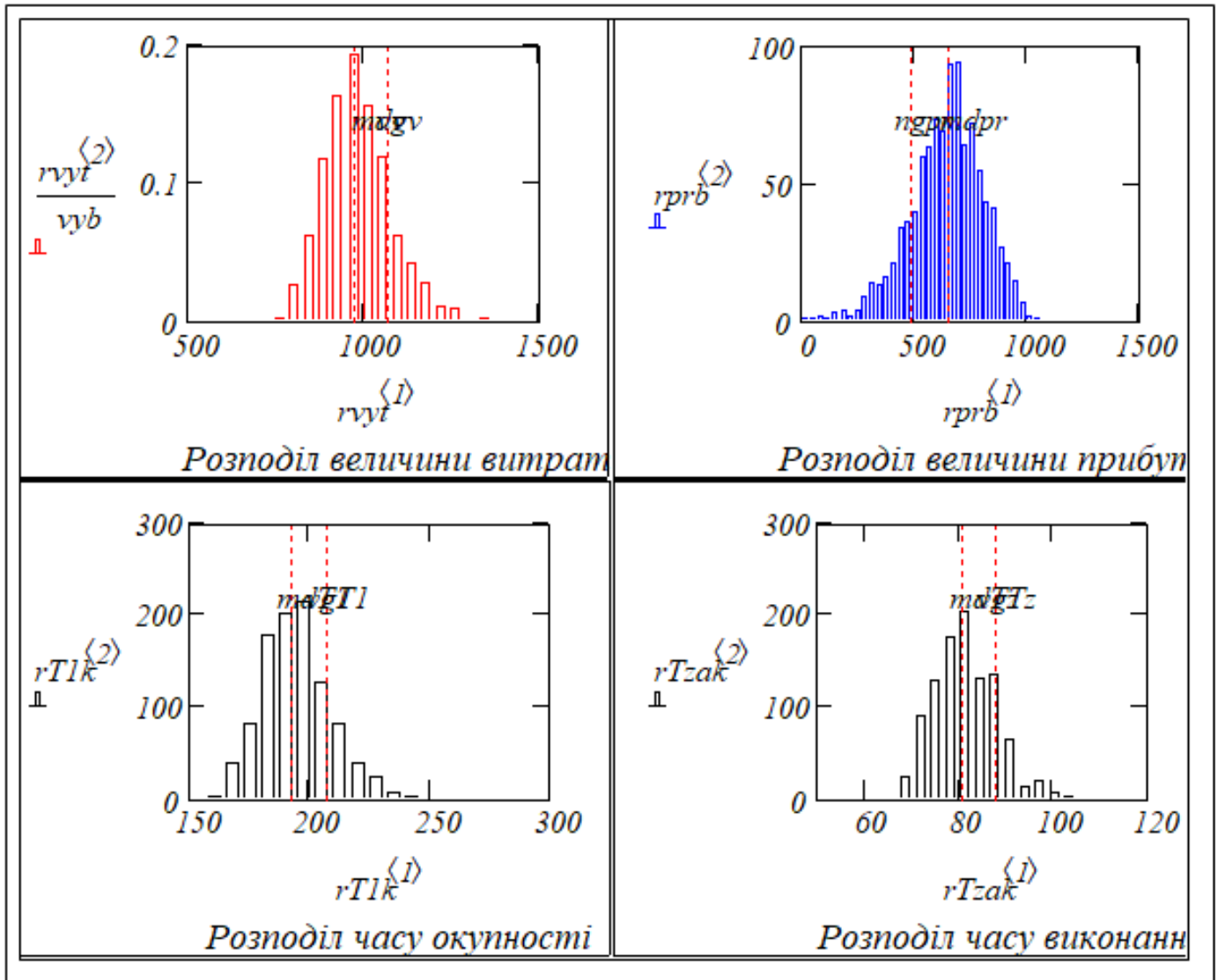
7 АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ І СИСТЕМ РИНКОВИХ ВІКОН



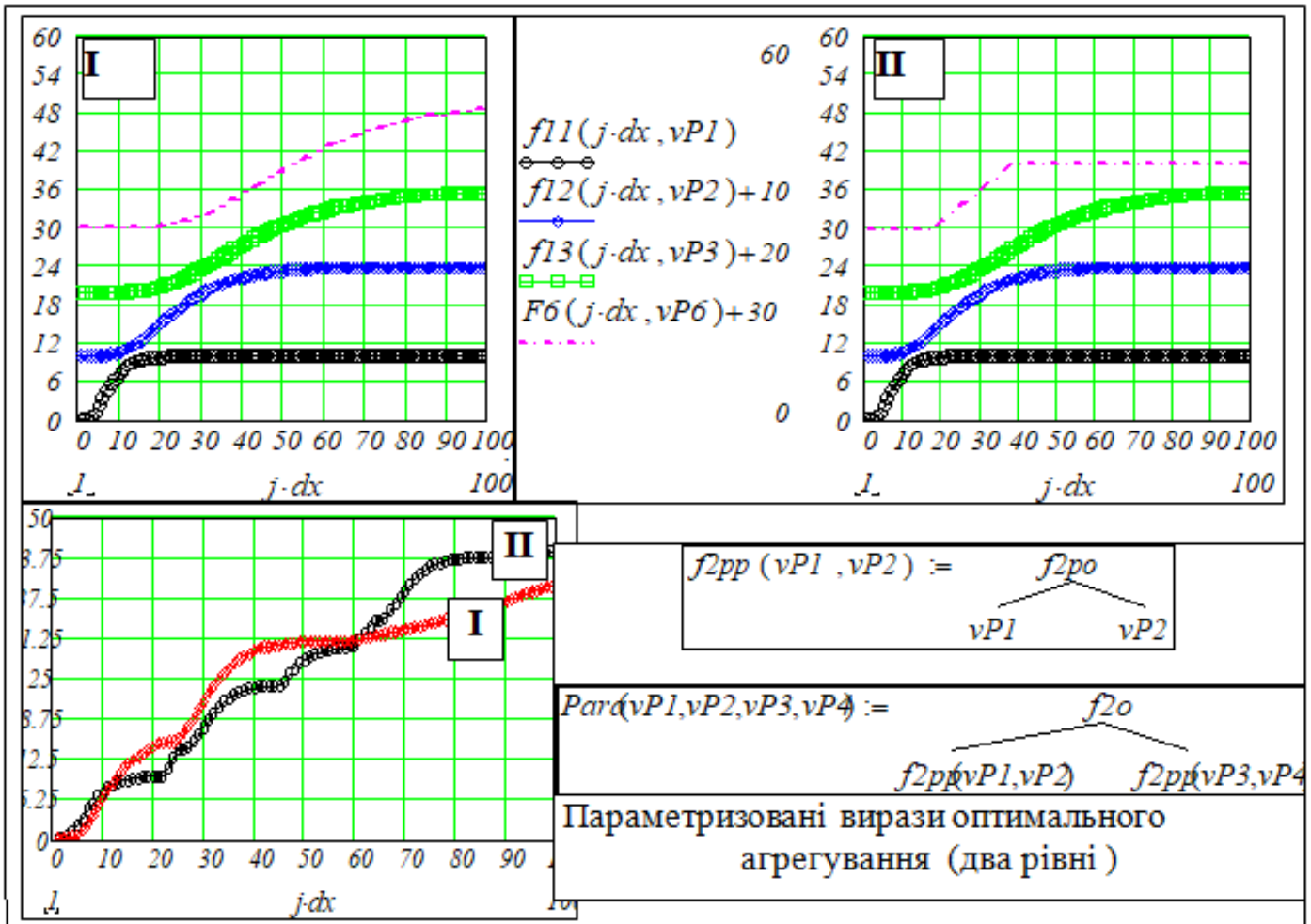
8 СТРУКТУРА МОДЕЛЕЙ І ПРОГРАМНИХ МОДУЛІВ ДЛЯ СИСТЕМИ ПРОЕКТІВ



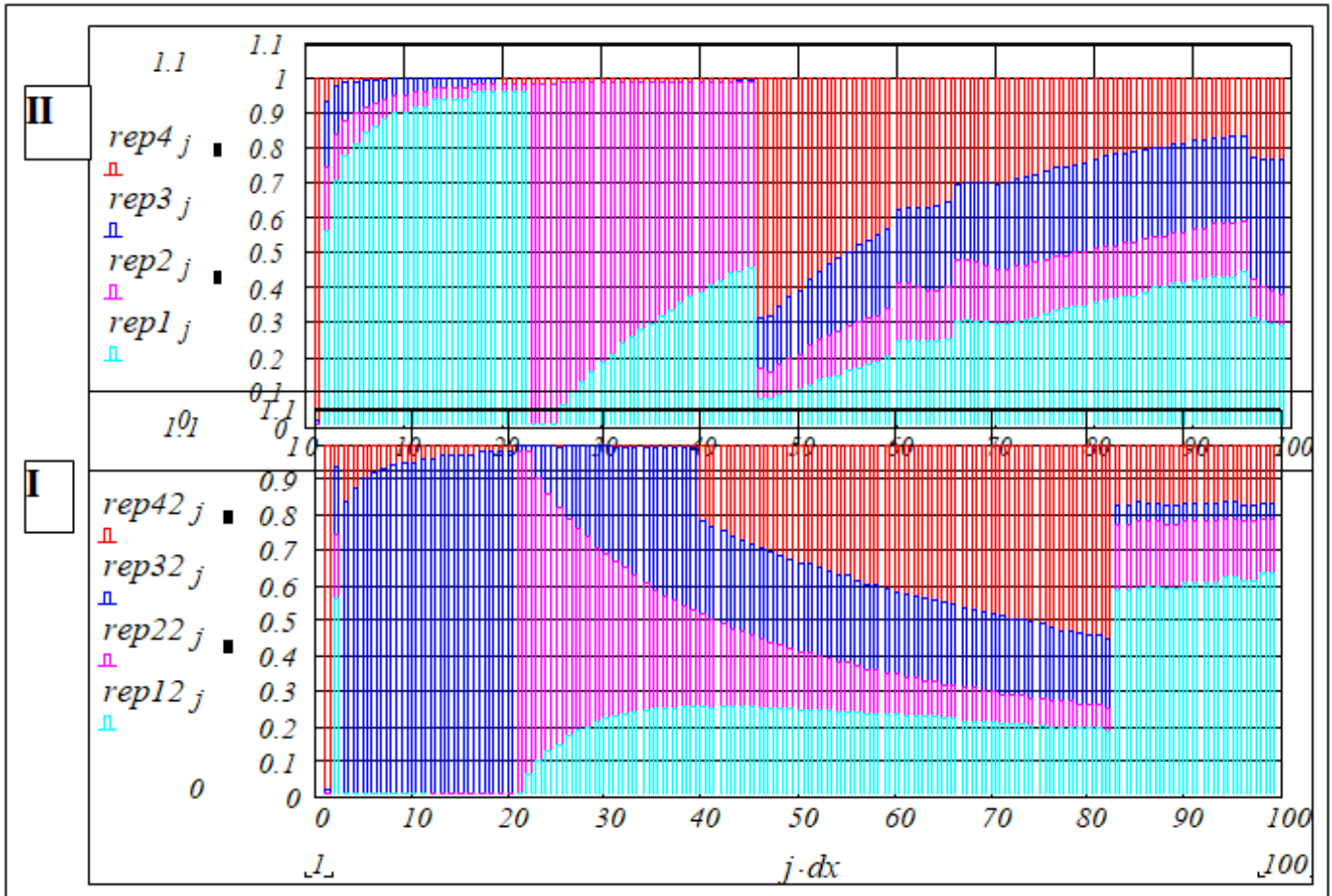
9 РЕЗУЛЬТАТИ РИЗИК АНАЛІЗУ – ЧАСТОТНІ РОЗПОДІЛИ



10 ТЕСТУВАННЯ ЗАДАЧІ ПАРАМЕТРИЧНОГО ОПТИМАЛЬНОГО АГРЕГУВАННЯ структури з 4 функцій «витрати , випуск»



11 ТЕСТУВАННЯ ЗАДАЧІ ПАРАМЕТРИЧНОГО ОПТИМАЛЬНОГО АГРЕГУВАННЯ. Оптимальні розподіли ресурсів



12 ОПТИМАЛЬНЕ УПРАВЛІННЯ РИНКОВИМИ ВІКНАМИ НА БАЗІ ОПТИМАЛЬНОГО АГРЕГУВАННЯ. ТЕСТОВА СТРУКТУРА

