

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 1. Моделювання та дослідження оптимальних комплексних проектів розвитку виробництва з урахуванням часу виконання

08-01.МКР.008.00.000

Студент групи 2АКІТ-18м Станіславський І. Ю.

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

Дубовой В.М.

« 2 » 09 2019 року
 Протокол № 1 засідання кафедри
 КСУ від 2.09.2019р.

З А В Д А Н Н Я НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

_____ Станіславському Івану Юрійовичу _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської кваліфікаційної роботи «Розробка комп'ютерної системи оптимального управління системами проектів виробництва. Частина 1. «Моделювання та дослідження оптимальних комплексних проектів розвитку виробництва з урахуванням часу виконання» 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 10.12. 2019 року
3. Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи: кількість продуктів виробництва до 6, кількість проектів в системі – 4-10, тривалості проектів номінальні 3 - 24 місяці, управління проектами: оптимальне агрегування, критерій: сумарне накопичення і час виконання, управління: термінальне, згідно структурі 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 часом виконання окремих проектів системи і програм.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
1 - структурна схема типового проекту; 2 – структурні схеми систем проектів; - 3 – моделі ресурсних і часових зв'язків в системі; - 4 – моделі агрегування бінарних структур системи проектів; 5 – програмний модуль «рішення варіаційної задачі розвитку», 6 – приклад результатів моделювання проекту з використанням кредитів; 7 - приклад результатів моделювання системи проектів; 8 – Висновки за результатами дослідження.

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.т.н., доцент кафедри ЕПВМ Ратушняк Ольга Георгіївна		

Календарний план

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1	Аналіз та огляд сучасних автоматизованих систем і задач управління системами проектів виробництва з урахуванням часу виконання.	15.10.2019р.	
2	Аналіз, вибір та розробка математичних моделей процесів функціонування і розвитку сучасних системам проектів виробництва	22.10.2019р.	
3	Розробка робочих моделей комплексних проектів розвитку виробництва з урахуванням ресурсних і часових зв'язків між проектами системи.	27.10.2019р.	
4	Розробка програмного забезпечення системи	29.10.2019р.	
5	Математична модель поточної ефективності і прогнозу кінцевого стану виконання проекту.	15.11.2019р.	
6	Тестування програмного забезпечення	25.11.2019р.	
7	Оформлення пояснювальної записки, графічного матеріалу і презентації	01.12.2019р.	
8	Захист МКР	12.12.2019р.	

Дата видачі завдання “_02_”_09_ 2019 року

Студент _____ Станіславський І.Ю.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____ Боровська Т.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Дослідження присвячено актуальній темі – управління проектами і системами проектів. У роботі розглядаються проекти побудови і запуску системи зв'язаних виробництв. Розглянуті математичні моделі управління системами зв'язаних проектів побудови і реконструкції територіально і технологічно розподілених виробничих систем. Концептуальна база розробки – роботи Р. Беллмана з постановки і рішення варіаційних задач розвитку. База моделей і програм: метод оптимального агрегування для систем з параметричними зв'язками та наближене рішення варіаційних задач розвитку. Алгебра оптимального агрегування дозволила замінити довільну ресурсну структуру з послідовних і паралельних зв'язків оптимальною еквівалентною функцією класу «витрати, випуск». Виконано розробку нового оператора оптимального агрегування з урахуванням часових затримок окремих проектів системи. Проведене моделювання тестової системи проектів, порівняльний аналіз з системою без оптимального агрегування підтвердив переваги нової моделі системи проектів.

АБСТРАКТ

The research focuses on a topical topic - project management and project systems. The work deals with the projects of construction and start-up of a connected production system. The mathematical models of control of systems of connected projects of construction and reconstruction of geographically and technologically distributed production systems are considered. Conceptual basis of development - R. Bellman's work on setting and solving variational development problems. Model and application base: Optimal aggregation method for parametric coupling systems and approximate solution of variational development problems. Optimal aggregation algebra has made it possible to replace an arbitrary resource structure with serial and concurrent links with an optimal equivalent function of the cost, output class. The development of a new operator of optimal aggregation has been completed, taking into account the time delays of individual projects of the system. The simulation of the test system of the projects, comparative analysis with the system without optimal aggregation confirmed the advantages of the new model of the project system.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 АНАЛІЗ СТАНУ ПРОБЛЕМИ УПРАВЛІННЯ СИСТЕМАМИ ПРОЕКТІВ З УРАХУВАННЯМ ЧАСОВИХ ЗВ’ЯЗКІВ.....	11
1.1 Приклади математичних моделей проектів.....	11
1.2 Аналіз аналогів управління комплексними проектами розвитку виробництва	15
1.3 Аналіз і приклади вирішення проблеми розмірності проектів.....	20
Висновки до розділу 1	27
2 РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ СИСТЕМОЮ ПРОЕКТІВ З УРАХУВАННЯМ ЧАСОВИХ ЗВ’ЯЗКІВ.....	29
2.2 Аналіз і обґрунтування рішень з розробки моделей управління системами проектів.....	34
2.3 Інформаційна технологія проектного рішення з розробки управління системою проектів	42
2.3.1 Структура і функції монопроекту	43
2.3.2 Типові структури для систем проектів	44
2.3.3 Ресурсні зв’язки в структурах та бінарні оператори оптимального агрегування монопроектів	44
2.4.Розробка дворівневої системи оптимального агрегування для системи проектів і управління часом виконання.....	45
2.5 Розробка моделі управління часом виконання монопроектів	46
Висновки до розділу 2	48
3 ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМ ТА АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ МОДЕЛЮВАННЯ....	49
3.1 Модуль «оптимальний процес функціонування і розвитку монопроекту»...	49
3.1.1 Структура даних входу і виходу	49
3.2 Розробка модулів управління часом виконання.....	53
3.3 Дезагрегування: аналіз процесів в елементах агрегованої структури.....	58
3.4 Побудова моделей монопроектів з урахуванням ризиків.....	61

Висновки до розділу 3	64
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	65
4.1 Технологічний аудит розробленої комп'ютерної системи оптимального управління системами проектів виробництва	65
4.2 Розрахунок витрат на розробку	68
4.3 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки	71
4.4 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та період їх окупності.....	73
4.5 Розрахунок відносної ефективності вкладених коштів в НДДКР.....	74
4.6 Розрахунок терміну окупності коштів, вкладених в наукову розробку.....	74
4.7 Висновки до розділу 4.....	75
ВИСНОВКИ	76
СПИСОК ВИКОРАСТНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	78
ДОДАТКИ.....	88
Додаток А Технічне завдання.....	89
Додаток Б Лістинг програми	93
Додаток В Перелік графічних матеріалів	94

ВСТУП

Актуальність проблеми. Сучасні виробничі системи як об'єкти проектування і управління мають ряд принципових відмінностей від виробничих систем індустріальної епохи. Ці відмінності подаємо типовими термінами науково-технічних публікацій: «цифровий інжиніринг» – комп'ютерні методи розробки «безпілотних» систем управління, «цифрова копія» – імітаційна модель об'єкта придатна для заміни реального об'єкту у довгих ресурсних випробуваннях. Головна проблема в названих змінах – відставання математичного і програмного забезпечення сучасних виробництв від зростання складності і динамічності сучасних виробництв.

Тема даної комплексної роботи – розробка комп'ютерної системи оптимального управління проектами виробництва. Перша частина роботи – «Моделювання та дослідження оптимальних комплексних проектів розвитку виробництва з урахуванням часу виконання».

Оптимізація виробництва ускладнюється високою розмірністю, динамічністю і суттєвою нелінійністю характеристик виробничих систем. Це потребує розробки нових моделей, методів і програм для нових комп'ютерно-інтегрованих систем управління.

Виробничі системи і технологічні процеси виробництва як об'єкти моделювання і управління мають велике число змінних і параметрів. Складні нелінійні зв'язки між змінними, недостатність апріорної інформації про закономірності протікання процесів створюють значні труднощі при моделюванні технологічних процесів (ТП), якщо користуватись класичними методами оптимізації такими, як лінійне, випукле, цілочислове програмування. Головний недолік класичних методів – комбінаторне зростання обчислювальних витрат при зростанні розмірності задачі оптимізації, вимоги – лінійність, неперервність функцій і похідних, тому вони не вирішують проблему розмірності, крім того методи оптимізації є пошуковими і не гарантують отримання задовільного результату за гарантований час.

Зв'язок з науковими програмами, планами, темами. Магістерська робота виконувалась 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 Вінницького національного технічного університету. Задачі, що розглянуті в роботі, відповідають планам найважливіших науково-технічних програм Міністерства освіти і науки України: 15 – Автоматизація та приладобудування; 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології.

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 проектами розвитку виробництва;
- виконати аналіз типових систем проектів як динамічних структур із ресурсними і часовими зв'язками, задачі «цінові стратегії», задачі управління кінцевим станом, зворотні моделі динаміки;
- розробити узагальнену модель проекту як елемента системи проектів, отримати узагальнену математичну модель оптимального розвитку з управлінням часу виконання проекту;
- проаналізувати альтернативи оптимального агрегування систем проектів з урахуванням часових зв'язків між окремими проектами;
- виконати моделювання тестової структури системи проектів.

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

Предмет дослідження – методи оптимального агрегування системи проектів з часовими зв'язками. «Часовий зв'язок»: проект А повинен почати випуск

продукту ПА в момент Т1 для проекту Б, який може зупинитись через нестачання продукту ПА. Для дотримування часового зв'язку вводиться управління моментом виконання.

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 вводиться в закон управління складова управління часом виконання, що дає змогу підвищити ефективність управління моментами взаємодії проектів.

2. Покращено бінарний оператор оптимального агрегування послідовної структури з проектів, де на відміну від існуючого оператора оптимального агрегування послідовної структури виробництва, вводиться програмний модуль для корекції відхилення часу виконання для всієї послідовної структури, що дає змогу підвищити ефективність управління послідовною структурою проекту.

Практичне значення одержаних результатів, в першу чергу, в отриманні програмної системи для вивчення і дослідження 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 нову розробку – «управління системою проектів». Оптимально агреговані моделі є задовільно адекватні через відсутність спрощень. Зокрема, це такі програми для досліджень:

- модуль моделювання проекту при варіації часу виконання;
- модуль моделювання проекту при наявності випадкових збурень;
- модуль дослідження варіації параметрів моделей виробництва і розвитку;

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

Особистий внесок магістранта. Усі результати отримано автором

самостійно. З робіт, опублікованих у співавторстві, використовуються результати, отримані особисто магістрантом: [70] – аналіз методів агрегування лінійки продуктів; [60] – аналіз публікацій з оптимального розвитку; [61] – огляд публікацій з біотехнологічних виробництв; [62] – дослідження імітаційної моделі зі збуреннями; [63] – дослідження модуля «кредитні стратегії»; [69] – розробка модуля оптимальне агрегування послідовної структури.

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

- «Інтернет-Освіта-Наука-2018», Одинадцята міжнародна науково – практична конференція ІОН –2018, 22-25 травня, 2018 року;
- XLVII Науково-технічна конференція факультету комп'ютерних систем і автоматики, 21-23 березня, 2018 року;
- XLVIII Науково-технічна конференція факультету комп'ютерних систем і автоматики, 22-23 березня, 2019 року.

Публікації. Результати теоретичних і експериментальних досліджень викладені і опубліковані в друкованих працях [60, 61, 62, 63, 69, 70]. Подана заявка на реєстрацію авторського права на твір комп'ютерна програма «Моделювання проекту оптимального розвитку виробництва з фінансовими кредитами».

1 АНАЛІЗ СТАНУ ПРОБЛЕМИ УПРАВЛІННЯ СИСТЕМАМИ ПРОЕКТІВ З УРАХУВАННЯМ ЧАСОВИХ ЗВ'ЯЗКІВ

У 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 Приклади математичних моделей проектів

Почнемо з вибору моделі на двох прикладах:

Приклад I – статистичний аналіз певних статистичних даних певного об'єкту: турбогенератор чи автомат з продажу пепсі – мета досліджень прогнозування аварій турбогенератора і трендів рівня продаж пепсі.

Приклад II – збирання і аналіз статистики векторів ознак у пацієнтів чи молекулярних аналізів крові пацієнтів для прогнозування інфарктів міокарду.

Для успішності аналізу в прикладі I треба паралельно будувати імітаційну модель турбогенератора і збирати доступну реальну статистику і статистику «віртуальної реальності». Для торгівельного автомату паралельно збирати реальну статистику і будувати математичну модель на базі стану погоди, місця розташування автомату та ін.

Приклад II – це реальні події в США, де витрачались великі суми на проблему інфарктів: пошукові методи аналізу на базі статистики були провальними, а дослідники крові вдосконалили аналіз крові до знаходження 5 –10 специфічних молекул білка, які були ранньою ознакою інфаркту.

Чи мають ці приклади якесь відношення? Сьогодні в тренді «віртуальна реальність», «цифрові двійники» реальних технічних систем [57]. Створення ефективних імітаційних моделей – нетривіальна проблема, але більш результативна, ніж класичні пошукові методи. База імітаційних моделей – виявлення «породжуючих механізмів» і включення їх в математичну модель [14]

Поданий далі аналіз аналогів і прототипів вже обумовлює вибір інформаційної технології побудови математичних моделей для аналізу і синтезу управління системами проектів, а саме вибір напрямку «інформаційні технології менеджменту», «розробка робочих моделей на базі «породжуючих механізмів» та оптимального агрегування. Програмне забезпечення сучасних систем управління – область, де ретельно приховують успіхи, а ще більш ретельно – класичні математичні моделі типового проекту розвитку виробничої системи з урахуванням ефектів освоєння виробництва [15]. Головна особливість англомовної літератури з питань проектів розвитку – високий методичний рівень і повна відсутність математичних моделей, не через конфіденційність, а просто відсутність – моделі від математиків були занадто спрощеними, статистичними. В початковому розділі аналізуємо розробки [16, 17, 18] Словесне формулювання стратегії освоєння – запускаємо у виробництво новий продукт (клас продуктів), ціну продажу встановлюємо збиткову, з певного моменту – прибуткову. У нас цінову стратегію обчислює розроблена без прямих аналогів робоча модель рішення варіаційної задачі на базі принципу максимуму. Модель і програма розроблені на базі методології прикладного системного аналізу.

На рисунку 1.1 подано перший крок розробки моделі – діаграму впливів і зв'язків. За такою ж технологією зроблені без прототипів моделі ринків з неповною інформацією. [30, 31]. Подібні технології були створені в США ще в 50-десяті роки для аналізу систем і операцій (системний аналіз і дослідження операцій).

На рисунку 1.2 подано другий крок розробки нової моделі – перехід від лінгвістичної до математичної моделі отримання функцій виробництва, попиту, пропозиції, критеріїв оптимізації.

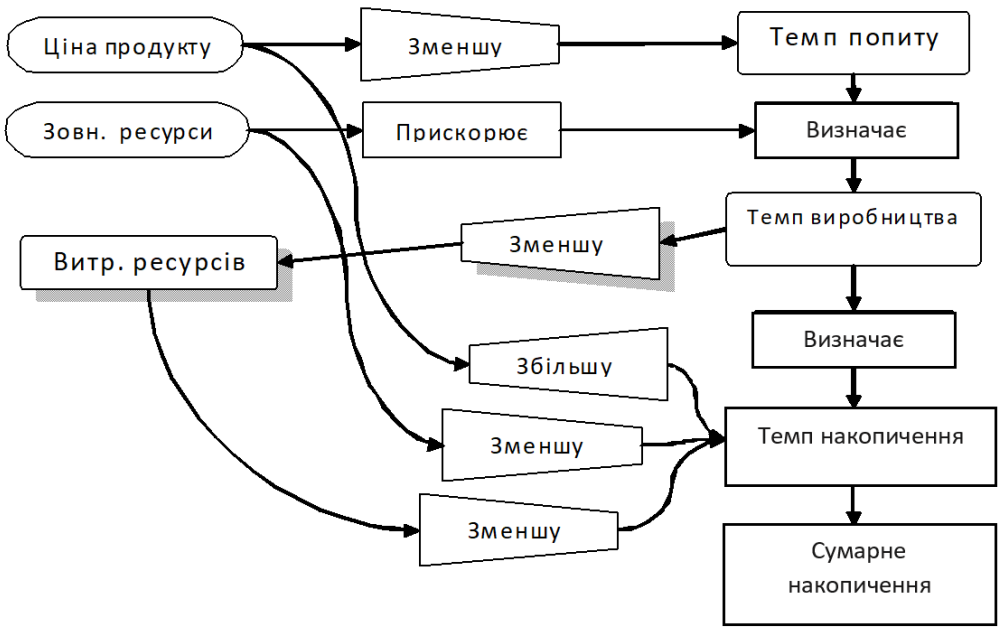


Рисунок 1.1 – Побудова моделі проекту розвитку. Діаграма впливів і зв’язків

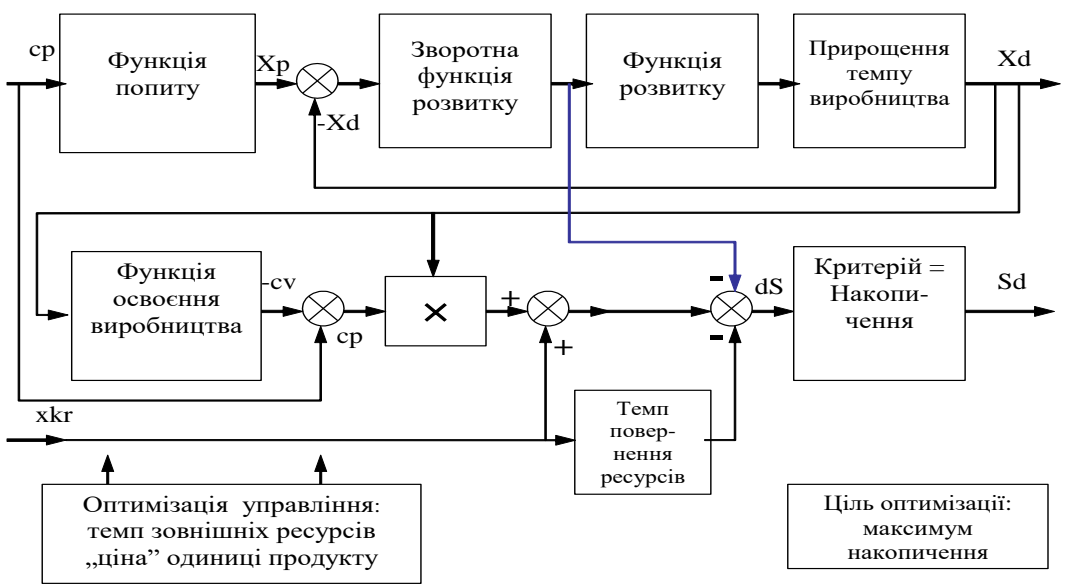


Рисунок 1.2 – Побудова моделі проекту розвитку. Формалізація зв’язків

Подальші кроки – виявлення взаємодій підсистем, ресурсних та інформаційних зв’язків складання рівнянь, неперервних, дискретних, рівнянь статички і динаміки. На рисунках 1.3 та 1.4 подано приклад моделювання процесу оптимального розвитку: отримано без прототипів систему рівнянь і відповідну програму моделювання. В нових розробках отримання результативної програми з

першого разу – нечаста подія. Тривалість корекцій математичної моделі і програми – досить тривалий час (місяці, роки).

Методи прикладного системного аналізу і розуміння мов програмування можуть суттєво зменшити ці терміни. Модель на рисунку 1.3 має пояснення щодо реалізації зв'язків і блоків на рисунках 1.1 та 1.2.

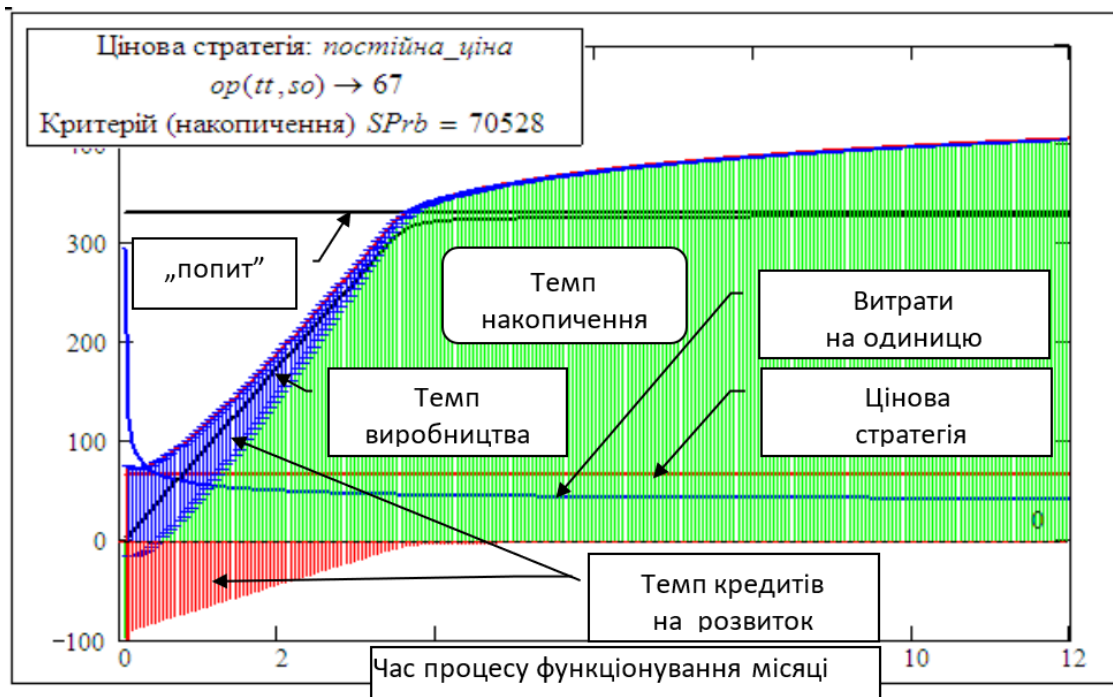


Рисунок 1.3 – Моделювання проекту розвитку. Кредитна стратегія I

На рисунку 1.4 подано результат моделювання для іншої цінової стратегії. Подане на рисунках 1.3 і 1.4 – обчислювальний експеримент на «віртуальній реальності» для вибору кращої кредитної стратегії. Для виконання такого експерименту на «реальній реальності» потрібно побудувати відповідну виробничу систему, відлагодити і запустити в повному циклі – в моделі обчислюються продажі, ціни, прибуток. Шкала часу на графіках – місяці.

Реальні виробництва вимагають великого обсягу випробувань нової виробничої системи і при навантаженнях, і при відмовах, і не тільки для себе, але і для обов'язкових міжнародних сертифікацій. Заміна реальних об'єктів «цифровими двійниками» суттєво скорочує час на підготовку сертифікаційних випробувань, потенційно підвищує якість проекту.

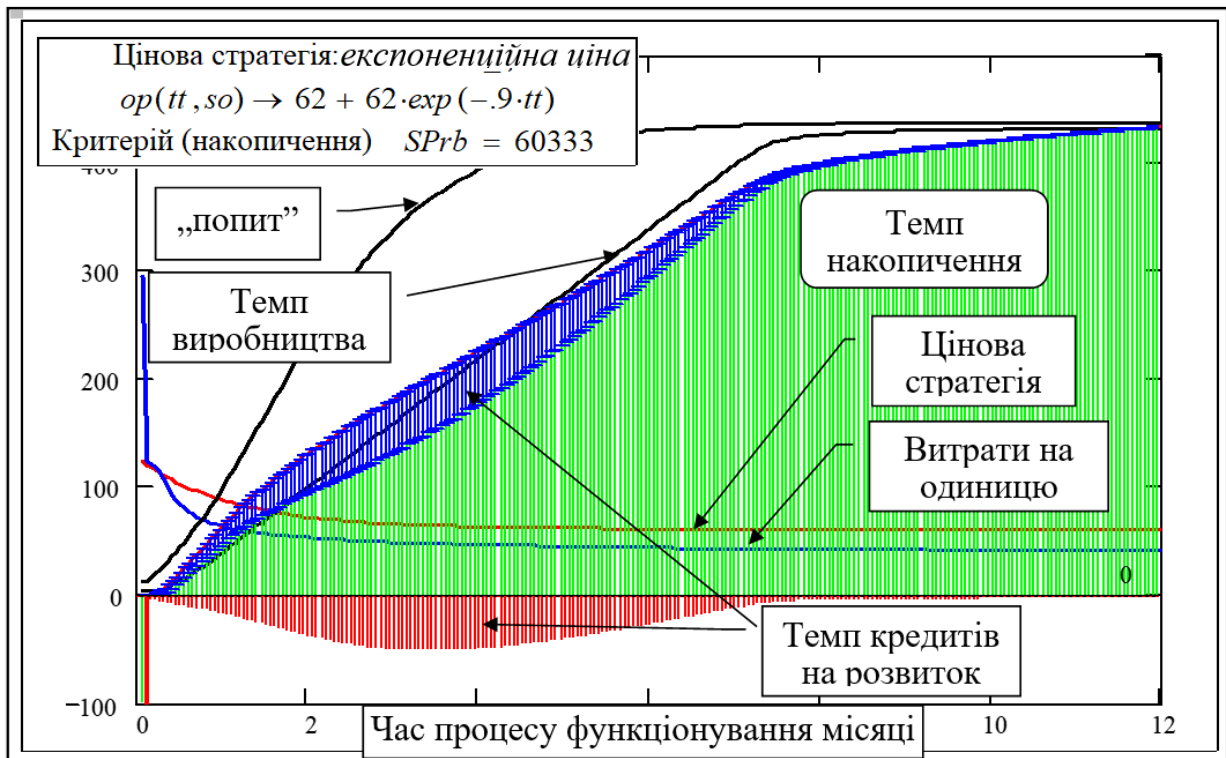


Рисунок 1.4 – Моделювання проекту розвитку. Кредитна стратегія II

1.2 Аналіз аналогів управління комплексними проектами розвитку виробництва

Мультипроектне планування вирішує взаємопов'язані проблеми – формування календарного графіка [2] і розподіл ресурсів [8]. Один з підходів до вирішення цих проблем використовує агреговане подання проектів [1, 2].

Календарні графіки мультипроектного планування відносяться до розкладів ієрархічних або мережевих структурних дій [3]. Формування розкладу – це визначення часів початку виконання всіх дій або їх сукупностей в інтервалі розкладу [5]. Для мультипроектного планування необхідне рішення двох завдань:

1) агрегування заявок проекту – визначення відносних початкових часів виконання кожної роботи в межах інтервалу розкладу проекту (тривалості критичного шляху графа проекту або заданої/переобумовленої тривалості);

2) формування календарного графіка мультипроектного планування – визначення відносних початкових часів виконання агрегацій заявок проектів в межах заданого або визначеного інтервалу розкладу.

Алгоритмізація і розробка програмного забезпечення агрегування проектів використовують такі концепції [3]:

- програмне рішення задачі в рамках СУБД;
- двоетапний процес вирішення;
- ідеологія жадного алгоритму;
- концепції завантаженості і рівномірності;
- використання методів ранжирування теорії прийняття рішень.

Два етапи рішення включають формування початкової агрегації і її подальшу оптимізацію. Методи етапів циклічні і завершуються після включення всіх заявок проекту в початкову агрегацію або при неможливості подальшого поліпшення агрегації.

Формування початкової агрегації вирішується послідовним вибором чергової заявки проекту та подальшим її включенням в календарний графік в обумовлений час початку виконання роботи. Вибір заявки проекту базується на концепції завантаженості. Вибір часу включення цієї заявки використовує концепцію рівномірності. У кожному циклі присутні дві операції вибору з прийняттям деяких рішень.

Завдання оптимізації початкової агрегації вирішується послідовним вибором найбільш нерівномірної роботи проекту та подальшою її перестановкою в графіку в обраний час початку виконання роботи. Перестановка роботи в календарному графіку агрегації також базується на концепції рівномірності. У кожному циклі також присутні дві операції вибору. Такий підхід характерний для жадібних алгоритмів [4, 8], які передбачають циклічність обох етапів завдання формування агрегації проекту [4].

Операції вибору в експонованих алгоритмах є багатокритеріальною [6], і для їх реалізації залучено апарат методів ранжирування. У поданих алгоритмах використані методи, в основі яких лежить метод «жорсткого» ранжирування [7]. Надалі під терміном багатокритеріальне ранжування буде розумітися «жорсткого» ранжування. Виділяються пряме (по «зростанню») і зворотне (по «спаданню») багатокритеріальне ранжування.

На рисунку 1.5 представлена початкова агрегація одного з проектів. У лівій частині представлена діаграма Ганта робіт обраного проекту. Роботи критичного шляху виділені червоним кольором. Інші роботи проекту розміщені всередині інтервалів їх можливого переміщення.

У правій частині представлені агрегації проекту по кожному з чотирьох ресурсів. Для кожного ресурсу червоною лінією з цифровим позначенням показані рівні виділених проекту обсягів кожного такту. У кожній з агрегацій представлена величина середньоквадратичного відхилення в %.

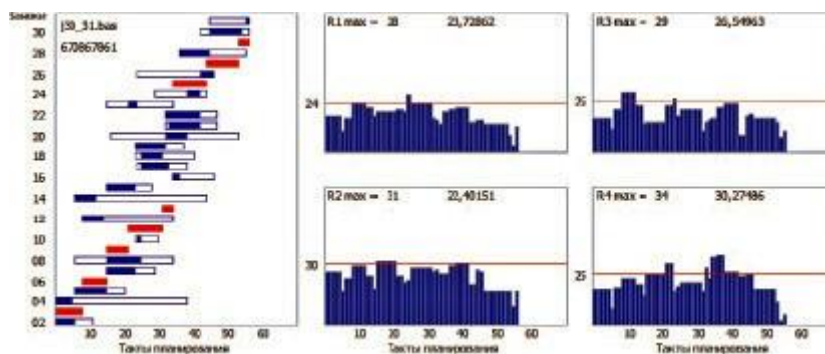


Рисунок 1.5 – Початкова агрегація

На рис. 1.6 представлена оптимізована агрегація цього ж проекту

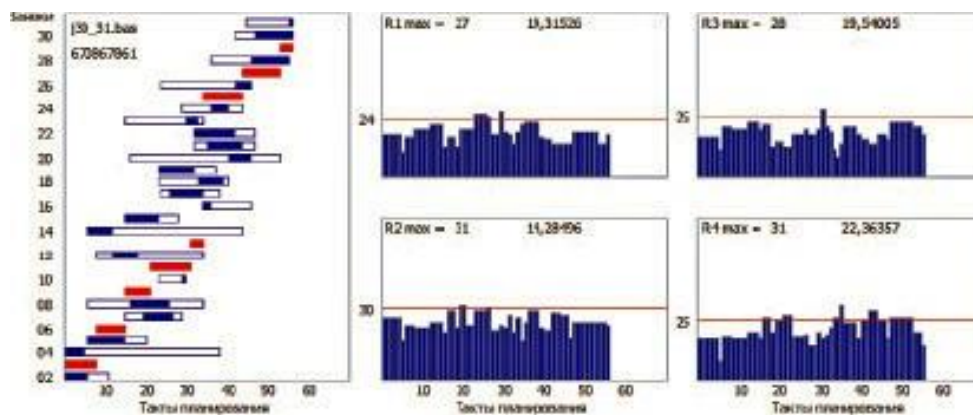


Рисунок 1.6 – Оптимізована агрегація

Подана вище публікація одна знайдена за ключами пошуку. Однак, це аналог не за змістом, а тільки за ключем пошуку. Подана публікація базується на математичних моделях епохи, коли не було комп'ютерів сучасного рівня.

У даній роботі ставиться нова проблема оптимального управління системою проектів. Навіть проблема оптимального управління одним проектом не набула масового освоєння і застосування в програмах провідних університетів США.

Причина – зведення всіх проблем до ефективного менеджменту. За останні десятиріччя суттєво змінилися теорія і практика управління проектами. Практика змінилася радикально: технічні засоби і комп'ютерні системи дозволяють за місяці замість років виконувати великі проекти[23]. База практики – нові інформаційні технології та методи ефективного менеджменту. Головні проблеми сьогодні створюють фінанси (середня транзакція – 90 днів) і наука. На рисунку 1.7 подано малий фрагмент результатів пошуку (знайдено >1.000.000) за ключем «математичні моделі каскадних проектів» – на багатьох сторінках видано однакові картинки без формул, моделей і моделювання.

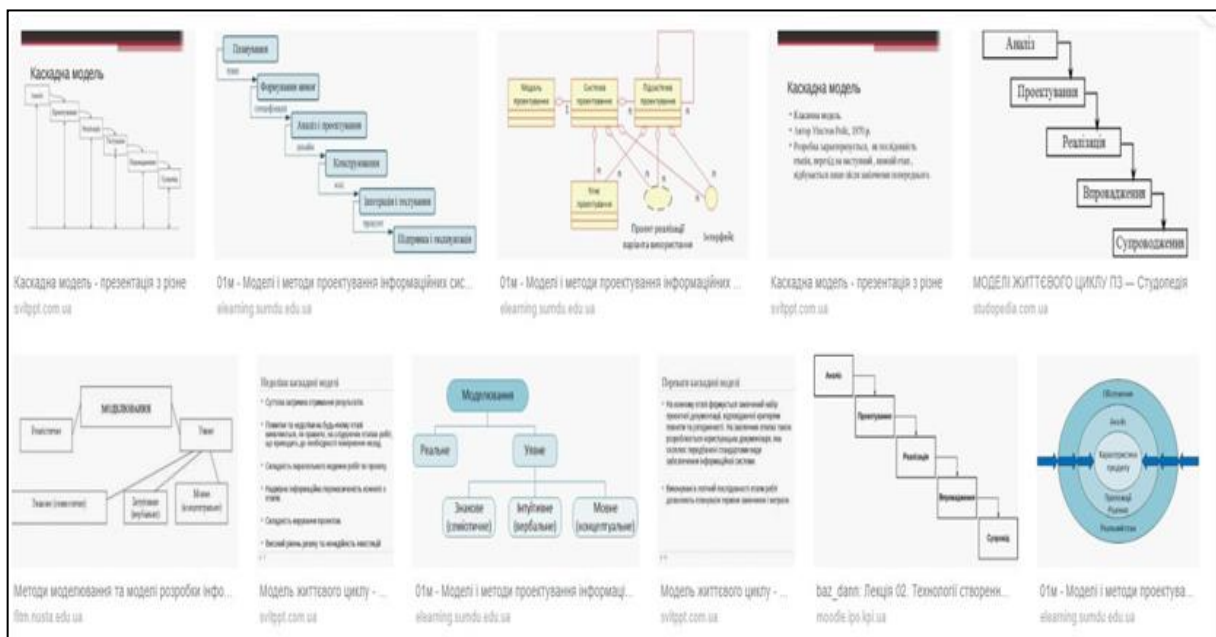


Рисунок 1.7 – Фрагмент результатів пошуку
«Математичні моделі каскадних проектів»

Розглянемо базові математичні моделі рішення варіаційної задачі оптимального розвитку виробничої системи. На рисунку 1.8 подано базову математичну модель [28, 29].

<p>Критерій: $JI = \int_0^{T_p} x(t) \cdot (1 - u(t)) dt$</p> <p>Розширена система рівнянь:</p> $\frac{d}{dt} x(t) = \text{fin}(x(t) \cdot u(t)) = fx; \quad 0 \leq u(t) \leq 1; \quad \frac{d}{dt} JI(t) = x(t) \cdot (1 - u(t)) = fJ$ <p>Функція Гамільтона: $H(x, u) = \sum_{i=0}^N \psi_i \cdot f_i = \psi J \cdot fJ + \psi x \cdot fx$</p> <p>Рівняння для спряжених функцій:</p> $\frac{d}{dt} \psi x(t) = -\psi J \cdot (1 - u) - \psi x(t) \cdot u \cdot \frac{d}{dx} \text{fin}(u \cdot x) = -\psi x(t) \cdot u \cdot \frac{d}{dx} \text{fin}(u \cdot x) - (1 - u)$ <p>Розв'язання для функції Гамільтона: $H(x, u) = x \cdot (1 - u) + \text{fin}(x \cdot u) \cdot \psi x(u, x, t)$</p> <p>Функція Гамільтона для даного поточного стану дає величину критерію оптимальності процесу розвитку (виконання і запуску проекту) в кінцевий момент планового періоду проекту за умови заданого розподілу ресурсу ($0 < u < 1$).</p> <p>Для визначення оптимальної стратегії $u(t)$ ($0 < t < T_p$) розподілу ресурсу між виробництвом і розвитком виробничої системи – необхідно на кожному кроці дискретизованої моделі знаходити функцію Гамільтона і значення розподілу, що дає максимум функції.</p>

Рисунок 1.8 – Базова математична модель варіаційної задачі розвитку

На рисунку 1.9 подане нове рішення задачі розвитку з урахуванням освоєння [23, 27]. Там вперше поставлена і розв'язана методом принципу максимуму варіаційна задача розвитку з урахуванням ефектів освоєння, що, на відміну від існуючих постановок і розв'язань, дозволяла виконати декомпозицію багатокрокової задачі в послідовність задач малої розмірності по знаходженню максимуму функції Гамільтона, що зменшує час обчислень стратегій розвитку. Модель працездатна (рис. 1.3, 1.4)[24].

Математична і програмна ефективність моделі суттєво зросла за рахунок узагальнення на системи довільної розмірності [21, 17].

Порівняємо рівняння на рисунках 1.8 та 1.9 – маємо один метод рішень варіаційних задач: для нової задачі достатньо підставити критерій, функції виробництва, розвитку і отримати не «автоматично» рішення.

Критерій:
$$J = \int_0^{Tp} f(cv, cp) dt = \int_0^{Tp} \left[x(t) \cdot (cp(t) - cv(t)) - f_{inv} \left(\frac{d}{dt} x(t) \right) \right] dt$$

Функція освоєння
$$f_{cv}(cv, t) = vv \cdot po^{Ko \cdot \ln(t)} \cdot \frac{Ko}{t} \cdot \ln(po) - \frac{vp}{Fd(cp)^2} \cdot \frac{d}{dt} (Fd(cp))$$

Функція Гамільтона:
$$H(cv, cp) = \sum_{i=0}^n \psi_i f_i = \psi_j \cdot f_j + \psi_{cv} \cdot f_{cv} + \psi_x \cdot x$$

Рівняння для спряжених функцій:

$$\frac{d}{dt} \psi_j(t) = \frac{\partial}{\partial J} H(cv, x, cp) ; \quad \frac{d}{dt} \psi_{cv}(t) = \frac{\partial}{\partial cv} H(cv, x, cp) .$$

Розв'язання для функції Гамільтона (робочий вираз)

$$Hr(cv, cp, t) := \left[Fd(cp) \cdot (cp(t) - cv(t)) - K_{inv} \cdot \left(\frac{d}{dt} Fd(cp(t)) \right) \right] \dots$$

$$+ \left(\int_0^t Fd(cp(t)) dt + Co2 \right) \cdot \left[vv \cdot po^{Ko \cdot \ln(t)} \cdot \frac{Ko}{t} \cdot \ln(po) - \frac{vp}{Fd(cp)^2} \cdot \frac{d}{dt} (Fd(cp)) \right]$$

Рисунок 1.9 – Математична модель варіаційної задачі розвитку для задачі розвитку з урахуванням освоєння

1.3 Аналіз і приклади вирішення проблеми розмірності проектів

Ми розглянули математичні моделі процесів оптимального розвитку. Всі вони з початку розроблялися для одновимірних об'єктів. Для класичних методів аналізу і синтезу проблема розмірності була «прокляттям розмірності (Р. Беллман). Беллман свідомо вибрав загальне методологічне рішення проблеми розмірності: заміну задачі пошуку точки в багатовимірному фазовому просторі системою задач пошуку точки в фазових просторах меншої розмірності, ідеально – одиничної.

Методологія оптимального агрегування повністю відповідає цьому напрямку досліджень. Методи оптимального агрегування занадто прості класичними методами, тому важкі для сприйняття. Розглянемо на прикладах проблему заміни функцій багатьох змінних оптимальною еквівалентною функцією [20].

Оператор оптимального агрегування – асоціативний і комутативний, тому об'єкти агрегування можливо групувати, агрегувати ці групи, а потім агрегувати ці агреговані групи [16, 19].

В цьому аспекті метод оптимального агрегування ідеально узгоджується з ієрархічними структурами сучасних виробничих систем, особливо з їх структурною динамічністю: створили, купили, закрили, продали, агрегат, конвеєр, цех, фабрика. Розглядаємо дві альтернативи агрегування.

Однорівневе агрегування. Можна агрегувати одразу всі підсистеми. «Одразу» – означає розпаралелювання обчислень, що можуть обчислюватись паралельно. Беремо приклад системи з 12 підсистемами. На рисунку 1.10 подано робочу формулу рішення задачі оптимізації. Бачимо: для обчислення оптимального рішення треба застосувати оператор оптимального агрегування f_{20} – 11 разів знайти екстремум функції однієї змінної для кожної точки сітки. Порівнюємо з «завданням» «знайти екстремум функції 12 змінних для кожної точки сітки.

Функція користувача без параметрів (далі використовуємо параметризацію). Нагадаємо, що це рішення задачі знаходження екстремуму функції $3 \times 4 = 12$ змінних, для всіх можливих значень обмеження по сумарному ресурсу системи.

Отримали математичну модель, записану в мові певної програмної платформи. Така інтеграція не є лінгвістичним формалізмом. Далі буде показано, що математичні моделі в такому середовищі набувають додаткових властивостей і це використовується в наступних розділах роботи.

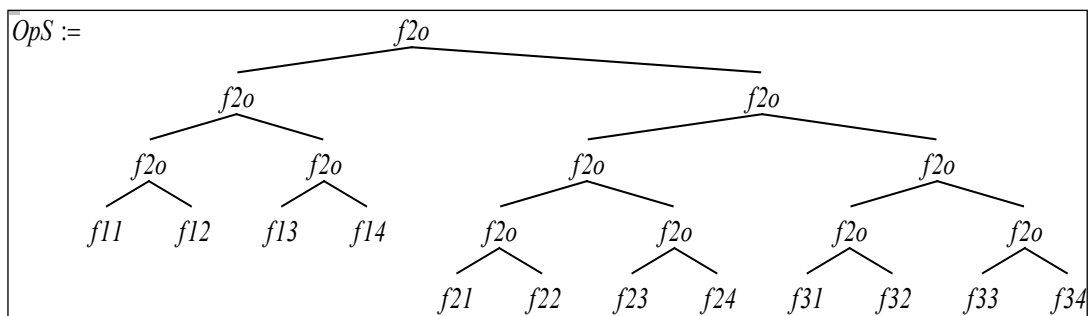


Рис 1.10 – Оптимальне агрегування паралельної ієрархічної структури

На рисунку 1.11 подано результати обчислень змінної OpS . Ця матриця включає 13 стовпців та 100 рядків (діапазон змінної по осі x (0—100)). Очевидно, оператор оптимального агрегування $f2o$ бере чотири функції виробництва і повертає одну функцію – оптимальне еквівалентну (усієї структури) і оптимальний розподіл ресурсу між елементами (рядки 2-13). Разом з ОЕФВ подано графіки розподілу ресурсу.

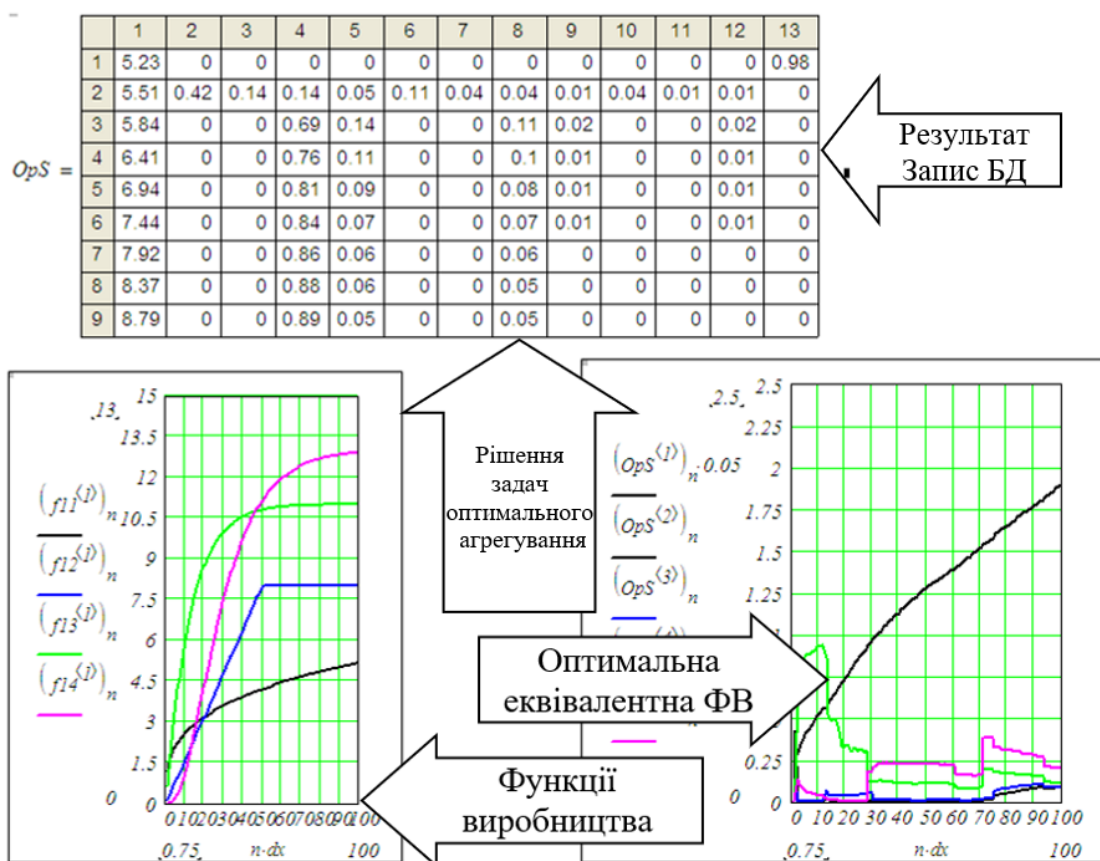


Рисунок 1.11 – Результати оптимального агрегування паралельної ієрархічної структури

На рисунку 1.11 подано тільки 4 з 12 графіків ФВ і відповідних розподілів ресурсів.

Дворівневе агрегування. Розглянемо альтернативу виконання операції оптимального агрегування в корпоративній системі. З певною періодичністю топ-менеджери відділень корпорації в дискусії з залученням «бізнес-аналітики», але без використання оптимального агрегування переділяють ресурси отримані від корпорації між своїми підрозділами. Далі кожен виконує подібну «бізнес-гру» в середині підрозділів з залученням «бізнес-аналітики» – ділять ресурси, отримані на верхньому рівні ієрархії. На рисунку 1.12 побудовано сервіс від оптимального агрегування під цю реальність: спочатку агрегуємо виробництво кожного підрозділу, а потім вже всієї корпорації. Обчислюємо три формули агрегування, порівнюємо результати оптимального агрегування для кожного підрозділу.

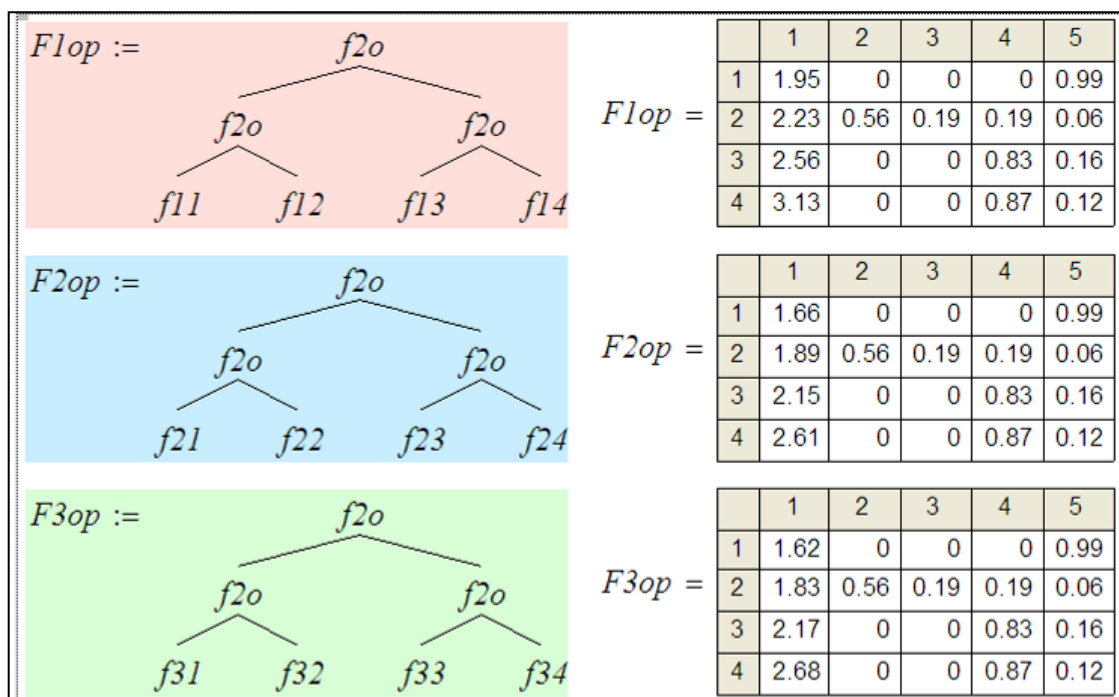


Рисунок 1.12 – Формули і результати оптимального агрегування підсистем

З отриманими науковими методами топ-менеджери підрозділів «йдуть» на верхній рівень «вибивати» ресурси, не виставляючи дані отримані об'єктивним методом оптимального агрегування.

Оператори оптимального агрегування розроблені так, що передача інформації між рівнями агрегування може програмно блокуватись через вимоги конфіденційності і просто для зменшення обчислювальних витрат.

Приклад такого режиму обчислень подано на рисунку 1.13.

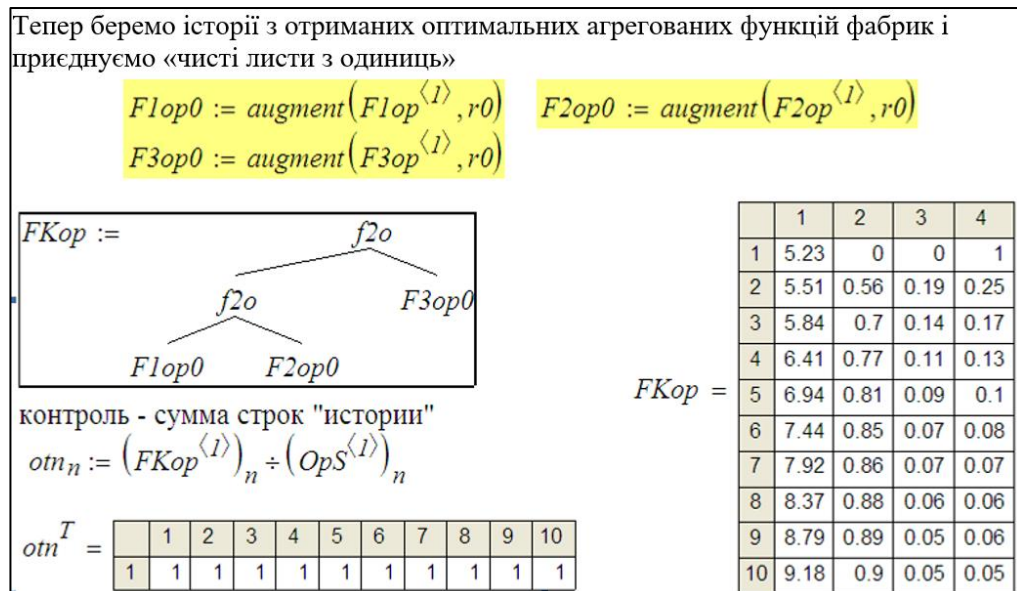


Рисунок 1.13 – Управління інформацією про «історію» попередніх агрегувань

На рис. 1.14 складемо результати дворівневого оптимального агрегування. На цьому рисунку подані формули, функції виробництв та відповідні вектор-функції розподілу ресурсу для нижнього і верхнього рівнів.

На рис. 1.14 подано графіки в прирощеннях – це управління для підсистем:

– нижні графіки – розподіли ресурсів на «фабриках» – між виробництвами окремих видів продукції;

– верхній графік – розподіл ресурсів в «корпорації» між «фабриками».

Вектор-функції оптимального розподілу ресурсу суттєво розривна – це реальність. Існуючі методи оптимізації таке не обчислюють.

Ідеям і реалізаціям агрегування виробничих функцій більше двохсот років. Під агрегуванням тоді розумілось підсумовування виробничих функцій [68]. Подано твердження про можливість зваженого агрегування різних виробничих функцій так, щоб отримати агреговану функцію заданого виду. Для математика тут

один крок до оптимального агрегування. Причина – без сучасних програмних платформ методи оптимального агрегування для практиків нецікава абстракція, для теоретиків – необхідність повного освоєння програмних і апаратних можливостей і особливостей комп'ютерів.

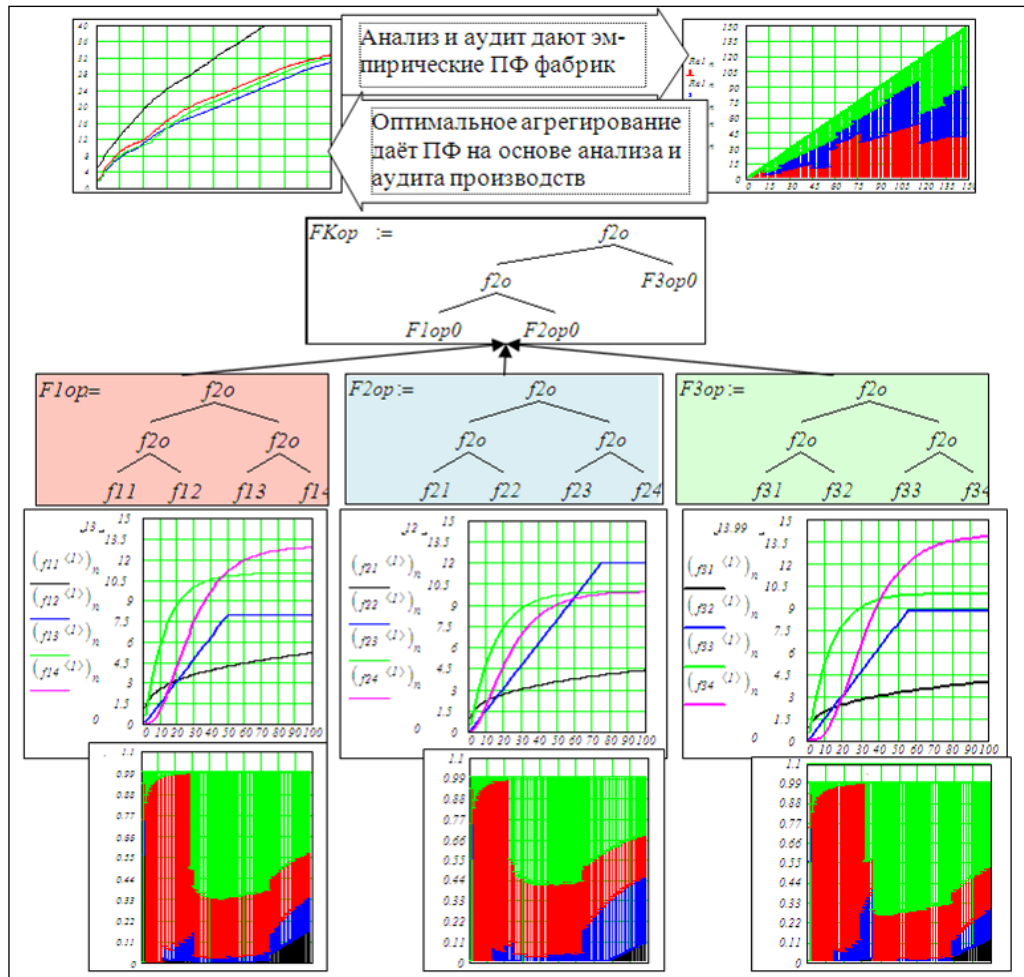


Рисунок 1.14 – Результати рішення задачі дворівневого розподілу ресурсів

Всі ці дані – елементи інтерфейсу користувача. На рисунку 1.15 – подано альтернативи виводу розподілів ресурсу

$$Re1_n := \left(FKop^{(2)} \right)_n \cdot n \cdot dx; \quad Re2_n := Fk3_n \cdot n \cdot dx; \quad Re3_n := Fk4_n \cdot n \cdot dx. \quad m := 3.$$

Будуємо і порівнюємо альтернативні графіки (рис.1.15). Бачимо в кольорах оптимальні розподіли сприймаються важко. Ця складність породжена негладкими, невишуклими функціями. Ще тридцять років тому вагомій статті з моделювання та агрегування великих систем починалися з обмежень.

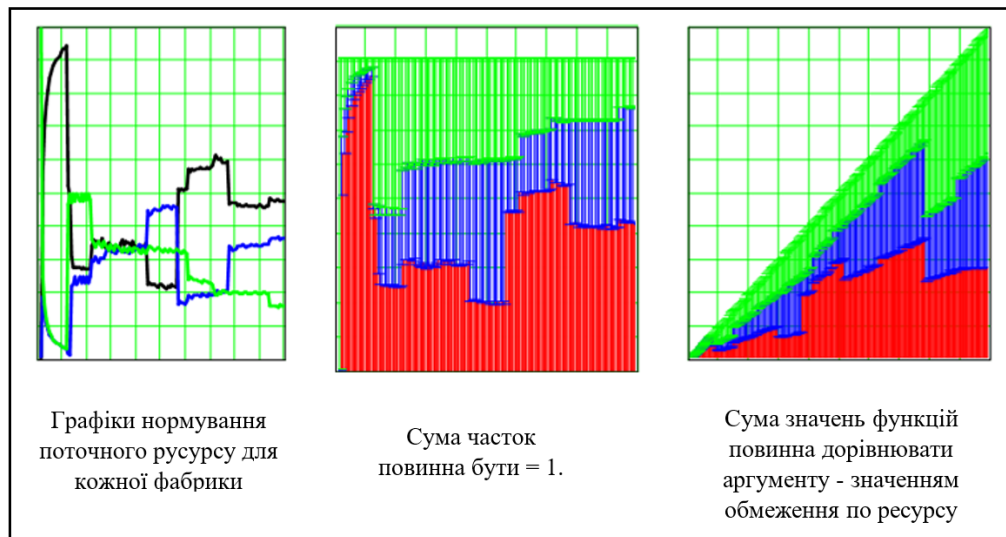


Рисунок 1.15 – Альтернативне подання вектор-функції розподілу ресурсів

Якщо переглянути подані на рис. 1.11 – 1.15 графіки і формули, то ми не знайдемо пошукових алгоритмів багатовимірної оптимізації. Власне, оптимізація вбудована в програмні модулі бінарних операторів оптимального агрегування. Бінарні дерева оптимального агрегування подані на рис. 1.10 – 1.14 не є структурними схемами, а формулами алгебри оптимального агрегування, тільки в структурній формі. Їх можна записати в один рядок, вони теж виконуються, але важко читаються. В цілому, оптимізаційні задачі зведені до простих алгебраїчних рівнянь. Особливість алгебри оптимального агрегування – бажаність і необхідність тривимірного графічного подання входів і виходів математичних виразів, наприклад, поверхні цільової функції від двох змінних і годографу максимуму на цій функції. Операнди алгебри оптимального агрегування на числа, а функції, що суттєво полегшують взаємодію оператора системи управління проектами – з інтерфейсом програмної системи. Для управління проектами, де присутні не тільки збурення, але і відсутні автоматичні рішення в певних ситуаціях, системи на базі оптимального агрегування можуть бути ефективним інтерфейсом з користувачами. Це стосується і навчання, підтримки тренінгів, дискусій. Розробка дозволяє вбудовувати в модель об'єкта збурення на рівні породжуючих, а не розподілів ймовірностей і отримувати статистику «віртуальної реальності».

Висновки до розділу 1

Виконано аналіз теоретичних і практичних аспектів даної роботи і потенційного використання в комп'ютерно-інтегрованих системах управління проектами. В області практичного використання програмних засобів ефективного менеджменту відсунули на другий план фундаментальні математичні моделі. Управління системами проектів заповнено програмними засобами класу – «водоспадні інформаційні технології». На базі пошуку в літературних джерелах відібрано і проаналізовано приклади моделей і програм оптимального управління проектами побудови або модернізації виробництв. Ці моделі дозволяють оперативно отримувати розрахунки оптимального управління проектом для заданих параметрів функцій виробництва і розвитку, цін ресурсів і продуктів виробництва, запізнень постачання і продаж. Вибрані моделі оптимального розвитку є системою нелінійних нестационарних різницевих рівнянь для моделювання процесів і задачами нелінійного програмування для обчислення оптимальних управлінь методами оптимального агрегування. Програми оптимального агрегування є безпошуковими, що забезпечує обчислювальну ефективність. Близьких аналогів такої розробки не знайдено. Аналіз прикладів управління системами проектів дозволив виявити типові ресурсні зв'язки між проектами: послідовні, паралельні, зворотні. Вибрано рішення виконання завдань роботи: розробка операторів оптимального агрегування для агрегування об'єктів класу «інвестиційний проект розвитку виробництва»

Вибір методології оптимального агрегування структур великих і складних систем обумовлений тим, що знімається проблема розмірності задачі оптимізації, що замінюється системою одновимірних задач оптимізації, а також знімаються проблеми пошукової оптимізації. Структурне рішення задачі оптимального агрегування має дві форми матриці – структура подібна запису в базі даних і «бінарне дерево оптимального агрегування». Ці форми подання інформаційно тотожні, що дозволяє спростити управління проектами для досягнення мети роботи.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі задачі:

- виконати аналіз типових систем проектів як динамічних структур із ресурсними і часовими зв'язками, задачі «цінові стратегії», задачі управління кінцевим станом, зворотні моделі динаміки;
- розробити узагальнену модель проекту як елемента системи проектів, отримати узагальнену математичну модель оптимального розвитку з управлінням часу виконання проекту;
- проаналізувати альтернативи оптимального агрегування систем проектів з урахуванням часових зв'язків між окремими проектами;
- виконати моделювання тестової структури системи проектів.

2 РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ СИСТЕМОЮ ПРОЕКТІВ З УРАХУВАННЯМ ЧАСОВИХ ЗВ'ЯЗКІВ

У розділі виконується розробка математичних моделей управління системами проектів з урахуванням ресурсних і часових зв'язків. Розробка базується на напрацюваннях керівника і кафедри в області оптимального управління проектами розвитку на базі оптимального агрегування. Конкретний зміст розділу – розробка бінарних операторів оптимального агрегування для об'єктів класу «інвестиційний проект». Розглядаються дві альтернативи моделей: на базі рішення варіаційної задачі розвитку методом оптимального агрегування та на базі оптимального агрегування структури «виробництво, розвиток».

2.1 Розробка узагальненої моделі системи проектів

Завдання даного розділу подати робочу параметризовану математичну модель проекту як функцію користувача з параметрами, проаналізувати субмоделі, сформулювати властивості рішення та відібрати параметри. На рисунку 2.1 подана схема математичної моделі, де показані субмоделі та їх зв'язки.

Зауваження. В розділі 1 були подані приклади моделювання процесу оптимального розвитку, застосування оптимального агрегування виробничої системи з урахуванням ефектів освоєння виробництва («цінові стратегії»). В розділах 2 і 3 тестування моделей і програм виконується на виробничій системі з оптимально агрегованих паралельних структур.

Середня частина блоків на рисунку 2.1 – досить складні і ключові операції, що забезпечують працездатність і ефективність розробки:

- оптимальне агрегування об'єктів «проекти» і «виробництва»;
- нелінійні і нестационарні різницеві рівняння («динаміка»);
- формування функції Гамільтона і модуля її оптимізації;
- пошукова розробка альтернативи рішення задачі оптимізації на базі методу оптимального агрегування.

У підсумку ці блоки програмно реалізуються як модульна комплексна модель процесу виконання проекту. Праворуч і ліворуч на рисунку 2.1 подано змінні функціональні модулі: бінарні оператори оптимального агрегування, параметри і обмеження в моделях та моделі невизначеностей і збурень. Особливо виділяємо головний елемент новизни.

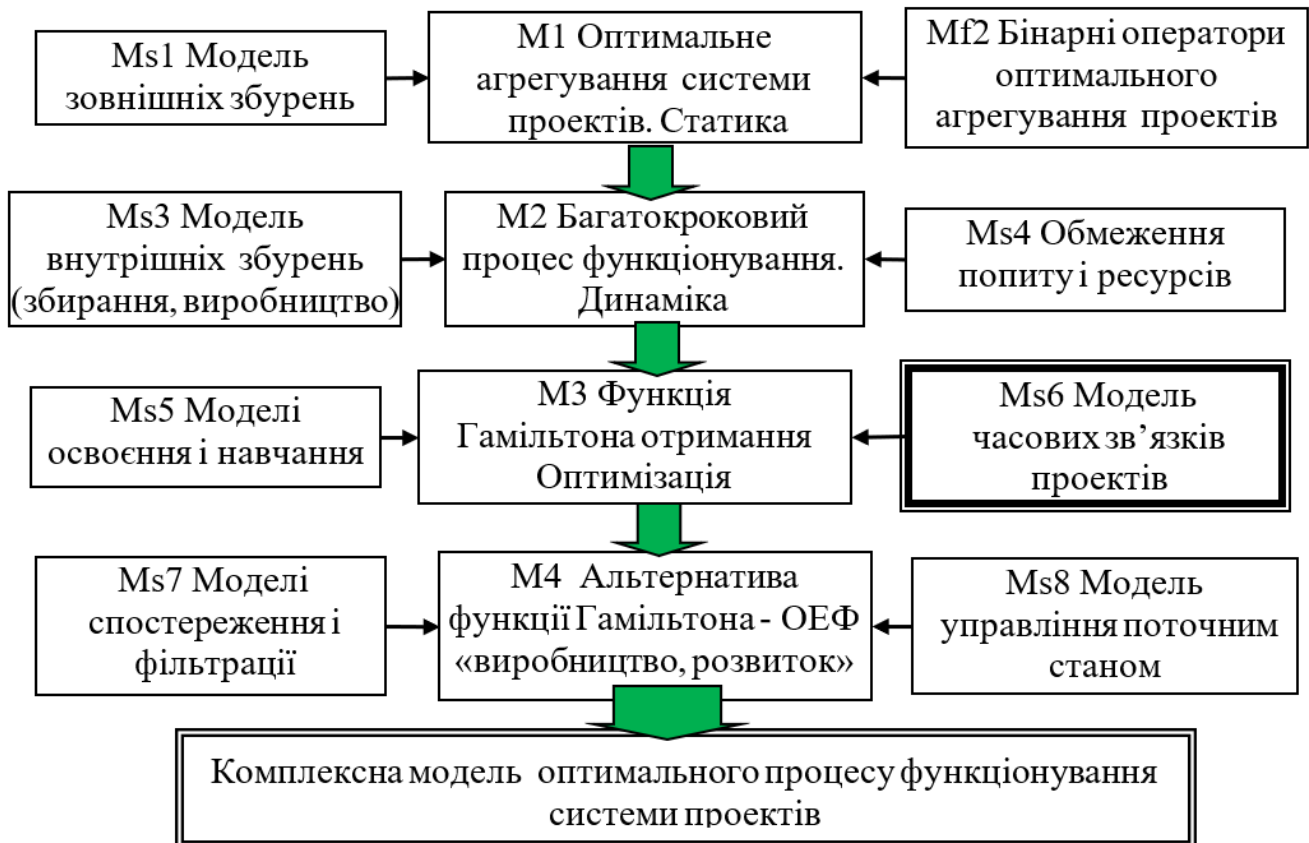


Рисунок 2.1 – Схема аналізу і розробки моделі процесу оптимального розвитку

Подемо базові математичні моделі блоків з схеми на рис. 2.1. На рис. 2.2 подано оптимальне агрегування як інформаційний комплекс з моделі «бінарний оператор оптимального агрегування паралельної структури»; 3Д графіків цільової функції (сумарне виробництво); три варіанти формули оптимального агрегування; виведення результатів: матриця і графіки функцій виробництва. Такий інформаційний комплекс підвищує ефективність освоєння методології оптимального агрегування. Даний метод базований на алгебрі. Порівняємо алгебри чисел і оптимального агрегування:

- алгебра чисел, оператори: сума, добуток, степінь, логарифм, та ін.
- алгебра оптимального агрегування, оператори агрегування структур: паралельна, послідовна, зворотний зв'язок, «виробництво, розвиток» та ін.

Ми порівнюємо алгебри тому, що в завданні даної роботи входить розробка нового бінарного оператора для оптимального агрегування ресурсних структур систем проектів. Цей оператор суттєво складніший поданих вище бінарних операторів оптимального агрегування, однак він повинен відповідати усім вимогам алгебри оптимального агрегування до своїх операторів і операндів.

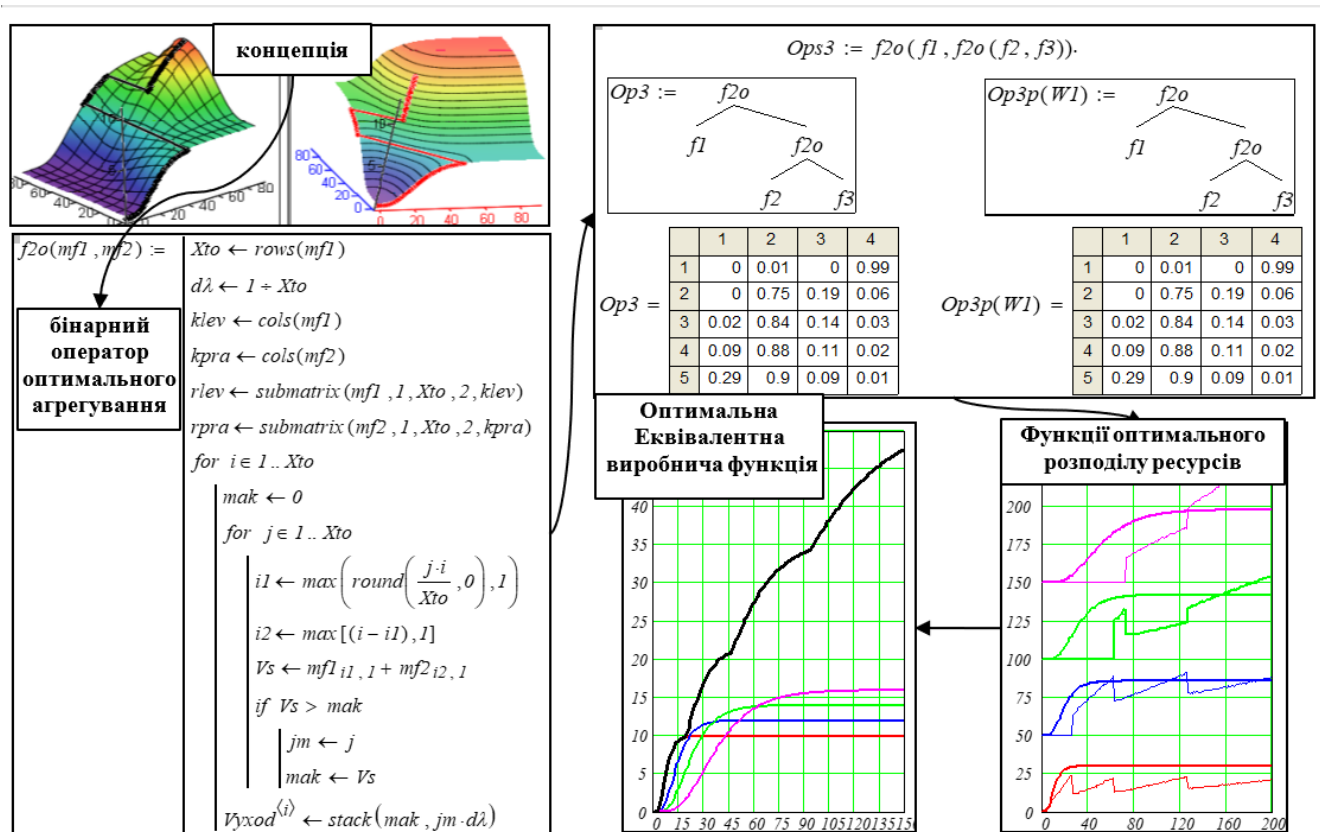


Рисунок 2.2 – Модель оптимального агрегування, M1

На рисунку 2.2 операнди – функції виробництва, з класу функцій «витрати, випуск». В управлінні проектами вводяться функції розвитку: «витрати ресурсу, прирощення виробничих потужностей». Функції розвитку входять в моделі динаміки проекту.

На рисунку 2.3 подано інформаційний комплекс для об'єкту «процес розвитку проекту». Структура комплексу подібна структурі на рисунку 2.2: «центр» –

програмний модуль $KM(F, pr, pd, Tpl)$; нижче – вектор стану проекту і результат роботи програмного модуля – процес виконання проекту; вище аналіз функції Гамільтона і годографа її максимумів. Залежності на графіках функції процесу і функції Гамільтона складні, але коректні: помилка в одній точці одного графіка призводить до «руйнування» усіх графіків та зв'язків між ними.

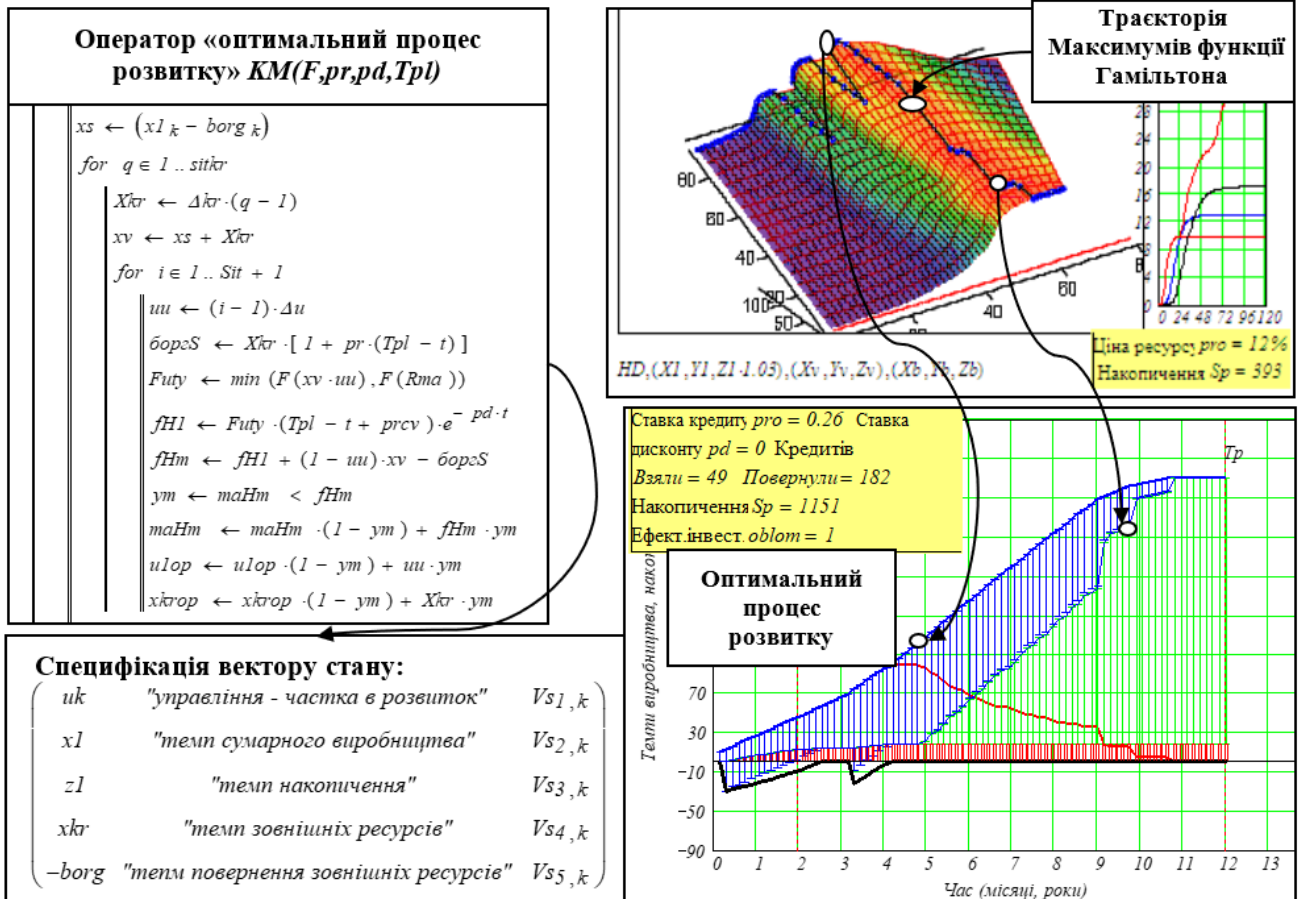


Рисунок 2.3 – Моделі оптимального розвитку, M2 та M3

Схема на рисунку 2.3 не відображує аспектів реалізації оптимального управління. На рисунку 2.4 подано інформаційний комплекс – деталі реалізації оптимального управління проектом. У цьому прикладі виконується тестування функції оптимального агрегування підсистем, одна з яких має ступінчасту функцію виробництва (дискретні продукти). В класичних методах є окремі методи дискретного лінійного програмування.

На нижньому лівому графіку подано функції розвитку (ФР – побудову

виробничих потужностей) підсистем та еквівалентну оптимальну ФР системи. На нижньому правому графіку – балансна форма процесу оптимального розвитку, зручна для якісного (без обчислень) процесу аналізу доходів, витрат процесів розвитку. На верхньому лівому графіку подано схему САУ, на верхньому правому – графіки розподілу ресурсу розвитку між трьома підсистемами. Операції «деагрегування» – розподіл ресурсу виділеного на розвиток між окремими виробництвами. Можемо бачити складний характер розподілу ресурсів протягом процесу розвитку. Класичні методи оптимізації в даному випадку непридатні.

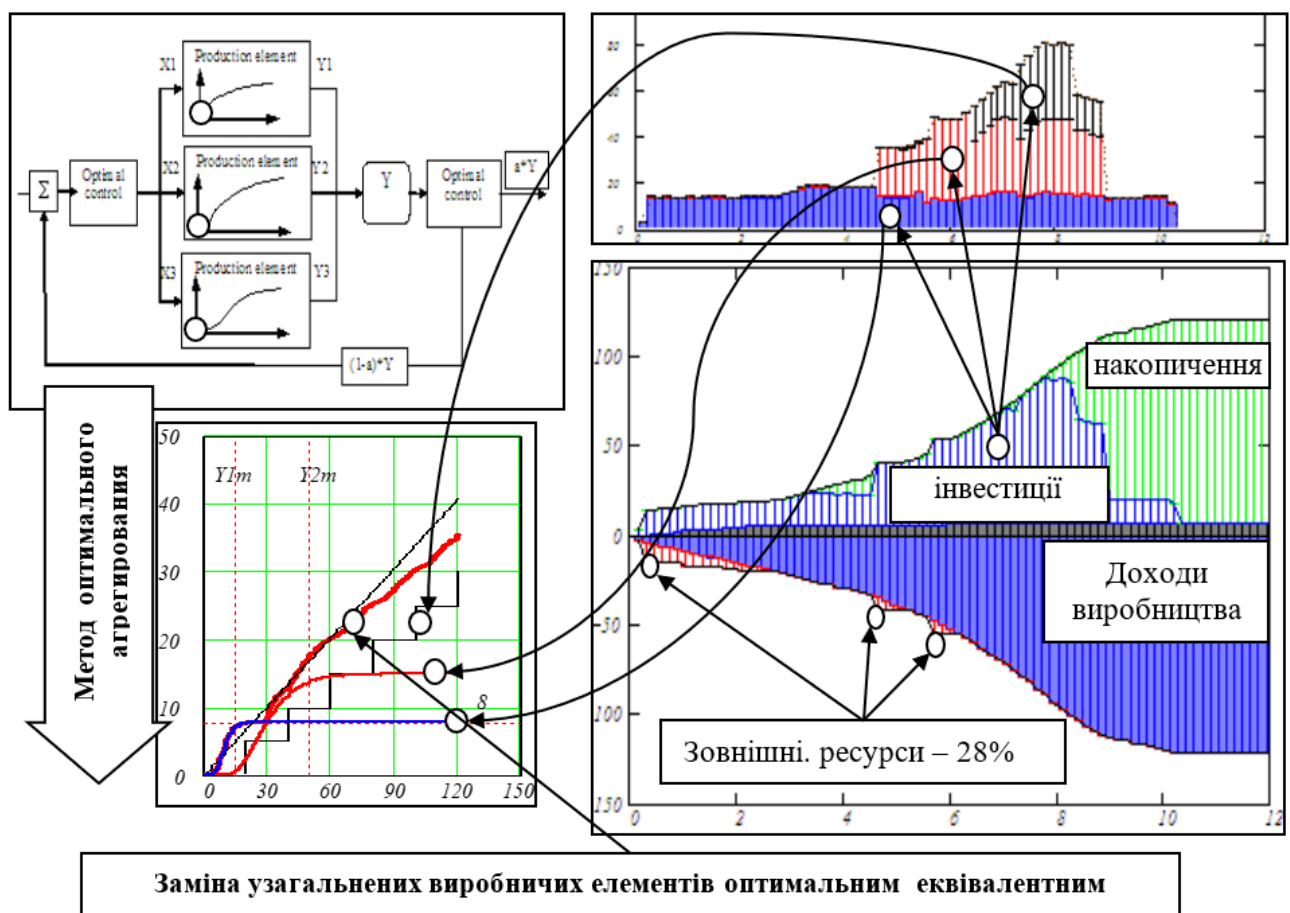


Рисунок 2.4 – Модель M2. Структура моделі «виконання проекту», аналіз оптимальних розподілів ресурсів. Приклад

Перейдемо до аналізу і деталізації моделей Ms1, Ms2 (рис. 2.1), де подано вісім моделей. Для зручності подальшої розробки подаємо спочатку словесні описи модулів, а повні математичні моделі збираємо в один блок на рисунку 2.5.

Урахування ефектів освоєння виробництва. Нашу модель ми розділили на підсистеми: виробництво, розширення і освоєння виробництва. Реальні процеси можна нечітко розділити на:

- освоєння інвестиційне – відносно швидкий процес освоєння встановленого устаткування;
- освоєння виробниче – довгострокове, протягом всього життєвого циклу вдосконалення виробу і виробництва.

У даній роботі враховуємо ефект масштабу виробництва і освоєння.

Урахування потреб і конкуренції. Нескладно зробити модель споживання зошитів, книг, ноутбуків, телевізорів, програм прогнозування. Перехід від одного продукту і одного виробника до декількох вимагає абсолютно інших моделей і моделювання, а самі моделі стають складними – стохастичними, нечіткими.

2.2 Аналіз і обґрунтування рішень з розробки моделей управління системами проектів

Таким чином, на рівні першого етапу прикладного системного аналізу вибрано реально існуючі фактори виробництва і розвитку, ритейлу, ринку та рециклінгу. В пошуку не знайдено задовільних постановок для систем управління системами проектів. Однак ми маємо працездатне рішення задачі оптимального управління проектом розвитку виробництва – алгебраїчного об'єкту «монопроект» (оптимальний процес розвитку). Маємо теоретичне розв'язання оптимальної задачі розвитку і його приклади програмної реалізації.

Тобто ми маємо версії рішення у форматі функції користувача з параметрами. Об'єкти управління виробництва, подані функціями класу «витрати, випуск» суттєво складні, тому детально описуємо їх. Розпаковуємо вихід програм.

Альтернатива 1. Програма повертає масив і три числа:

$Byk^T = (\{7,91\} \ 246 \ 42 \ 74)$; стан $Byk := KMk(Fu, pro + FRAME \cdot 2)$ системи: $Vsk := Byk_1$.

Сумарний прибуток: $Spk := Byk_2$; $Spk = 246$ Взято кредитів $Skrk := Byk_3$

$Skrk = 42$ Виплачено кредитів $vikrk := Byk_4$ $vikrk = 74$.

Альтернатива 2. Так краще: $Bu := KM(Fu, pro)$ Програма повертає таке:

$$Bu^T = (\{7,91\} \ 209 \ 63 \ 126) ; \text{ стан системи: } V_s := Bu_1.$$

Сумарний прибуток: $Sp := Bu_2 ; Sp = 209$ Взято кредитів $Skr := Bu_3 \ Skr = 63$

Виплачено кредитів $vikr := Bu_4$.

Альтернатива 3. Так краще: $Buv := KMv(Fu, pro)$ Програма повертає таке:

$$Buv^T = (\{7,91\} \ 238 \ 39 \ 65) ; \text{ стан системи: } V_{sv} := Buv_1.$$

Сумарний прибуток: $Sp3 := Buv_2 ; Sp3 = 238$ Взято кредитів $Skr := Buv_3 \ Skr = 39$

Виплачено кредитів $vikrv := Buv_4$.

На рисунку 2.5 подано структуру векторів управління, стану і приклад обчислення за програмою КМД:

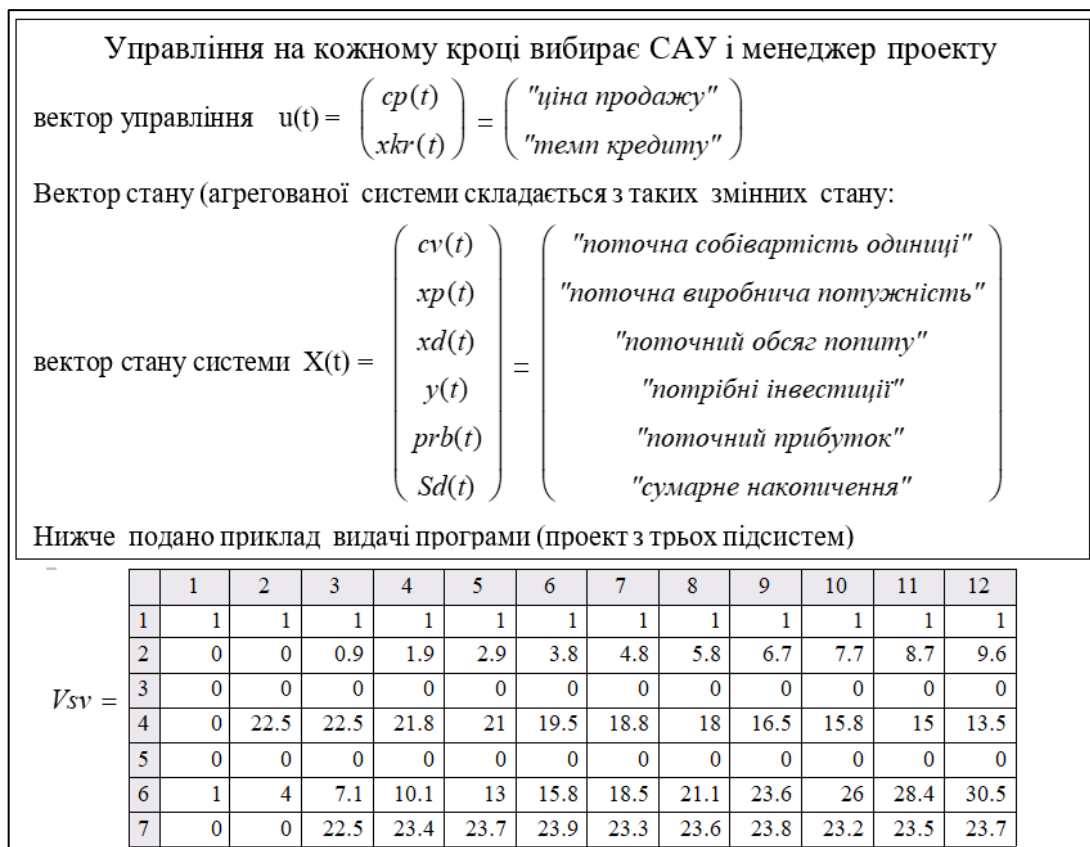


Рисунок 2.5 – Структура і приклад видачі базової програми КМ

Параметризація в програмуванні – поширена форма подання функції користувача. Специфіка результатів оптимального агрегування оптимальних

еквівалентних функцій «витрати випуск» в тому, що в функцію користувача «оптимальне агрегування» вбудовано підпрограму оптимізації розподілу ресурсів. Тому результат виконання операції агрегування буде функцією не тільки від ресурсу системи, а також і параметру. Зрозуміло, що параметризований оператор повинен «бачити» параметр в операндах. Параметри функції користувача $KM()$ вибираються відповідно з призначенням розробки, наприклад, в математичній моделі системи проектів задаємо такий список параметрів об'єкту «оптимальний процес розвитку» (ОПР).

$Kmd(Fa, Vse, Vsi, Tp)$, де:

KMd – ім'я програми моделювання процесу розвитку – функції користувача, яка бере такі параметри:

Fa – вектор, складений з відповідних параметрів функцій виробництва підсистем (вважається, що ці функції вже визначені як функції користувача);

Vse – вектор параметрів зовнішнього середовища, визначений для конкретної моделі (версії чи об'єкту – за призначенням і метою);

Vsi – вектор параметрів внутрішнього середовища, складений з вектора початкового стану і параметрів моделі об'єкту, зокрема, параметрів функції виробництва елементів виробничої системи;

Tp – тривалість процесу виконання проекту;

$vux\ sdox\ skred\ vskrd = KM(Fu, pro, pd, Tp)$, де:

vux – вектор виходу;

$sdox$ – накопичений випуск за період процесу;

$skred$ – накопичена сума взятих зовнішніх ресурсів за період процесу;

$Vskrd$ – накопичена сума повернення зовнішніх ресурсів за період процесу.

Подаємо також означення змінних в математичній моделі і в програмі і моделювання, де вони є елементами вектору vux :

$$v_{ux} = \begin{pmatrix} uk & \text{"управління - частка в розвиток"} & Vs_{1,k} \\ x1 & \text{"темпи сумарного виробництва"} & Vs_{2,k} \\ z1 & \text{"темпи накопичення"} & Vs_{3,k} \\ xkr & \text{"темпи зовнішніх ресурсів"} & Vs_{4,k} \\ -borg & \text{"темпи повернення зовнішніх ресурсів"} & Vs_{5,k} \end{pmatrix} \quad (2.1)$$

Ми детально і предметно і проаналізували модель оптимального розвитку виробничої системи. Робочу модель оптимального розвитку вибираємо як елемент системи проектів. Згадаємо ТАУ: будь-яку лінійну САУ можна подати системою елементарних ланок. Неперервні і дискретні лінійні САУ – цілісний і практично корисний розділ науки, тому що він базується на відповідних перетвореннях і алгебрах: перетворенні Лапласа та Z-перетворенні. Методологія оптимального агрегування теж базована на відповідній алгебрі, однак вона дає суттєво більші можливості для аналізу і синтезу сучасних систем управління.

Головна можливість методів оптимального агрегування – можливість працювати з системами високих розмірностей – агрегувати великі системи без спрощень». Так оптимально агрегована система першого порядку зберігає інформацію про всі елементи і підсистеми в операнді результату агрегування. Структура операндів в оптимальному агрегуванні подібна запису в базі даних. Саме це забезпечує інформаційне забезпечення всіх підсистем великої системи.

Конкретизація задач. У даній роботі важко щось покращувати через відсутність об'єктів покращення – не знайдено аналогів управління системами управління проектами на базі ефективних методів. Після виконаного аналізу і вибору шляхів вирішення проблеми (оптимальне агрегування) маємо конкретні об'єкти покращення:

- модифікація імітаційної моделі оптимальний розвиток багатопродуктової виробничої системи з використанням кредитів до рівня параметризований модуль $Kmd(Fa, Vse, Vsi, Tp)$, назвемо його «монопроект»;

- розробка операторів оптимального агрегування типових структур з монопроектів;

- оптимальне агрегування типових систем проектів.
- розробка моделей часових зв'язків в системі проектів.

Конкретизація нових наукових результатів. У вступі наведені формулювання нових наукових результатів на рівні «що треба зробити». Тепер можемо конкретизувати їх «як це робимо». В першому науковому результаті додаємо в параметризовану функцію $Kmd(Fa, Vse, Vsi, Tp)$ параметр «корекція часу виконання проекту». Управління проектами – область науки і практики з великими обсягами публікацій переважно описово-емпіричного характеру. Математичні основи класичної науки управління проектами – статистичні гаусівські моделі і методи і, нарешті, методи штучного інтелекту.

Дана робота базується на імітаційних моделях функціонування і розвитку виробництва та методології оптимального агрегування, на базі якої вирішуються однокрокові і багатокрокові задачі оптимального управління процесами виробництва і розвитку. В цьому напрямі є результативні напрацювання школи наукового керівника. Однак там розглядається обмежений клас структур проектів: «синхронні» паралельні структури. «Синхронність» означає відсутність затримок в процесах виробництва, очікувань початку робіт в послідовності виконання освоєння, постачання ресурсів, в тому числі фінансових.

Проблеми управління проектами: комплексний проект розвитку збирається з субпроектів з різними темпами витрат розвитку і ринками. «Ранні, малі» субпроекти «фінансують» пізні проекти, вони є автономними, або етапами пізніх і довгих субпроектів. Тобто, на відмінно від аналогів ресурсні структури реальних проектів розвитку виробництва можуть бути структурованими також В ЧАСІ (субпроекти не починається і не закінчується все одночасно) і В ПРОСТОРИ (між субпроектами можуть виникати ресурсні зв'язки). Розглянемо це на конкретному прикладі з аналогів [19-24].

Класичні методи математики аналогічно дозволяють аналітично отримати рішення алгебраїчних, диференціальних, варіаційних задач не вище другого порядку. Все що подано вище – вирішувалось числовими пошуковими методами, для яких існувало «прокляття розмірності» (Р. Беллман). Всі «інтелектуальні методи»

відносяться до пошукових. Для методів оптимального агрегування розмірність, обчислювальні витрати зростають не більше ніж лінійно із зростанням розмірності об'єкту. Виробничу систему з десятків і сотень елементів ціною помірних обчислювальних витрат можна звести до еквівалентної оптимальної функції «витрати, випуск».

Специфіка масштабування моделей проектів на відмінно від класичних методів, якщо задача оптимізації вирішена для об'єкту 2-4 порядку, то для переходу до моделей більшої розмірності треба тільки змінити розмірності масивів: $k = 1 \dots 4 \rightarrow k = 1 \dots 40$. В алгебраїчних виразах нічого не зміниться, обчислювальні витрати зростуть тільки в 3-10 разів.

Розглядаємо такі ресурсні структури і відповідні бінарні оператори оптимального агрегування:

- T1. Послідовні структури, де ранні підсистеми раніше створюють продукт на продаж;
- T2. Послідовні структури, де ранні підсистеми створюють ресурси – матеріали, підсистеми для наступних підсистем;
- P1. Паралельні структури з ідентичних елементів (нарощення виробничих потужностей при не визначеннях);
- P2. Паралельні структури з неідентичних елементів, що створюють комплекс продуктів виробництва.

Приклади: «все для квартири», «все для кухні», комплекти «нове кафе», «малий молокозавод» «вирощування і переробка суниці», «виробництво гарбуз-продукт». В комплекти входить обладнання для всіх фаз користування, або технологічного процесу виробництва.

На базі проведеного аналізу сформульовані конкретні завдання:

- створення параметризованого ресурсного модуля «проект» і ряд типових розподілених в просторі і часі структур систем проектів;
- розробка бінарних операторів оптимального агрегування для об'єктів класу «проект».

- модифікація моделі оптимального розвитку на базі бінарного оператора оптимального агрегування «виробництво, розвиток» [60-63].

Розглянемо детально раціональні структури систем проектів як математичні об'єкти, не будемо заповнювати їх деталями організаційними, кадровими, аутсорсінговими, юридично-фінансовими та ін. Те, що склалося в публікаціях по темі «управління системами проектів» можна назвати «ранньою деталізацією» при відсутності «твердої» математичної платформи [64]. На рисунку 2.6 подано дві схеми – паралельної і послідовної структур проекту схеми для послідовної і паралельної динамічні структур проектів. В центрі рисунку 2.6:

I – послідовність підсистем з основним зв'язком, де головний продукт видає підсистема 3; в нижній частині – вхідні ресурси, що розподіляються на базі оптимального агрегування, в верхній частині – певні технологічні продукти і технології на ринок для інших виробників.

II – паралельна структура, призначена для виробництва продуктів які продаються на ринку як комплект і по елементах комплекту.

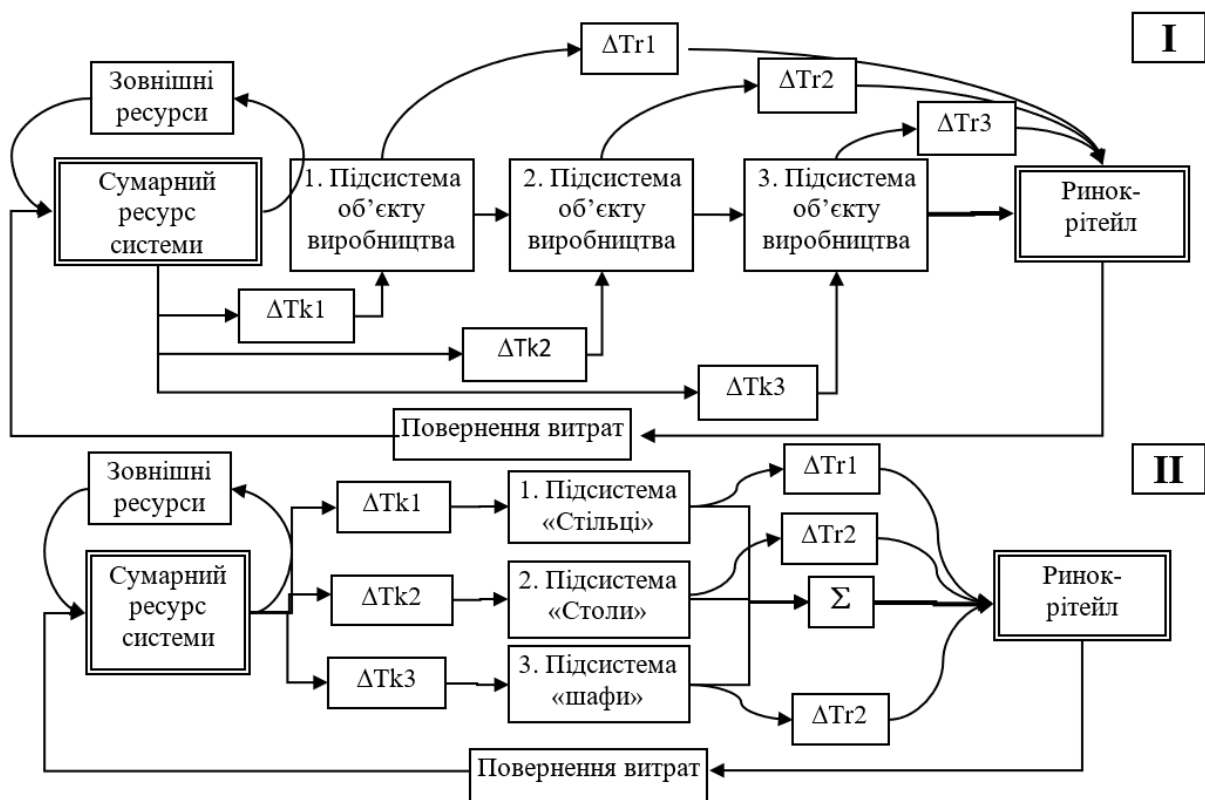


Рисунок 2.6 – Послідовні і паралельні структури проектів

У моделях оптимального агрегування відсутня чітка границя між чисто математичною моделлю і її програмною реалізацією. Тому введено поняття «робоча модель» неформалізоване. Робоча модель з інтерфейсом стає джерелом оперативних і стратегічних знань про властивості та ефективність об'єкту – реально існуючого і віртуального. На перших етапах виконання проектів модель є чисто віртуальною реальністю. Після побудови елементів, підсистем виробничої системи маємо пару «реальна реальність – віртуальна реальність», між якими встановлюються інформаційні зв'язки. Аналіз інформаційних зв'язків подано в [65, 66]. Тобто зв'язок між математичними моделями процесів виконання проектів і реальними проектами не зводиться до передачі даних. В популярних публікаціях цю новацію називають «цифровий двійник» об'єкту.

Конкретизація новизни розробки. У вступі була декларована новизна комплексного проекту. На підставі аналізу і розробки в розділах 1 і 2 можемо конкретизувати новизну. На рис. 2.7 подано схеми розробок – наявних аналогів і даної розробки. Наука і практика управління існують давно, актуальність управління проектами і роль в цьому наукових методів постійно зростають. Однак в 1950-их роках виявився емпіричний ефект: вартість великих проектів виявлялась в сім раз більшою планової, терміни виконання зростали, іноді до нескінченості (закриття проектів).



Рисунок 2.7 – Порівняння нової розробки з аналогами

Методологія оптимального агрегування дозволяє побачити причини багаторазових перевищень термінів і вартості для масштабних та інноваційних проектів. В аналогах різноманітні збої не мають оперативних управлінь для таких ситуацій. Методи оптимального агрегування дозволяють будувати аналітичні адаптивні САУ для ситуацій збоїв (постачань, продаж) і відмов (технологічного обладнання [67]).

Далі виконаємо деталізації розробки систем управління на базі методології оптимального агрегування.

2.3 Інформаційна технологія проектного рішення з розробки управління системою проектів

На базі проведених аналізу і досліджень деталізуємо технологію розробки управління системами проектів як послідовність таких кроків побудови системи:

1. Модель елемента системи проектів – монопроекту.
2. Типові структури систем проектів.
3. Ресурсні зв'язки в структурах та бінарні оператори оптимального агрегування монопроектів.
4. Оптимальне агрегування системи проектів.
5. Формування дворівневої структури оптимального агрегування.
6. Аналіз оптимальних еквівалентних функцій виробництва верхнього і нижнього рівня.
7. Аналіз трьох рівнів оптимального агрегування бінарного дерева оптимального агрегування для системи проектів (I монопроект, II підсистема системи проектів, III система проектів).

Кожному кроку відповідає певна інформаційно технологія побудови моделей виробництва і розвитку відповідних рівнів, результатом якої є відповідні математичні моделі і програмні модулі.

2.3.1 Структура і функції монопроекту

Це перший пункт списку кроків, детально проаналізований в розділах 1 і 2 – «монопроект» що є розвитком рішення варіаційної задачі оптимального розвитку виробничої системи. Стисло – це функції користувача такого формату:

$$(vux\ dox\ skred\ vskrd) = KM(Fu, pro, pd, Tp) \quad (2.2)$$

Права частина виразу – функція користувача KM з параметрами.

Ліва частина – матриця, з якої можна виділити вектор стану, сумарний дохід (критерій), сумарні кредити – «взято» і «повернено». Рядки матриці виходу – кроки обчислення динаміки дискретної моделі монопроекту. Стовпці матриці містять динаміку критерію і розподіли ресурсів між підсистемами монопроекту. Інформація про розподіли може видаватись мінімально між двома підсистемами верхнього рівня агрегування, і максимально для підсистем всіх рівнів. Це називається «історія попередніх агрегувань». В інших стовпцях можуть подаватись дані про поточні параметри функцій «витрати, випуск» відповідних підсистем.

Тобто, структурі виходу передбачено, що елементи системи можуть розвиватись – змінювати виробничу потужність, ефективність, точність, надійність [16-18]. Результат розрахунку певного процесу оптимального розвитку відображується матричною структурою, з якої можна виділяти додані для довільного елемента монопроекту в довільний момент часу процесу розвитку.

Параметри правої частини:

Fu – вектор функцій «витрати, випуск» що входять в монопроект;

pro – ставка кредитів зовнішніх (для системи проектів) ресурсів;

pd – ставка дисконтування грошових потоків;

Tp – тривалість монопроекту.

Ставка дисконтування pd – стандарт економіки (фінансові ресурси без використання обезцінюються).

Тривалість проекту Tp – головний пункт новизни даної розробки, а саме розробка методів моделей і програм управління часом виконання окремих монопроектів і системи проектів в цілому. Якщо створити ефективний і раціональний метод управління часом проекту, тоді відпадуть проблеми

узгодження монопроектів системи в часі. Відомі такі альтернативи управління часом виконання: термінальне управління, управління на базі зворотних моделей динаміки. Однак, ці методи не тільки складні, але і чутливі до невизначеностей і збурень.

Оптимізація в монопроекті двох ступенева:

1. Перша ступінь оптимізації монопроекту – оптимальне агрегування ресурсної структури монопроекту. В результаті ми змінюємо багатовимірний об'єкт оптимальним еквівалентним одновимірним. Отримана одновимірна функція «витрати, випуск» є еквівалентним замінником багатовимірної ресурсної системи.

2. Друга ступінь оптимізації монопроект – рішення варіаційної задач розвитку методом принципу максимуму. Суть варіаційної задачі розвитку: оптимальний розподіл ресурсу монопроекту між «виробництвом» і «розвитком» в кожен момент часу виконання монопроекту. Коротко – оптимальний розподіл поточного ресурсу системи в просторі і часі.

2.3.2 Типові структури для систем проектів

Згідно завданням розглядаємо два класи бінарних ресурсних структур – паралельну і послідовну. Такі структури досліджені для випадку виробничих систем, елементи яких працюють синхронно. Необхідно також модифікувати ці структури для випадків асинхронних структур в системах проектів. Схеми таких структур для систем проектів подані на рисунку 2.6.

2.3.3 Ресурсні зв'язки в структурах та бінарні оператори оптимального агрегування монопроектів

На рисунку 2.8 – екстракція ОЕФВ з монопроектів та формули агрегування.

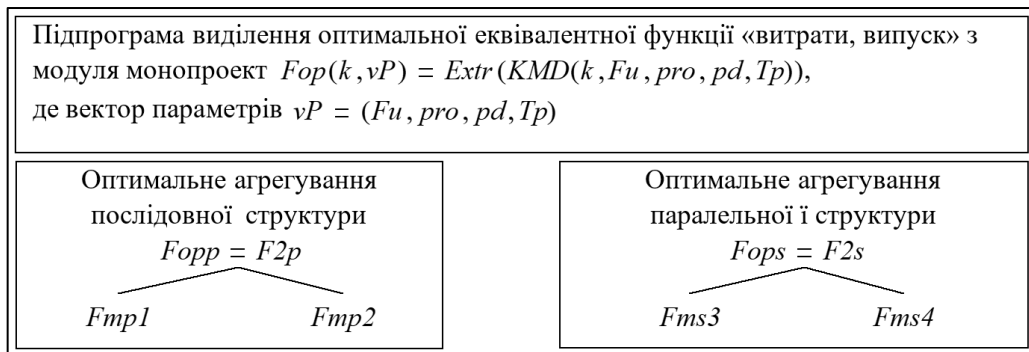


Рисунок 2.8 – Операції оптимального агрегування монопроектів

Результати поданих бінарних операцій оптимально агрегування – алгебраїчні об’єкти класу ОЕФВ, тобто оптимальний розподіл ресурсу на виробництво, розвиток і управління часом для кожного елементу системи

Приклади тестової системи проектів і тестування відповідних програмних модулів в розділі 3.

2.4. Розробка дворівневої системи оптимального агрегування для системи проектів і управління часом виконання

Розробка ІУС на базі методів оптимального агрегування має два рівні:

1. Розробка комп’ютерно-інтегрованих систем на базі існуючих (розроблених) бінарних операторів оптимального агрегування певних класів ресурсних технологічних систем і відповідної алгебри (наявність асоціативності, комутативності, існування зворотних операторів);

2. Розробка комп’ютерно-інтегрованих систем для випадків, коли потрібну алгебраїчну платформу для оптимального агрегування ще треба створювати. В даному комплексному проекті має місце подібна ситуація. На рисунку 2.9 подано структуру розробки.

Отримане рішення математичної і програмної задачі управління системами проектів є новим і досить складним. Тому, як певний підсумок подаємо узагальнену лінгвістичну схему. Стрілки – інформаційні потоки між рівнями.

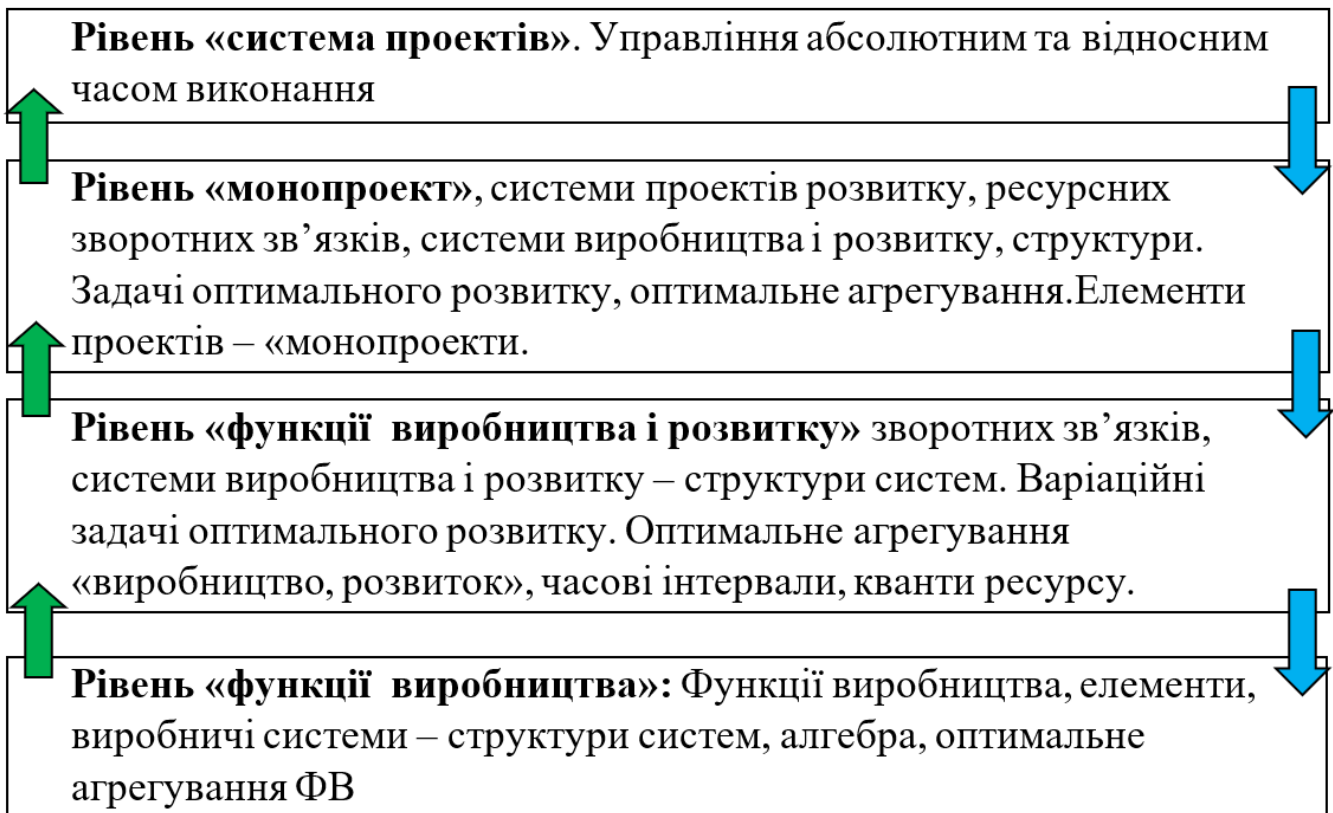


Рисунок 2.9 – Оптимальне агрегування системи проектів і управління системами проектів

2.5 Розробка моделі управління часом виконання монопроектів

Визначимо часові і ресурсні зв'язки системи проектів перевіримо на тестовій системі з трьох монопроектів $i = 1 \dots 3, j = 1 \dots 3$ (рис. 2.6) відповідними матрицями:

$Mtin_{i,j}$ – матриця «входів» від інших монопроектів, $Mtot_{i,j}$ – матриця виходів до інших монопроектів.

Згідно з завданням розробка управління системами проектів є, подібно автопілоту, підлаштовується на конкретну систему проектів. Ця процедура набагато складніша від налаштування автопілоту, але може бути повністю формалізованою тому, що методи оптимального агрегування базуються на «породжуючих механізмах» для всіх функцій класу «витрати випуск» від верстату 3Д-прінтера до лінії виробництва біодизелю та ін. Коли ці функції вже задані

математичними моделями, процес налаштування системи управління проектами може бути автоматизованим.

Узагальнений зміст зв'язків:

- передача певних ресурсів, чи продуктів виробництва в заданий момент (інтервал) часу та в заданому обсязі;
- отримання певних ресурсів, чи продуктів в заданий момент часу в заданих обсягах.

Вибір управління часом закінчення проекту. Згідно завданню розглядаємо тільки один аспект управління часом в процесах взаємодії монопроектів. Тобто, потрібна система, що забезпечує синхронізацію контактів. Вибрані методи управління дозволяють реалізувати такі способи:

- регулювання поточного стану, зменшення чи збільшення потоку вхідних ресурсів монопроекту; імітаційна модель динаміки дозволяє реалізувати це як систему зі зворотним зв'язком;

- управління кінцевим станом – моментом закінчення проекту: $KMD(k, Fu, pro, pd, Tp + \Delta T)$. Змінюємо параметр T – тривалість проекту для забезпечення. Не так давно це була занадто складна задача оптимального розвитку. Тепер ми маємо і використовуємо її рішення [24].

Висновки до розділу 2

У даному розділі розроблено математичну модель управління системами проектів з урахуванням ресурсних і часових зв'язків. Розробка базується на напрацюваннях керівника і кафедри в області оптимального управління проектами розвитку на базі оптимального агрегування. Розглянуто дві альтернативи моделей: на базі рішення варіаційної задачі розвитку методом оптимального агрегування та на базі оптимального агрегування структури «виробництво, розвиток».

На базі аналізу обґрунтовано концепцію елемента системи проектів – «монопроект», що реалізується як функція користувача, що містить в собі два рівні оптимізації: оптимальне агрегування ресурсної структури «монопроекту» і максимізацію функції Гамільтона для одновимірного об'єкту – оптимальної еквівалентної функції розвитку. Це дозволяє будувати інформаційно ефективну дворівневу децентралізовану систему управління проектами. Запропоновано оптимальне агрегування монопроектів системи.

Виконано розробку відповідної ресурсної та інформаційної структур на базі модифікованих операторів оптимального агрегування системи монопроектів. Вибір методології оптимального агрегування структур великих і складних систем, обумовлений тим, що проблема багатовимірної оптимізації замінюється системою одновимірних задач оптимізації. Визначені потрібні програмні модулі системи управління проектами.

3 ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМ ТА АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ МОДЕЛЮВАННЯ

У 1 та 2 розділах був проведений аналіз аналогів і прототипів з управління проектами. Виділена підмножина аналогів базованих на твердій математичній основі – теорії динамічних систем та варіаційному численні. Вибрано ефективні методи оптимізації систем класу «витрати, випуск» довільної розмірності і з довільними монотонними характеристиками. Використання методу прямого перебору в методах оптимального агрегування не дало можливості застосувати інтелектуальні методи.

Програмні модулі даної розробки, за виключенням модулів динаміки процесів функціонування і розвитку об'єктів є алгебраїчними формами. Згідно завданню (розробка загальної математичної моделі системи проектів). Для всіх програмних модулів подається опис структур входів і виходів та зміст матрично-векторних операцій.

3.1 Модуль «оптимальний процес функціонування і розвитку монопроекту»

Об'єкт «монопроект» базується на «відкритій» множині версій програм функціонування і розвитку виробничих систем. Термін «відкрита» означає постійне поповнення новими, природно покращеними версіями. Напрями покращення: повнота відображення процесів, перетворення ресурсів у виробничі потужності та продукти виробництва. Новий напрямок розширення множини моделей – «екологічне замикання» виробничого циклу: ефективні ритейл і рециклінг. Моделі даного комплексного проекту повинні інтегруватись з новими версіями, що саме забезпечує ресурсний підхід. Поняття «імітаційна модель» по різному сприймається спеціалістами і практиками. Для практиків це «цифрова копія», на якій можливо дешево, швидко і безпечно виконувати все необхідне при створенні реального об'єкту.

3.1.1 Структура даних входу і виходу

Об'єкт «монопроект» вибрано елементом системи проектів, виходячи з можливостей вибрано як базу до побудови систем управління системами проектів.

Розглянемо структуру і функції. Монопроект – програмна система для обчислення оптимальних процесів розвитку виробництв. Сьогодні напрацьовано більше 5-ти версій рішення варіаційної задачі розвитку, версії для аналізу кредитів і ринків, а також версій моделей ринків [30, 31]. Спільне у версіях – функціональні модулі.

- Модуль «оптимальне агрегування» ресурсної структури «монопроекту» (статика функції часу);
- Модуль «кредити»;
- Модуль «ринки»;
- Модуль функція Гамільтона (для оптимально агрегованого об'єкту);
- Модулі введення-виводу та вводу-виведення;
- Модулі «що буде якщо» та ризик-аналізу;
- Модулі статистики та ін.

Операції: розпаковка результатів розрахунку оптимального агрегованого процесу систему рівнянь в динаміку системи (для змінних стану і параметрів); віртуальна статистика підсистем і системи в цілому. Вихід монопроекту – процес функціонування і розвитку параметризований. На рис. 3.1 приклад оптимального агрегування. Подані робочі формули, дорисовані тільки великі стрілки.

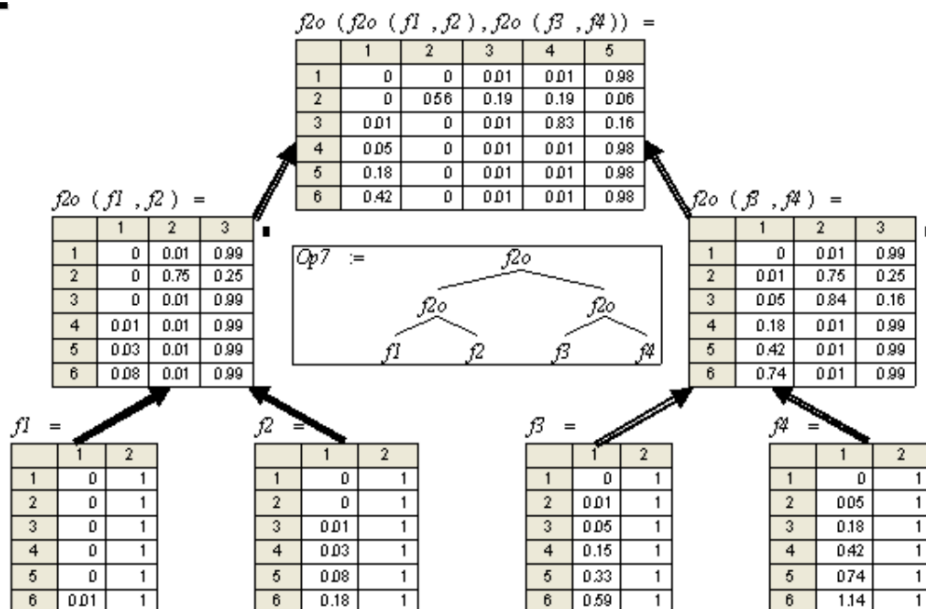


Рис. 3.1 – Оптимальне агрегування в числах

На рис. 3.2 подані відповідно кожній таблиці на рис. 3.1 графіки функцій «витрати, випуск» для ресурсної структури монопроекту. Також подані графіки оптимальних розподілів для кожного елементу.

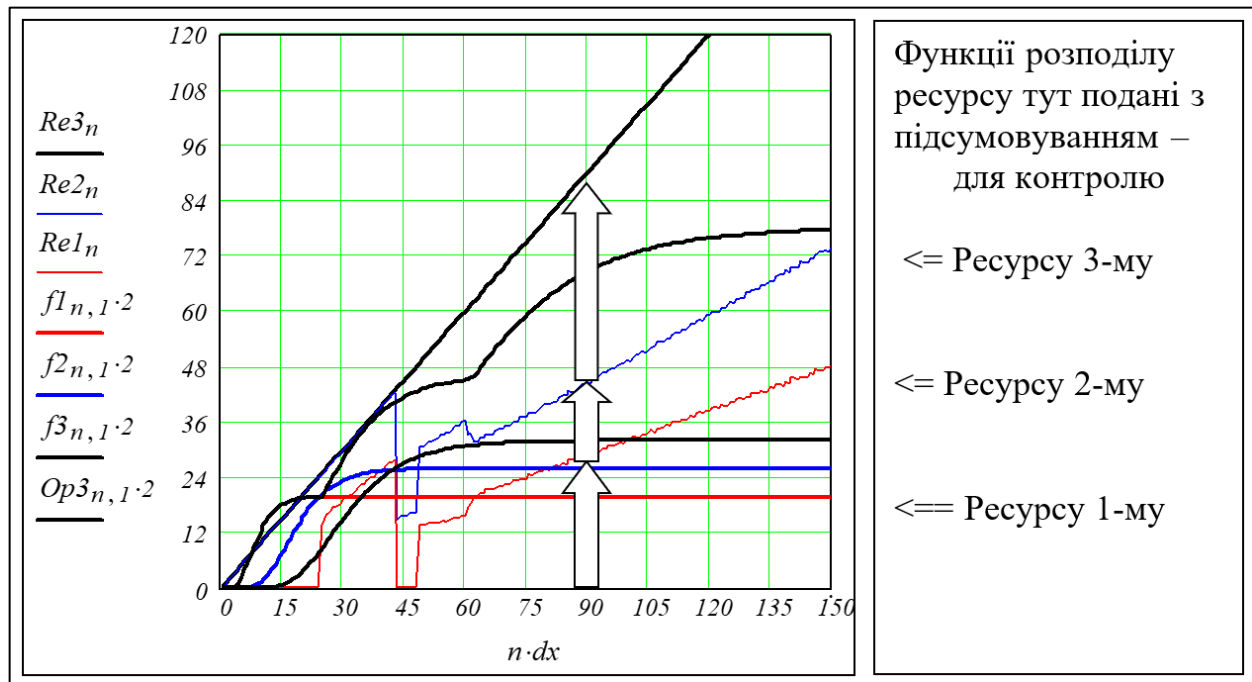


Рисунок 3.2 – Оптимальне агрегування в графіках

Продовжимо аналіз математичної моделі «монопроект». З позицій класичної науки об'єкти досліджень комплексного проекту відносяться до нелінійних і нестационарних динамічних систем з параметричними зв'язками (ресурси витрачаються не тільки на виробництво кінцевих продуктів, а також на виробництво засобів виробництва – виробничих потужностей). Важливим компонентом сучасних проектів є інновації, що є не матеріальним, інформаційним, а інтелектуальним продуктом. Таким, що має корисну новизну. Нагадаємо, що в методах оптимального агрегування відсутня необхідність у вимогах лінійності, стаціонарності (незмінності параметрів динамічних систем). Однак, об'єкти оптимального агрегування вимагають розробки сервісних алгебраїчних методів обробки первинних результатів обчислень у модулі «монопроект».

Розглянемо структуру і функції монопроекту. Це програмна система для обчислення оптимальних процесів розвитку виробництв. Сьогодні напрацьовано

більше 5 версій рішення варіаційної задачі розвитку, версії для аналізу кредитів і ринків, а також версій моделей ринків.

Базові модулі системи «монопроект»:

- Модуль «оптимальне агрегування» (статика функції часу).
- Модуль «кредити».
- Модуль «ринки».
- Модуль функція Гамільтона (для оптимально агрегованого об'єкту).
- Модулі введення-виводу.
- Модулі «що буде якщо» та ризик-аналізу.
- Модулі статистика віртуальної реальності.

Операції системи «монопроект»:

Операції над структурами даних:

- дезагрегування – перехід від ОЕФВ до ФВ елементів;
- отримання систем рівнянь динаміки елементів;
- параметризація оптимально агрегованих систем;
- віртуальна статистика вихід монопроекту.

У розділі 2 розглянуто загальні теоретичні питання структури і функцій монопроектів. Також виявлено необхідність створювати спеціалізовані математичні моделі оптимального розвитку. Зокрема, були створені моделі «стратегія розвитку», «цінова стратегія», «управління кінцевим станом», «кредитні стратегії».

У даному розділі виконуємо тестування однієї з версій програмного модуля «монопроект» – $KM(Fu, pr, pd, Tp)$ – функція користувача з параметрами:

F – результат оптимального агрегування ресурсної структури монопроекту, в тексті модуля він записується як дискретизована функція номера кроку $Fu(ndx)$;

pr, pa – ставки кредиту та дисконтування;

Tp – тривалість проекту. Приклади оптимального агрегування подані на рис. 3.1 та 3.2.

Тривалість проекту Tr – ключовий параметр у рішенні варіаційної оптимального розвитку. Вихід програмного модуля $Vy := KM(Fu, pro, pd, Tr)$ – матриця і вектор:

Розпаковуємо: $Vy := KM(Fu, pro, pd, Tr)$. Програма повертає масив і три числа: $Vy^T = (\{5.100\} 132.75 120.6 180.26)$. Вектор стану системи: $Vs := Vy_1$. Сумарний прибуток: $Sp := Vy_2; Sp = 132.75$. Взято кредитів: $Vy_3 = 120.6$. Виплачено кредитів Vy_4 . Кількість кроків і період моделювання. Крок моделювання $Dt := \frac{Tr}{Kk}$. Специфікація вектору стану:

	50	51	52	53	54	55	56	57
1	1	1	1	0.98	0.95	0.9	0.88	0.85
2	75.54	76.72	77.92	79.12	80.32	81.5	82.68	83.85
3	0	0	0	1.05	2.16	4.43	5.69	7.01
4	0	0	0	0	0	0	0	0
5	-35.97	-35.97	-35.97	-35.97	-35.97	-35.97	-35.97	-35.97

Специфікація вектору стану:

uk	"управління - частка в розвиток"	$Vs_{1,k}$
$x1$	"темп сумарного виробництва"	$Vs_{2,k}$
$z1$	"темп накопичення"	$Vs_{3,k}$
xkr	"темп зовнішніх ресурсів"	$Vs_{4,k}$
$-borg$	"темп повернення зовнішніх ресурсів"	$Vs_{5,k}$

Рисунок 3.3 – Структури даних результатів обчислень

3.2 Розробка модулів управління часом виконання

У даному комплексному проекті поставлена задача управління часом виконання проектів та їх підсистем.

Аналіз постановок задачі управління. В роботах, прямих аналогах (прямий аналог не тільки за ключовими словами але і за змістом) не розглядалися задачі управління часом. Власне розглядалися дві варіаційні задачі:

- для заданої тривалості проекту T_p технологічна система «виробництво, розвиток» повинна отримати максимум критерію "накопичення" $K(T_p)$.

- для заданої тривалості процесу T_p повинна перейти з початкового стану S_0 перейти в стан $S(T_p)$ так, щоб отримати мінімум критерію «витрати ресурсу на перехід» $K(T_p)$ був мінімальним.

Розглянемо з аналогічних позицій типові постановки задачі управління часом виконання проекту. В рамках монопроекту інтерпретації управління часом можуть бути такими:

- синхронізація паралельної структури;
- синхронізація елементів послідовної структури.
- Головне гасло сучасних конвеєрних систем «точно в термін, не раніше і не пізніше».

Пам'ятаємо, що масштаби часу роботи збирального конвеєра і його будівництва мають різні порядки. Згадаємо, як розробляються САУ в рамках класичних методів аналізу і синтезу автоматичного управління: маємо лінійне матрично-векторне рівняння динаміки об'єкту, рівняння регулятора, в загальному вигляді яке ще треба визначити (обчислити):

$$\text{Об'єкт } X_k = A \cdot X_{k-1} + B \cdot U_{k-1}, \text{ регулятор } U_k = F_s(A, B, U_{k-1}).$$

Ми маємо занадто складний і великий об'єкт монопроект, однак це імітаційна модель з двічі оптимальним управлінням: поточним станом (оптимальне агрегування) і майбутнім станом (метод принципу максимуму).

Запишемо проаналізований вище вираз – це оптимальний процес функціонування і розвитку $V_u := KM(F_u, pro, pd, T_p)$. Бачимо шлях до побудови системи управління часом закінчення проекту: обчислення декілька процесів з різними параметрами ефективності, рішення системи рівнянь для визначення управління.

На рис. 3.4, 3.5 подано приклад тестування функції «управління часом» подано – процеси з однаковим кінцевим станом, але різними потрібними моментами закінчення проекту – 12, 10, 6 місяців.

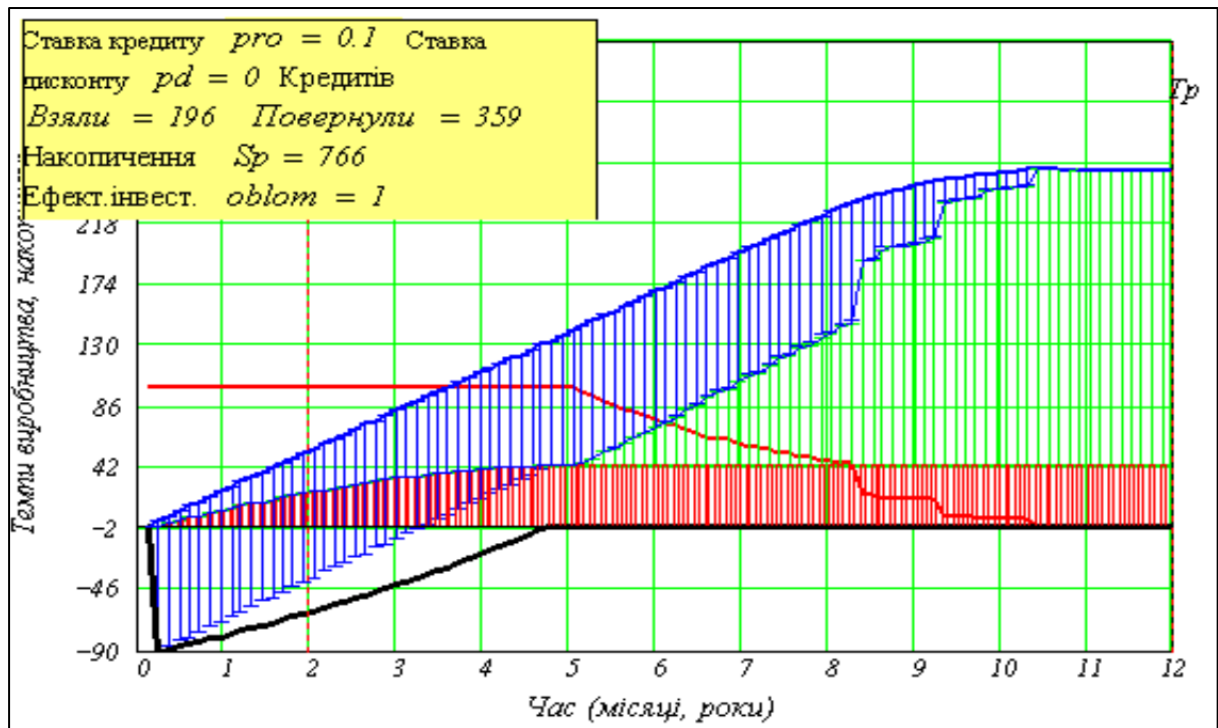


Рисунок 3.4 –Управління часом виконання проекту. Тестування модуля «управління часом виконання»

На рисунку 3.5 подано разом обчислення двох процесів – 10 і 6 місяців. Бачимо однакові кінцеві стани. Прискорення виконання процесів вимагає збільшення ефективності технологічних процесів, зменшення ставок кредитів та ін., чим саме займається менеджер проекту. Згідно завданню перевірили працездатність нової моделі, що є одним з пунктів новизни роботи.

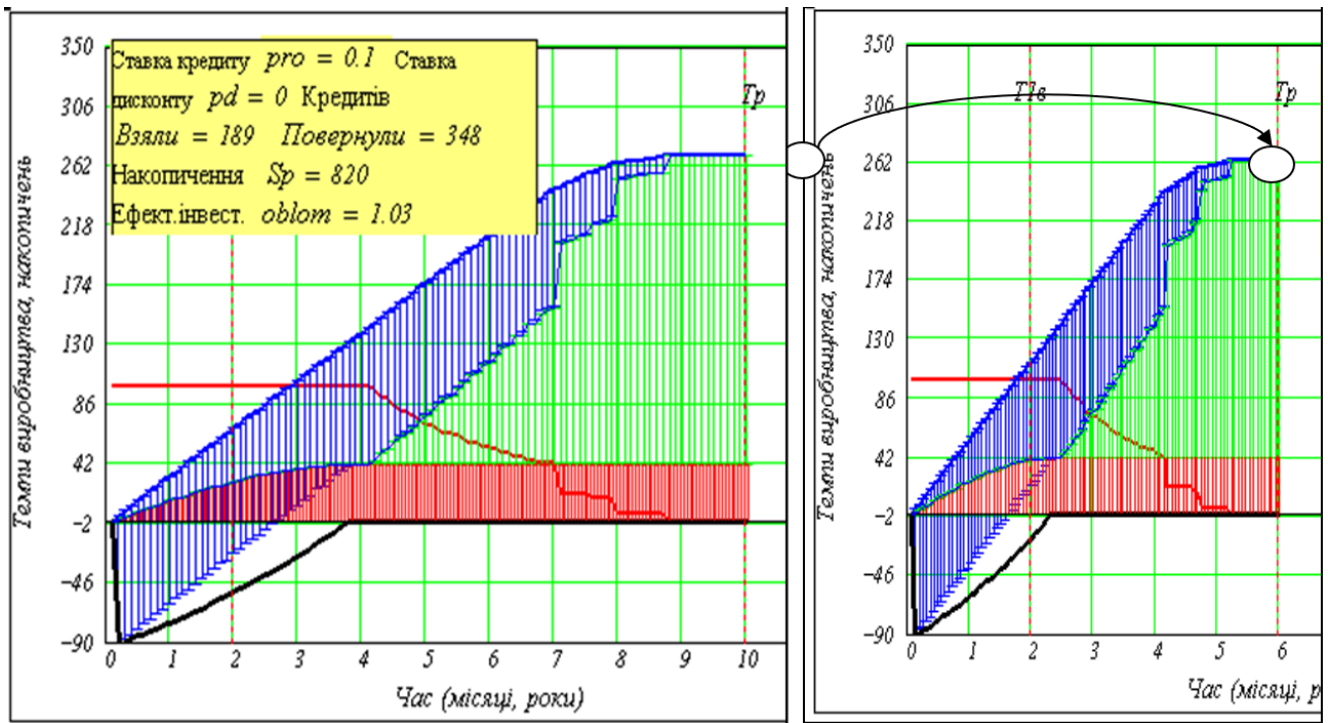


Рисунок 3.5 – Задача управління часом виконання проекту. Аналіз оптимальних процесів в компонентах монопроекту

Процеси класу «монопроект» мають ряд незвичних властивостей. Ці властивості базуються на подвійній оптимальності процесів – в просторі (оптимальне агрегування) і в часі (оптимальний розвиток). На рис 3.4, 3.5 подано процеси з різним часом виконання і незмінним кінцевим станом. А забезпечення потрібного стану досягається відповідними змінами параметрів моделі монопроекту, що впливають на ефективність процесів виробництва і розвитку.

На рис. 3.6 в лівому стовпці подано процеси з різною тривалістю – при інших незмінних параметрах результат очевидний – за менший час маємо менше накопичення. В правому стовпці – процеси однієї тривалості, однак нижній – з кредитами. Це альтернатива розробленому методу управління часом виконання за рахунок підвищення ефективності. Зауважимо, що для роботи з суттєво нелінійними системами – візуальний контроль необхідна умова розробки.

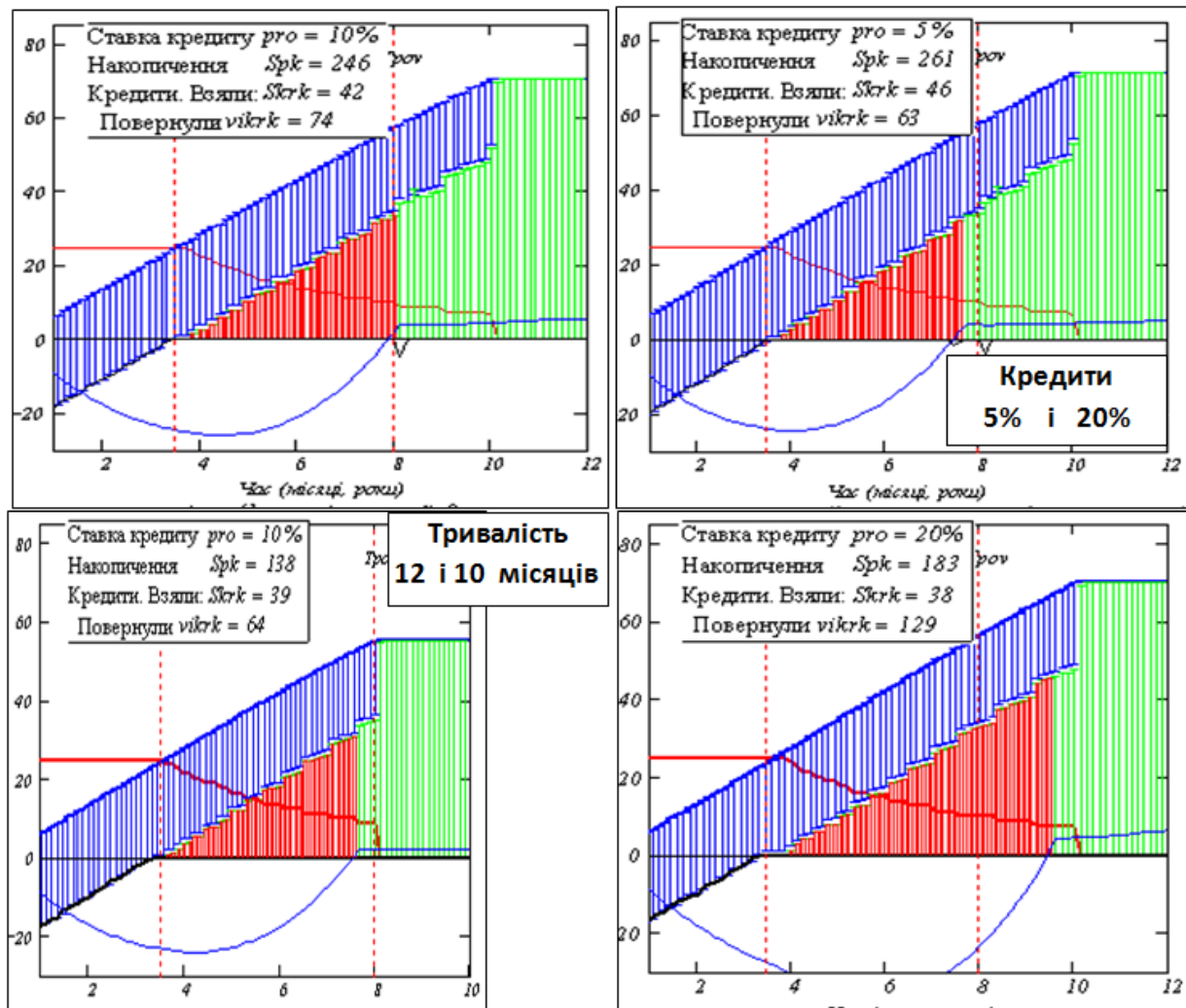


Рисунок 3.6 – Тестування модуля «монопроект» варіація тривалості проекту розвитку при незмінній моделі функціонування і розвитку

Проаналізуємо задачі аналізу об'єкту «монопроект» подані на рис. 3.5 і 3.6. Маємо задачі управління часом виконання проекту Tr – від початку до певного «планового закінчення проектно-будівельної стадії до чисто виробничої – випуску цільової продукції проекту. Аналітичне рішення таких задач – складна задача теорії чутливості. В даній роботі ми маємо імітаційну параметризовану модель об'єкту монопроект $Vy := KM(Fu, pro, pd, Tr)$, з параметрами «оптимально агрегована ресурсна структура» – Fu , відсотки кредитів і дисконту – pro , pd , тривалість проекту – Tr . Поданий список параметрів можливо розширювати, модифікувати. Процеси, подані на рис. 3.5, 3.6 – база для розробки і обґрунтування нового наукового результату - методу управління часом виконання проекту.

3.3 Дезагрегування: аналіз процесів в елементах агрегованої структури

Оптимальне агрегування не тільки дає оптимальне рішення задачі нелінійного програмування, але також створює ефективну інформаційну структуру – бінарне дерево оптимального агрегування (ДОВА) комплексному проекту поставлена задача управління часом виконання проектів та їх підсистем.

Згідно з завданням інформаційна властивість структур ДОВА розглядається в другій частини даного комплексного проекту. В даній частині наводимо приклади тестування процесів з різними структурами підсистем.

На рис. 3.7 у верхній частині подано графіки розподілу ресурсу розвитку між трьома підсистемами: спочатку ресурси даються усім трьом, пропорційно їх виробничим потужностям, далі відключається найпотужніший елемент, потім другий та третій. У нижній частині подано графіки функцій розвитку підсистем, а на них по осі часу процесу подано траєкторії рівня завантаження підсистем.

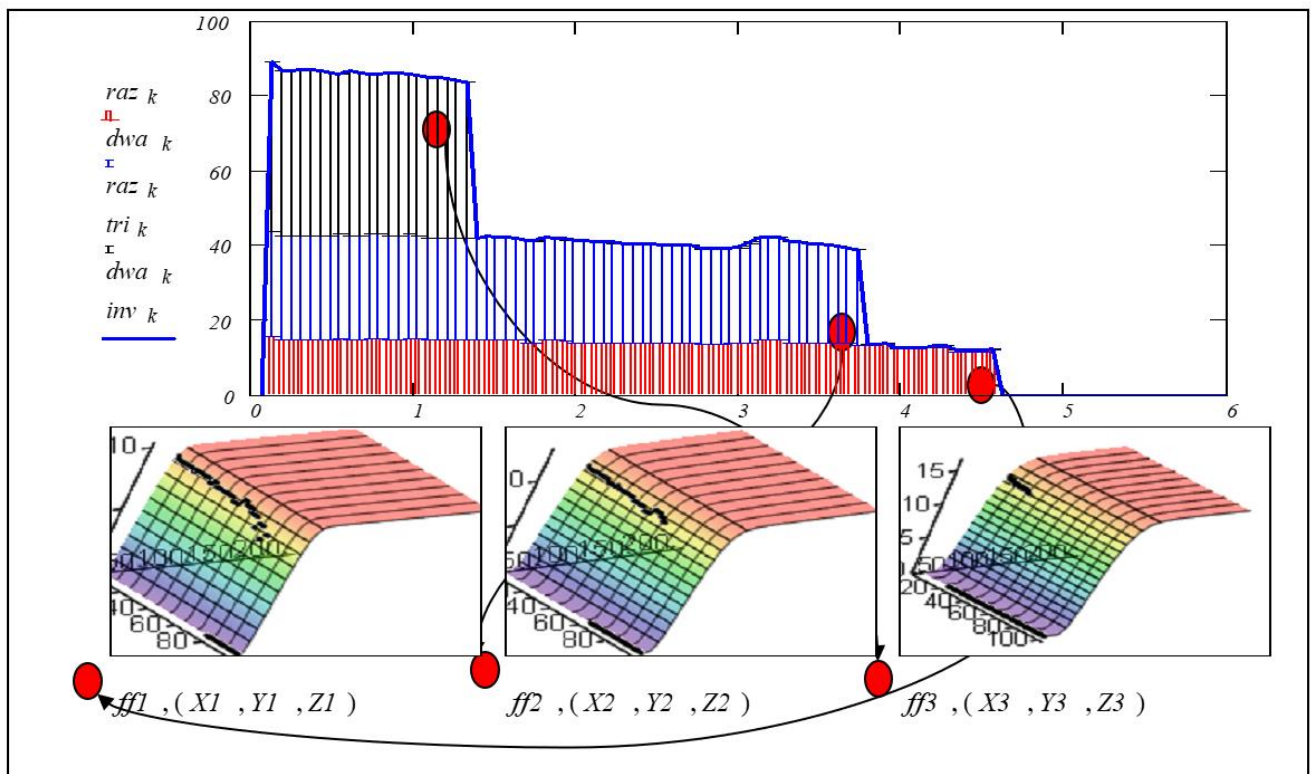


Рисунок 3.7 – Аналіз оптимальних процесів в компонентах монопроекту

Бачимо: функції розвитку кусочно-лінійні, модуль оптимального агрегування вибрав оптимальні рівні і тривалості завантаження. Тобто, бачимо, що модуль оптимізації обробляє коректно довільні нестрого монотонні функції «витрати, випуск».

На рис. 3.8 подано розподіл ресурсу розвитку між трьома підсистемами. Верхні графіки для випадку увігнуто-випуклих функцій розвитку, нижні графіки для випуклих функцій. Виникає питання, чому такий складний характер графіків у верхній частині рисунку? Відповідь: це результат оптимального розподілу ресурсу між трьома підсистемами, які мають складні нелінійні функції «витрати, випуск».

Друге питання, чим обумовлені «зубці» на графіках в нижній частині? Відповідь: це тестування алгоритму оптимізації методом прямого перебору. Це не летальна, а повчальна, і лише трохи небажана особливість. Простіший метод усунення – зменшити крок обчислень.

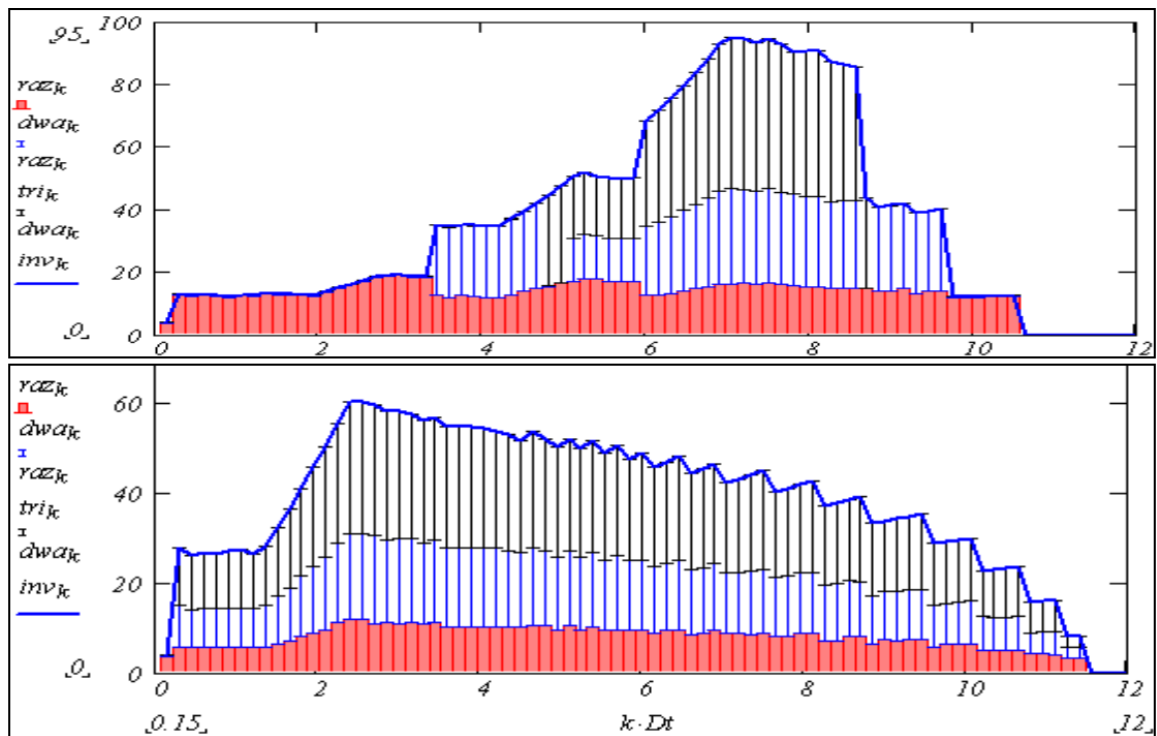


Рисунок 3.8 – Аналіз оптимальних процесів в компонентах монопроекту

На рис. 3.9 подано версію модуля, що «екстрагує» з моделі «монопроект» розподіли ресурсів для підсистем «виробництво, розвиток». Тобто, головний

модуль виконує оптимізацію для оптимально агрегованої системи. Це версія, в якій для детального поелементного аналізу використовується окремий модуль екстрагування.

Ми обчислили оптимальне управління для еквівалентної агрегованої системи. Тепер треба виконати певним чином зворотну операцію дезагрегування – обчислити, скільки саме припадає кожному окремому виробництву з того, що на кожному кроці виділяється в розвиток згідно оптимальній стратегії. Словесно це описується так: беремо поточне (абсолютне) значення ресурсу, визначаємо найближче дискретне значення (індекс) вектор-функції оптимального розподілу ресурсу і множимо її компоненти (відносні частки) на значення ресурсу. Останній рядок модуля – векторизація – виконання операції над усіма параметрами векторів.

$OpDr(opa, invr) :=$	$N \leftarrow cols(opa)$ $ops \leftarrow submatrix(opa, 1, Kto, 2, N)^T$ $for\ k \in 1..Kk$ $\left \begin{array}{l} ind \leftarrow \min[\max[\text{round}[(invr_k \div dx), 0], 1], Kto] \\ rore^{(k)} \leftarrow ops^{(ind)} \end{array} \right.$ $stm \leftarrow invr$ $for\ q \in 2..N-1$ $stm \leftarrow augment(stm, invr)$ $drdr \leftarrow \overrightarrow{(stm \cdot rore^T)}$ $drdr$
----------------------	--

Нижче подано масиви (перші рядки) – входи і вихід програми

$Op3 =$

	1	2	3	4
1	0	0.01	0	0.99
2	0	0.75	0.19	0.06
3	0.02	0.84	0.14	0.03
4	0.09	0.88	0.11	0.02

$inv =$

	1
1	0
2	99.32
3	97.55
4	96.83

$OpDr(Op3, inv) =$

	1	2	3
1	0	0	0
2	17.38	31.55	50.39
3	17.07	31.39	49.09

Рисунок 3.9 – Модуль для аналізу по елементних розподілів ресурсів розвитку в монопроекті

На рис. 3.10 подано порядок отримання оптимального управління часом виконання монопроекту.



Рисунок 3.10 – Порядок отримання значень параметрів монопроекту, що забезпечують потрібні час і стан закінчення певного проекту з системи проектів

Подано саме порядок рішення, а не програмний модуль з таких причин:

- велика кількість альтернативних варіантів вибору управлінь – параметрів моделі монопроекту;
- достатня кількість вбудованих в математичні пакети варіантів рішення нелінійного рівняння для визначення потрібних параметрів;
- необхідність аналізу і побудови моделей галузевої специфіки проекту;
- це тема подальших досліджень з управління системами проектів.

3.4 Побудова моделей монопроектів з урахуванням ризиків

Сьогодні найважча і не розроблена в усьому світі проблема – оцінка ризиків регіональних, державних і глобальних проектів при надлишках видатних вчених,

що пропонують нейроінтелектуальні рішення цієї проблеми. Рішення які є результативними, [53, 67] базуються на важких через їх відсутність понять. У даному комплексному проекті поставлені базові задачі оптимального управління системами проектів. Моделі ризиків – теми наступних досліджень.

На рис. 3.11 подано базовий приклад – оптимальне агрегування системи з параметром, а саме стохастичним елементом. Бачимо дві реалізації операції оптимального агрегування. Можливі інтерпретації: збурення, похибки вимірювань.

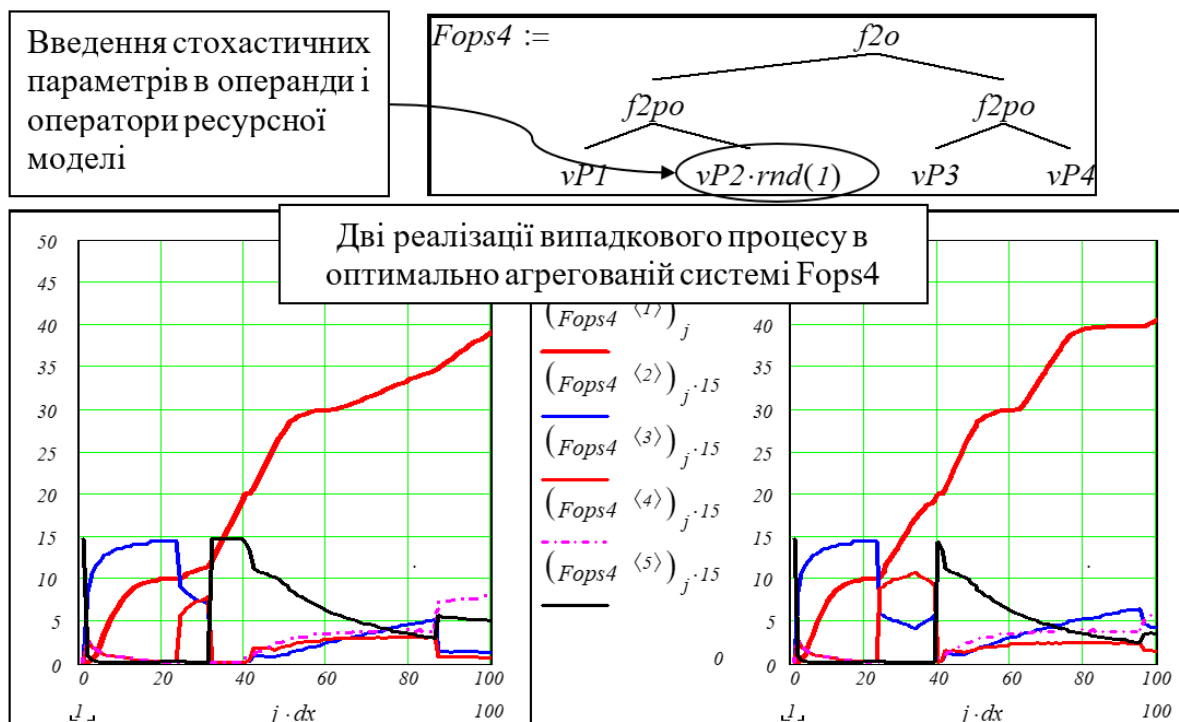


Рисунок 3.11 – Параметризація елементів виробництва, розвитку і ритейлу генераторами випадкових процесів із заданими розподілами ймовірностей

Наступний крок у розширення можливостей моделей систем проектів є побудова моделі ринку з незалежними, корпоративними виробниками та іншими структурами. Розроблені моделі системи проектів дозволяють створити системи для аналізу ринків в певних сегментах виробництва і ритейлу. На рис 3.12 подано приклади спеціалізованої системи проектів. Сценарій певний виробник буде і запускає виробництво декількох продуктів на ринку з декількома конкурентами (для прикладу взято 3 продукти виробництва, 3 виробника).

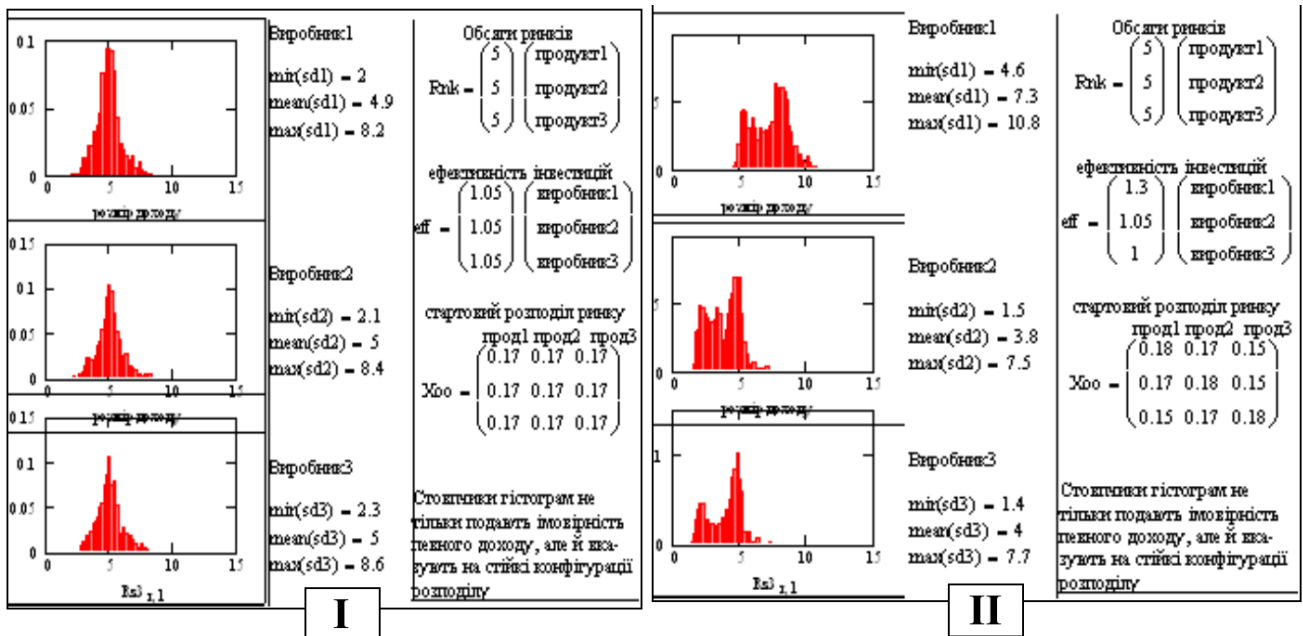


Рисунок 3.12 – Приклад спеціалізації моделі системи проектів для аналізу і прогнозування системи в оточенні конкурентів (потенційне запровадження)

Обчислювальний експеримент I «рівні умови». Виробники мають рівні ефективності і рівні стартові позиції по всіх ринках, і ринки рівних обсягів.

Бачимо: розподіли доходів для усіх фірм приблизно однакові. Вони є явно негаусівськими – мають гостру вершину для доходу в 5 одиниць, це третина загального ринку. Ймовірності доходів менше 2 і більше 9 – практично нульові. Ймовірності для усіх однакові, але це не гарантовані результати.

Обчислювальний експеримент II «переваги в ефективності». Кожен виробник має невелике стартове домінування по одному з продуктів виробництва. Виробник 1 забирає половину загального ринку (див. середній дохід). В гіршому випадку він отримує тільки третину ринку (менший пік розподілу). Всі частотні розподіли мають дві моди. Головний висновок – гаусівська статистика неадекватна для сучасних ринків. Імітаційні моделі забезпечують задовільні оцінки ризиків.

Висновки до розділу 3

На базі аналізу аналогів і відомих рішень задачі управління проектами розвитку виробництва визначено, що суттєва більшість публікацій розглядає управління системами проектів з позицій ефективного менеджменту, тобто емпіризму без математичної бази. Процеси планування, прогнозування при виконанні проектів обтяжені багатьма невизначеностями, порушеннями планів робіт і очевидною складністю потрібних для ефективного управління математичних моделей. З цих причин проекти є високо ризиковими інвестиціями. В управлінні проектами намагаються мінімізувати витрати і терміни виконання. Вибрано методологію оптимального агрегування, що знімає проблеми: розмірності, нелінійності і нестационарності об'єктів управління.

Виконання комплексного проекту дозволило виявити ще не використану можливість методів оптимального агрегування: операція оптимального агрегування створює дві ефективні структури будь-якої виробничої системи: ресурсну та інформаційну.

Розділ присвячений аналізу і тестуванню розроблених і покращених модулів з урахуванням унікальних можливостей методів оптимального агрегування: для двох довільних елементів бінарного дерева оптимального агрегування завжди може бути визначена функція впливу.

У розділі подано аналіз і моделювання таких розробок:

- модуль «оптимальний процес функціонування і розвитку монопроекту»;
- розробка модулів управління часом виконання системою проектів;
- аналіз процесів в елементах агрегованої структури – дезагрегування;
- побудова моделей монопроектів з урахуванням ризиків.

Поставлені не тільки завдання, але і конкретні задачі управління системами проектів: узгодження в часі для паралельних і послідовних структур, розробка ефективних програмних структур для результатів оптимального агрегування системи в процесі розвитку і формування оперативних управлінь для підсистем. Підтверджена працездатність всіх покращених моделей.

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 $N_{зп}$ розробників розраховуються за формулою:

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

де Z_o – 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:

$$N_{зп} = 7500 \times 0,22 = 1650 \text{ грн.} \quad (4.5)$$

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

$$A = \frac{Ц}{T_{кор}} \cdot \frac{T}{12} \text{ грн,} \quad (4.6)$$

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:

$$M = \sum_1^n H_i \cdot C_i \cdot K_i - \sum_1^n V_i \cdot C_v \text{ грн.}, \quad (4.7)$$

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

C_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_v – 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 V_{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

$$V_{ін} = (1..3) \cdot (Z_o + Z_p) \quad (4.8)$$

Отже:

$$V_{ін} = 1 \cdot 7500 = 7500(\text{грн}). \quad (4.9)$$

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

$$V = 7500 + 222.2 + 1458.33 + 1650 + 900 + 7500 = 19230.53 \text{ (грн)}. \quad (4.10)$$

Загальна вартість всієї наукової роботи $V_{заг}$ визначається за формулою:

$$V_{заг} = \frac{V}{\alpha} = \frac{19230.53}{0.8} = 24038.16 \text{ (грн)}. \quad (4.11)$$

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:

$$ЗВ = \frac{V_{заг}}{\beta} = \frac{24038.16}{0.4} = 60095.4 \text{ (грн)}. \quad (4.12)$$

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:

$$\Delta\Pi_i = \sum_1^n (\Delta C_o \cdot N + C_o \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{v}{100}\right) \quad (4.13)$$

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_o – 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_i протягом першого року складе:

$$\Delta\Pi_1 = (2000 * 1) + ((10000 + 2000) * 5) = 62000 \text{ грн.} \quad (4.14)$$

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

$$\Delta\Pi_2 = (2000 * 1) + ((10000 + 2000) * (5 + 7)) = 146000 \text{ грн.} \quad (4.15)$$

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

$$\Delta\Pi_3 = (2000 * 1) + ((10000 + 2000) * (5 + 7 + 7)) = 230000 \text{ грн.} \quad (4.16)$$

4.4 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та період їх окупності.

Визначення абсолютної ефективності вкладених інвестицій

Для цього користуються формулою:

$$E_{\text{абс}} = (\text{ПП} - PV), \quad (4.17)$$

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:

$$\text{ПП} = \sum_{i=1}^t \frac{\Delta\Pi_i}{(1 + \tau)^i} \quad (4.18)$$

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”.

$$\begin{aligned} \text{ПП} &= \frac{62000}{1 + 0.18} + \frac{146000}{(1 + 0.18)^2} + \frac{230000}{(1 + 0.18)^3} = \\ &52542.37 + 104854.9 + 139985.1 = 297382.37 \text{ грн.}, \end{aligned} \quad (4.19)$$

$$E_{\text{абс}} = 297382.37 - 60095.4 = 237286.97 \text{ грн.} \quad (4.20)$$

Оскільки $E_{абс} > 0$, 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:

$$E_{в} = T_{ж} \sqrt{1 + \frac{E_{абс}}{PV}} - 1 \quad (4.21)$$

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

$$E_{в} = 0,81 \quad (4.22)$$

Далі, розрахована величина $E_{в}$ порівнюється з мінімальною (бар'єрною) ставкою дисконтування, що дорівнює:

$$\tau = d + f, \quad (4.23)$$

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.

$$E_{в} = 0,355 \geq \tau = 0,14 + 0,05 = 0,19. \quad (4.24)$$

Оскільки величина $E_{в} > \tau_{мін}$, 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 $T_{ок}$ можна розрахувати за формулою:

$$T_{ок} = \frac{1}{E_{в}} = \frac{1}{0,81} = 1.23 \text{ років.} \quad (4.25)$$

Оскільки $T_{ок} < 3...5$ -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 $T_{ок} < 3..5$ -ти років, то фінансування даної наукової розробки є доцільним.

ВИСНОВКИ

У комплексній магістерській роботі була поставлена мета підвищення ефективності управління сучасними системами проектів за рахунок використання методології оптимального агрегування і розробки математичної моделі системи проектів розвитку виробничих систем – побудови нових, модифікації існуючих виробничих потужностей і моделей продуктів виробництва. Вимоги до моделі: узагальненість, тобто можливість настроювання на конкретні вироби, технології і виробництва і базування на математичному фундаменті.

Для досягнення поставленої мети розробки і дослідження були поставлені і виконані такі задачі:

- аналіз стану розробки математичних моделей і орієнтованих на комп'ютерно інтегровані програмні рішення.
- порівняльний аналіз відомих моделей оптимального функціонування і розвитку функціонування і розвитку: задачі Марковіца-Беллмана, Опойцева. Ципкіна, а саме задачі «розподілу», «цінові стратегії», «термінального управління», зворотні моделі динаміки.
- отримання узагальненої математичної моделі системи проектів оптимального на базі методів оптимального агрегування.
- розробка прикладів рішення задач управління монопроектами і структурами з монопроектів побудови комп'ютерно-інтегрованих систем оперативного управління та проведення досліджень для користувачів системи підтримки рішень.

У процесі виконання комплексної роботи отримано два нових наукових результати:

1. Покращено рішення для задачі управління часом виконання проекту, де на відмінну від існуючих методів управління часом виконання проектів виконується пошук відстаючих підсистем і засобів подолання відставань, використовується базове параметризоване рішення варіаційної задачі оптимального розвитку проекту $KMD(k, Fu, pro, pd, Tp)$, в яке вводиться параметр управління часом. Особливість такого проектного рішення, що воно входить в оператор оптимального

агрегування і оптимально розподіляє ресурс з урахування корекції часу виконання, що дає змогу забезпечити оптимальність управління проектом.

2. Покращено бінарний оператор оптимального агрегування послідовної структури з проектів, де, на відміну від існуючого оператора оптимального агрегування послідовної структури виробництв, вводиться програмний модуль для корекції «відхилення часу виконання агрегованої послідовної структури, що дає змогу підвищити ефективність управління послідовними структурами в проектах.

У результаті була розроблена інтегрована узагальнена математична модель оптимального управління системою проектів розвитку сучасних виробничих систем. Інноваційна суть комплексної розробки: побудова системи проектів на дворівневого ієрархічного оптимального агрегування: агрегування монопроектів та агрегування структури системи проектів. Така дворівнева структура дозволяє поєднати деталізоване управління на рівні монопроектів з узагальненим стратегічним управлінням системою проектів, а також дозволяє постійно вносити зміни у велику систему.

Створені моделі і програми дозволяють використовувати розробку тренажер і стенд для досліджень.

СПИСОК ВИКОРАСТНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Баркалов С.А., Бурков В.Н., Гилязов Н.М. Методы агрегирования в управлении проектами. – М.: (Препринт / ИПУ РАН), 1999. – 55 с.
2. Бурков В.Н., Квон О.Ф., Цитович Л.А. Модели и методы мультипроектного управления. – М.: (Препринт / ИПУ РАН), 1997. – 62 с.
3. Клеванский Н.Н. Основные концепции реализации задач формирования расписаний // Образовательные ресурсы и технологии. – М., 2014. – № 2 (5). – С. 9–21.
4. Кочетов Ю.А., Столяр А.А. Новые жадные эвристики для задачи календарного планирования с ограниченными ресурсами // Дискретный анализ и исследование операций. – Новосибирск, 2005. – Серия 2. т. 12, № 1. – С. 12–36.
5. Лазарев А.А., Гафаров Е.Р. Теория расписаний. Задачи и алгоритмы. – М.: Физический факультет МГУ, 2011. – 222 с.
6. Подиновский В.В. Анализ задач многокритериального выбора методами теории важности критериев при помощи компьютерных систем поддержки принятия решений // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2008. – № 2. – С. 64–68.
7. Сафронов В.В., Ведерников Ю.В. Характеристика метода «жесткого» ранжирования // Информационные технологии. – 2007. – № S11. – С. 17–21.
8. Kane H., Tissier A. A resource allocation model for multi –project management // Proc. of MOSIM'12 9e conference internationale de modelisation, optimisation et simulation. – Bordeaux, France, 2012. 8 p.
9. 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.
10. 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.

11. 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.

12. 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.

13. Форрестер Дж. Основы кибернетики предприятия (Индустриальная динамика): пер. с англ. / Дж. Форрестер – М.: Прогресс, 1971. – 340 с.

14. Forrester Jay W., *Industrial Dynamics— A Major Breakthrough for Decision Makers*, *Harvard Business Review*, Vol. 36, № 4, pp. 37–66 (July-August 1958).

15. Zhao, W., Zheng, Y.-S., (2000). Optimal dynamic pricing for perishable assets with nonhomogeneous demand. *Management Science* 46(3): 375 – 388.

16. 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.

17. 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.

18. 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.

19. 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.

20. 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.

21. Боровська Т. М. Спеціальні розділи вищої математики: навч. посіб. для студ. ВНЗ / Т. М. Боровська, І. С. Колесник, В. А. Северілов. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2008. – 182 с. – ISBN 978–966–641–276–1.

22. Боровська Т.М. Теорія автоматичного управління. Частина 1. Аналіз САУ: навч. посіб. для студ. ВНЗ / Т. М. Боровська, В. А. Северілов, А. С. Васюра. – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2008. – 97 с. – ISBN 978–966–641–277–8.

23. 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.

24. 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.

25. Боровська Т.М. Теорія автоматичного управління. Частина 1. Аналіз та дослідження САУ: навчальний посібник / [Т. М. Боровська, П. В. Северілов, В. А. Северілов та ін.]. – Вінниця: ВНТУ, 2017. – 143 с.

26. Боровська Т.М. Теорія автоматичного управління: курс лекцій / Т. М. Боровська. – Вінниця: ВНТУ, 2018. – 253 с.

27. Боровська Т. М. Електронна книга ”Моделювання у менеджменті”. Технології навчання, орієнтовані на моделювання / Т. М. Боровська, В. А. Северілов, Н. І. Черняк // Доповіді МНК “Інтернет–освіта–наука – 2002”. Т2. – Вінниця: Універсум–Вінниця. – 2002. – С. 285–288.

28. Bellman, Richard (2015). Adaptive Control Processes:A Guided Tour. Princeton University Press. ISBN 9781400874668.

29. Математический анализ [Текст] : [краткое и ясное изложение предмета] / [Опойцев Валерий Иванович]. - Москва : URSS, cop. 2016. - 268 с. : ил.; 20 см. - (Школа Опойцева).; ISBN 978-5-9710-3295-3

30. Боровська Т. М. Система для моделювання довільних ринків / Т. М. Боровська, С. П. Бадьора, Т. В. Січко // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2001. – № 6. – С. 72–77.

31. Боровська Т. М. Моделювання системи «виробники–ринки–споживачі» при довільних виробничих функціях / Т. М. Боровська, С. П. Бадьора // Матеріали VII Міжнародної НТК «КУСС–2003». – Вінниця: УНІВЕРСУМ–Вінниця. – 2003. – С. 173–178.

32. Borovska T. N. Optimal development models based on optimal aggregation of systems “production, development” / T. N. Borovska, I. V. Vernigora // Тези доповідей XIII міжнародної конференції «Контроль і управління в складних системах (КУСС-2016)», м. Вінниця, Україна, 3-6 жовтня 2016 року. – Вінниця: ВНТУ. ПП «ТД «Едельвейс» – 2016. – С. 36-37. – ISBN 978-617-7237-17-3.

33. Borovska T. N. Generalization of algebraic synthesis method of control system with the observer at objects with a monotone nonlinear static characteristic / T. N. Borovska, J. J. Duda // Тези доповідей XIII міжнародної конференції «Контроль і управління в складних системах (КУСС-2016)», м. Вінниця, Україна, 3-6 жовтня 2016 року. – Вінниця: ВНТУ. ПП «ТД «Едельвейс» – 2016. – С. 24-25. – ISBN 978-617-7237-17-3.

34. Borovska T. N. Models of efficiency and survivability of computer systems based on the methodology of optimal aggregation / T. N. Borovska, I. S. Kolesnik, V. A. Severilov, M. B. Polishuk // Тези доповідей XIII міжнародної конференції «Контроль і управління в складних системах (КУСС-2016)», м. Вінниця, Україна, 3-6 жовтня 2016 року. – Вінниця: ВНТУ. ПП «ТД «Едельвейс» – 2016. – С. 40-41. – ISBN 978-617-7237-17-3.

35. Borovska T. N. Model of optimal development regional systems based on optimal aggregation methodology / T. N. Borovska, I. S. Kolesnik, P. V. Severilov, A. B. Panasiuk // Тези доповідей XIII міжнародної конференції «Контроль і управління в складних системах (КУСС-2016)», м. Вінниця, Україна, 3-6 жовтня 2016 року. – Вінниця: ВНТУ. ПП «ТД «Едельвейс» – 2016. – С. 43-45. – ISBN 978-617-7237-17-3.

36. Borovska T. N. Mathematical model of optimization of production systems with circuits resource feedbacks / T. N. Borovska, P. V. Severilov, V. A. Severilov, D. I. Grishin // Тези доповідей XIII міжнародної конференції «Контроль і управління в складних системах (КУСС-2016)», м. Вінниця, Україна, 3-6 жовтня 2016 року. – Вінниця: ВНТУ. ПП «ТД «Едельвейс» – 2016. – С. 41-43. – ISBN 978-617-7237-17-3.

37. Borovska T. Model of Innovative Development of Production Systems Based on the Methodology of Optimal Aggregation [Text] / T. Borovska, I. Vernigora, V. Severilov, I. Kolesnik, and T. Shestakevych // Advances in Intelligent Systems and Computing III. Selected Papers from International Conference on Computer Science and Information Technologies, CSIT 2018, September 11-14 Lviv, Ukraine. – Switzerland: Springer International Publishing AG 2019, 2018. – P.P. 171-181. DOI: 10.1007/978-3-030-01069-0_12.

38. Taisa M. Borovska; Irina S. Bevz; Irina S. Kolesnyk; Victor A. Severilov; Oleksandr V. Kobylanskyi; Konrad Gromaszek; Saule Rakhmetullina "Model for the analysis and optimization of the efficiency and survivability of an enterprise based on optimal aggregation methodology", Proc. SPIE 10808, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2018, 1080824 (1 October 2018); doi: 10.1117/12.2501534; <https://doi.org/10.1117/12.2501534>.

39. 42. Taisa M. Borovska ; Inna V. Vernigora, Dmitry I. Grishin, Victor A. Severilov, Konrad Gromaszek, Aliya Aizhanova "Adaptive production control system based on optimal aggregation methods", Proc. SPIE 10808, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2018, 1080860 (1 October 2018); doi: 10.1117/12.2501520; <https://doi.org/10.1117/12.2501520>

40. Borovska Taisa. Control of multi-channel multiphase queuing system based on optimal aggregation methodology / Taisa Borovska, Inna Vernigora, Irina Kolesnyk, Andriy Kushnir // Proceedings of the 13th International Scientific and Technical Conference “Computer science and information technologies” CSIT’2018, Lviv,

Ukraine, 11-14 September 2018. Volume 1. – Lviv: Publishing House "Vezha and Ko", 2018. – P.P. 259-265. – ISBN 978-1-5386-6463-6.

41. Borovska T. Generalized model of optimal development, based on the integration of production and development subsystems / T. Borovska // Proceedings of the XIIth International Scientific and Technical Conference “Computer science and information technologies” CSIT’2017, Lviv, Ukraine, 05-08 September 2017. Volume 1. – Lviv: Publishing House "Vezha and Ko", 2017. – P.P. 446-449. – ISBN 978-1-5386-1638-3; doi: 10.1109/STC-CSIT.2017.8098826; <https://ieeexplore.ieee.org/document/8098826>.

42. Borovska T. Models of production systems sustainable development, based on the meta-model concept / T. Borovska, P. Severilov, V. Severilov, I. Bevz // Proceedings of the XIIth International Scientific and Technical Conference “Computer science and information technologies” CSIT’2017, Lviv, Ukraine, 05-08 September 2017. Volume 1. – Lviv: Publishing House "Vezha and Ko", 2017. – P.P. 228-231. – ISBN 978-1-5386-1638-3; doi: 10.1109/STC-CSIT.2017.8098775; <https://ieeexplore.ieee.org/document/8098775>.

43. 46. Taisa M. Borovska ; Inna V. Vernigora ; Waldemar Wójcik ; Konrad Gromaszek ; Saule Smailova, et al. " Mathematical models of production systems development based on optimal aggregation methodology ", Proc. SPIE 10445, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2017, 104452P (August 7, 2017); doi:10.1117/12.2281222; <http://dx.doi.org/10.1117/12.2281222>.

44. Borovska T. The optimal aggregation of integrated regional systems “production, waste recycling” [Text] / T. Borovska, P. Severilov, I. Kolesnik, V. Severilov // Advances in Intelligent Systems and Computing 512. Selected Papers from International Conference on Computer Science and Information Technologies, CSIT 2016, September 6-10 Lviv, Ukraine. – Switzerland: Springer International Publishing AG 2017, 2016. – P.P. 165-174. DOI: 10.1007/978-3-319-45991-2_11.

45. Borovska T. Optimal Aggregation Models for the Problem of Minimizing the Total Expenses of Multiproduct Production / T. Borovska // Proceedings of the XI

International Scientific and Technical Conference “Computer science and information technologies” CSIT’2016, Lviv, Ukraine, 6-10 September 2016. – Lviv: Lviv Polytechnic Publishing House, 2016. – P.P. 136-139. – ISBN 978-1-5090-2739-2.

46. Borovska, T. N. Optimal equivalent models of import replacement and localization of production [Text] / T. N. Borovska, N. M. Bykov, Abdourahmane Raimy // Far East Journal of Electronics and Communications. – 2016. – Volume 16, Number 1, Pages 15 - 35 (March 2016). ISSN: 0973-7006. <http://dx.doi.org/10.17654/EC016010015>.

47. Borovska T. Optimization of agricultural enterprises based on the methodology of optimal aggregation / T. Borovska, I. Shulgan // Proceedings of the X International Scientific and Technical Conference "Computer science and information technologies" CSIT’2015, Lviv, Ukraine, 14-17 September 2015. – Lviv: Lviv Polytechnic Publishing House, 2015. – P.P. 206-209. – ISBN 978-617-607-815-9. <http://ieeexplore.ieee.org/search/searchresult.jsp?newsearch=true&queryText=csit-2015>.

48. 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.

49. 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.

50. 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.

51. 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

52. 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.

53. Боровська Т. М. Моделі ефективності і живучості технічних систем / Т. М. Боровська, Е. П. Хомин, П. В. Северілов // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2011. – № 1. – С. 89–95.

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

55. Боровська Т. М. Узагальнення методу оптимального агрегування виробничих систем з довільними структурами [Електронний ресурс] / Г. Ю. Дерман, Т. М. Боровська, П. В. Северілов // Наукові праці ВНТУ. – 2011. – № 4. – Режим доступу до журн.: <http://www.nbuv.gov.ua/e-journals/VNTU/2011-4/2011-4.html>.

56. Боровська Т. М. Оптимізація управління розподіленим 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>.

57. Боровська Т. М. Прогнозування розвитку складних систем на базі імітаційних моделей [Електронний ресурс] / Т. М. Боровська, В. М. Кичак, М. В. Васильська // Наукові праці ВНТУ. – 2011. – № 2. – Режим доступу до журн.: <http://www.nbuv.gov.ua/e-journals/VNTU/2011-2/2011-2.html>.

58. 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.nbuu.gov.ua/e-journals/VNTU/2011-1/2011-1.html>.

59. Боровська Т. М. Розробка моделей узагальнених систем "виробники – продукти – споживачі" [Електронний ресурс] / Т. М. Боровська, І.С. Колесник, В.А. Северілов, І.І. Михайлова // Наукові праці ВНТУ. – 2010. – № 1. – Режим доступу до журн.: <http://www.nbuu.gov.ua/e-journals/VNTU/2010-1/2010-1.html>.

60. Боровська, Т.; Северілов, В.; Гришин, Д.; Станіславський, І. Аналіз і розробка моделей оптимальних комплексних проєктів розвитку виробництва. НТКП ВНТУ. Факультет комп'ютерних систем і автоматики, Ukraine, mar. 2019. Available at: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fksa/all-fksa-2019/paper/view/7844>. Date accessed: 03 Jun. 2019.

61. Боровська Т. Розробка і дослідження адаптивного управління на базі оптимального агрегування з використанням моделі реального часу і моделі-предиктора / Т. Боровська, Г. Дерман, В. Северілов, І. Станіславський // Тези доповідей XIV міжнародної конференції «Контроль і управління в складних системах (КУСС-2018)», м. Вінниця, Україна, 15-17 жовтня 2018 року. – Вінниця: ВНТУ. ПП «ТД «Едельвейс» – 2018. – С. 21. – ISBN 978-617-7237-51-7.

62. Боровська Т. Методи управління підприємством на базі імітаційних моделей класу «один на фоні всіх» / Т. Боровська, К. Волошин, І. Станіславський, І. Вернигора // «ИНТЕРНЕТ–ОСВИТА–НАУКА–2018», Одинадцята міжнародна науково-практична конференція ІОН-2018, 22-25 травня, 2018: Збірник праць. – Вінниця: ВНТУ, 2018 – С. 133–135.

63. Боровська, Т.; Станіславський, І. Оптимальні кредитні стратегії підприємства в активному оточенні конкурентів і користувачів. НТКП ВНТУ. Факультет комп'ютерних систем і автоматики, Ukraine, mar. 2018. Available at: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fksa/all-fksa-2018/paper/view/4904/4094>. Date accessed: 09 Jun. 201.

64. Мак-Дональд М. Стратегическое планирование маркетинга: Пер. с англ. — СПб.: Питер, 2000. — 266 с.: ил. — (Сер.: Маркетинг для профессионалов).

65. Боровська Т. М. Створення метамоделей складних систем на базі методу структурно–функціонально–редукційної декомпозиції / Т. М. Боровська // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2008. – № 6. – С. 111–119.

66. Боровська Т. М. Створення метамоделей складних систем на базі методу структурно–функціонально–редукційної декомпозиції [Електронний ресурс]: матеріали ІХ міжн. Конф. КУСС–2008 / Т. М. Боровська // . Вінниця. – 2008. – Режим доступу до журн.: http://www.vstu.vinnica.ua/mccs2008/ukr/abstracts_UA.html

67. Боровська Т. М. Аналіз методів побудови функцій живучості технічних систем / Т. М. Боровська, І. С. Бевз // Матеріали XLVI науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області, Вінниця, 22-24 березня 2017 р. – Вінниця: ВНТУ Режим доступу: <http://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/17396/2520.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.

68. Вітлінський В. В. Моделювання економіки: Навч. посібник. — К.: КНЕУ, 2003. — 408 с. ISBN 966–574–411–9

69. Боровська Т. М. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 86812. Комп'ютерна програма "Модель оптимального розвитку вертикально інтегрованого виробництва" / Т. М. Боровська, І. Ю. Станіславський // Міністерство економічного розвитку і торгівлі України. - № 88226; заявл. 06.03.2019; зареєстров. 14.03.2019.

70. Borovska T., Grishin D., Kolesnik I., Severilov V., Stanislavsky I., Shestakevych T. (2020) Research and Development of Models and Program for Optimal Product Line Control. In: Shakhovska N., Medykovsky M. (eds) Advances in Intelligent Systems and Computing IV. CCSIT 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1080, pp 186-201. Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-33695-0_14.

ДОДАТКИ

Додаток А
(обов'язковий)
ВНТУ

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на виконання магістерської кваліфікаційної роботи

Розробка комп'ютерної системи оптимального управління системами проектів виробництва. Частина 1. Моделювання та дослідження оптимальних комплексних проектів розвитку виробництва з урахуванням часу виконання

Студент групи 2АКІТ-18м Станіславський І. Ю.

“ ___ ” _____ 2019 р.

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

“ ___ ” _____ 2019 р.

Вінниця 2019

1. Назва та галузь застосування.

1.1. Назва – Моделювання та дослідження оптимальних комплексних проектів розвитку виробництва з урахуванням часу виконання.

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 978–966–641–731–5.5.

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.

Програмно реалізовані функції:

- обчислення оперативного управління;
- обчислення стратегічного управління – оптимальне управління кінцевими станами окремих проектів і системою в цілому;
- можливість настроювання параметрів функціональних модулів;
- управління часом виконання окремих проектів.

5.2. Основні технічні вимоги до розробки.

5.2.1. Вимоги до програмної платформи:

- WINDOWS 10;
- Matchad 15.

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:

- загальні витрати не більше 60100 грн..;
- економічний ефект не менше 0.81;
- термін окупності не більше 1.23 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 виробництва з урахуванням часу виконання | 15.09.2019р. |
| 2 | Аналіз, вибір та розробка математичних моделей процесів функціонування і розвитку сучасних системам проектів виробництва | 22.09.2019р. |
| 3 | Розробка робочих моделей комплексних проектів розвитку виробництва з урахуванням ресурсних і часових зв'язків між проектами системи | 27.10.2019р. |
| 4 | Розробка програмного забезпечення системи | 29.10.2019р. |
| 5 | Математична модель поточної ефективності і прогнозу кінцевого стану виконання проекту | 15.11.2019р. |
| 6 | Тестування програмного забезпечення | 25.11.2019р. |
| 7 | Оформлення пояснювальної записки, графічного матеріалу і презентації | 01.12.2019р. |
| 8 | Захист МКР | 12.12.2019р. |

7.2 Графічні матеріали:

- структурна схема типового проекту: «01» 12.2019 р.
- структурні схеми систем проектів: «01» 12.2019 р.
- моделі ресурсних і часових зв'язків в системі: «03» 12.2019 р..
- моделі агрегування бінарних структур системи проектів: «03» 12.2019 р.
- програмний модуль «рішення варіаційної задачі розвитку»: «06» 12 2019 р.
- приклад результатів моделювання проекту з використанням кредитів:
- приклад результатів моделювання системи проектів: «06» 12.2019 р.
- висновки за результатами дослідження: «06» 12.2019 р.

8. Порядок контролю і приймання.

- 8.1. Хід виконання магістерської кваліфікаційної роботи контролюється керівником роботи, консультантами з економічної частини. Рубіжний контроль провести до «7» грудня 2019 р.
- 8.2. Атестація проекту здійснюється на попередньому захисті. Попередній захист магістерської кваліфікаційної роботи провести до «10» 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

$KMmod(F, pr) =$	<pre> Msd0 Δkr ← Ymx ÷ sitkr for k ∈ 1.. Kh1 + 1 t ← Δt · (k - 1) maHm ← 0 xx ← xI_k - xpov_k · 0 for q ∈ 1.. sitkr Xkr ← Δkr · (q - 1) xv ← xx + Xkr for i ∈ 1.. Sit + 1 uu ← (i - 1) · Δu qq1 ← (Tpov - t) · γ · (Tpov - t > 0) qq2 ← (Tp - t) · (Tpov - t ≤ 0) borgH ← Xkr · [1 + pr · (qq1 + qq2)] fH1 ← F(xv · uu) · [(Tp - t)^β + prcv] fHm ← fH1 + xv · (1 - uu) - borgH ym ← maHm < fHm maHm ← maHm · (1 - ym) + fHm · ym u1op ← u1op · (1 - ym) + uu · ym xkrop ← xkrop · (1 - ym) + Xkr · ym end for end for u_{k+1} ← u1op xkr_{k+1} ← xkrop · (Tpov - t > 0) borg_{k+1} ← borg_k · (1 + pr · Δt) + (xkr_{k+1} - xpov_k) · Δt Xs_{k+1} ← xI_k + xkr_k inv_{k+1} ← Xs_{k+1} · u_{k+1} xI_{k+1} ← xI_k + F(inv_{k+1}) · Δt tmpdox_{k+1} ← Xs_k · (1 - u_{k+1}) xpov_{k+1} ← tmpdox_{k+1} · (borg_k > 0) zI_{k+1} ← tmpdox_{k+1} - xpov_{k+1} sdox ← sdox + zI_{k+1} · Δt vziali ← vziali + xkr_k · Δt otdali ← otdali + xpov_k · Δt vys ← (u_k xI_k zI_k xkr_k -xpov_k borg_k inv_k) vyx^(k) ← (vys)^T end for Vys ← (vyx sdox vziali otdali) Vyx ← (Vys)^T </pre>
------------------	---

Додаток В
(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 1. МОДЕЛЮВАННЯ
ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ КОМПЛЕКСНИХ ПРОЕКТІВ
РОЗВИТКУ ВИРОБНИЦТВА З УРАХУВАННЯМ ЧАСУ ВИКОНАННЯ**

1. Мета і задачі дослідження.
2. Проект виробництва і розвитку як об'єкт управління.
3. Базова математична модель варіаційної задачі розвитку «цінові стратегії».
4. Базова інформаційна модель оптимального агрегування.
5. Схема аналізу і розробки моделі процесу оптимального розвитку.
6. Структура комплексу задач розробки. Нове рішення проблеми.
7. Управління часом виконання проекту на базі параметризованої моделі монопроекту.
8. Оптимальне управління часом виконання. Структура модуля «монопроект».
9. Оптимальне управління часом виконання монопроекту.
10. Урахування ризиків в монопроектах. Оптимальне агрегування системи з стохастичними параметрами.
11. Висновки

Розробив: Станіславський І. Ю.

_____ (підпис) _____ (дата)

Перевірив: Боровська Т. М.

_____ (підпис) _____ (дата)

Рецензент: Паламарчук Є.А

_____ (підпис) _____ (дата)

Вінниця 2019

1 Мета і задачі дослідження

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

- виконати аналіз стану розробки моделей систем проектів і методів оптимального управління проектами розвитку виробництва;
- виконати аналіз типових систем проектів як динамічних структур із ресурсними і часовими зв'язками, з урахуванням «цінових стратегій»;
- розробити узагальнену модель «монопроекту» розвитку як елемента системи проектів, отримати узагальнену математичну модель проекту, виконати моделювання системи проектів.

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

Предмет дослідження – методи оптимального агрегування системи проектів з часовими зв'язками. Введення управління моментом виконання

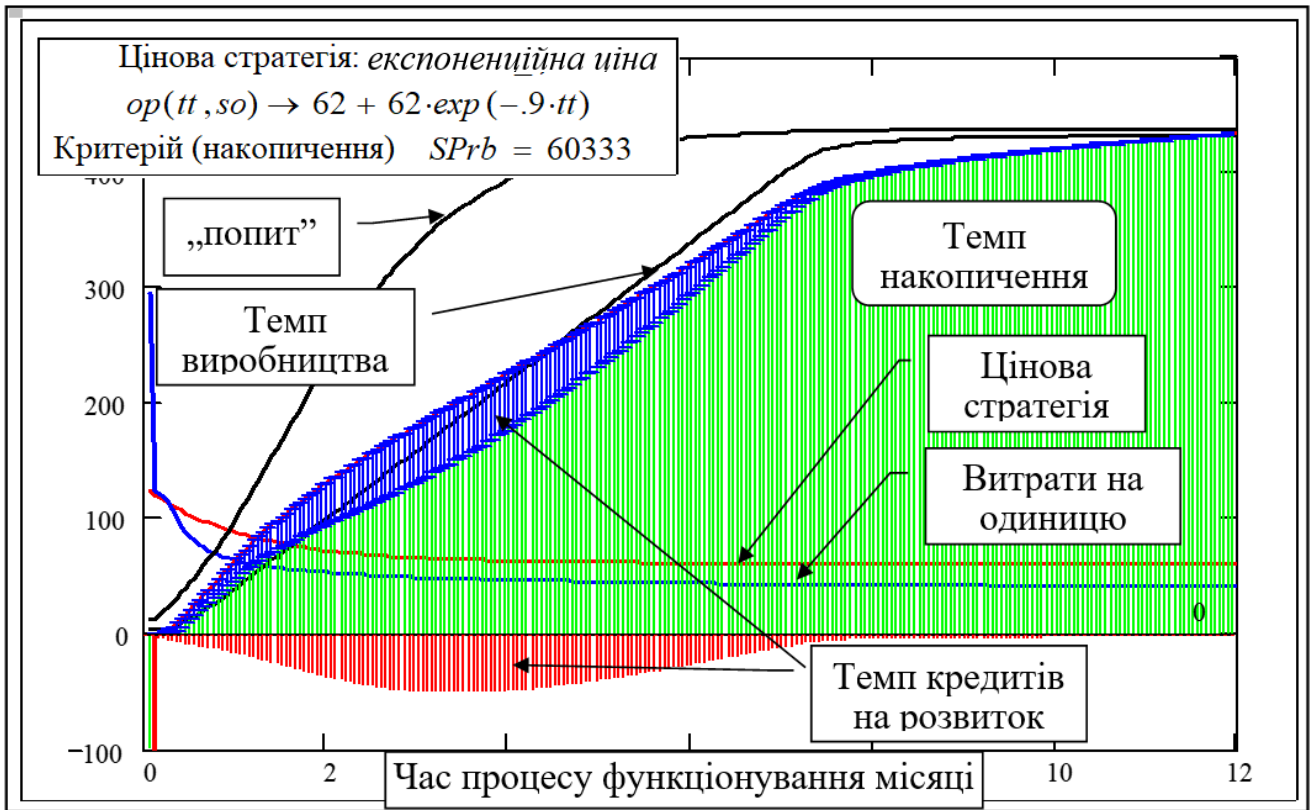
Методи дослідження: методи прикладного системного аналізу в побудові моделей, методи оптимального агрегування в управлінні проектами.

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Покращено модель проекту оптимального розвитку, де на відміну від існуючих моделей управління проектом (задача розподілу Беллмана і модель Марковіца) вводиться в закон управління складова управління часом виконання, що дає змогу підвищити ефективність управління моментами взаємодії проектів.

2. Покращено бінарний оператор оптимального агрегування послідовної структури з проектів, де, на відміну від існуючого оператора оптимального агрегування послідовної структури виробництв, вводиться програмний модуль для корекції «відхилення часу виконання для всієї послідовної структури, що дає змогу підвищити ефективність управління послідовною структурою проекту.

2 Проект виробництва і розвитку як об'єкт управління



3 Базова математична модель варіаційної задачі розвитку «цінові стратегії»

Критерій: $J = \int_0^{T_p} x(t) \cdot (1 - u(t)) dt$ **Розширена система рівнянь:**

$$\frac{d}{dt} x(t) = \text{fin}(x(t) \cdot u(t)) = fx; \quad 0 \leq u(t) \leq 1; \quad \frac{d}{dt} J(t) = x(t) \cdot (1 - u(t)) = fJ$$

Функція Гамільтона:
$$H(x, u) = \sum_{i=0}^N \psi_i \cdot f_i = \psi J \cdot fJ + \psi x \cdot fx$$

Рівняння для спряжених функцій:

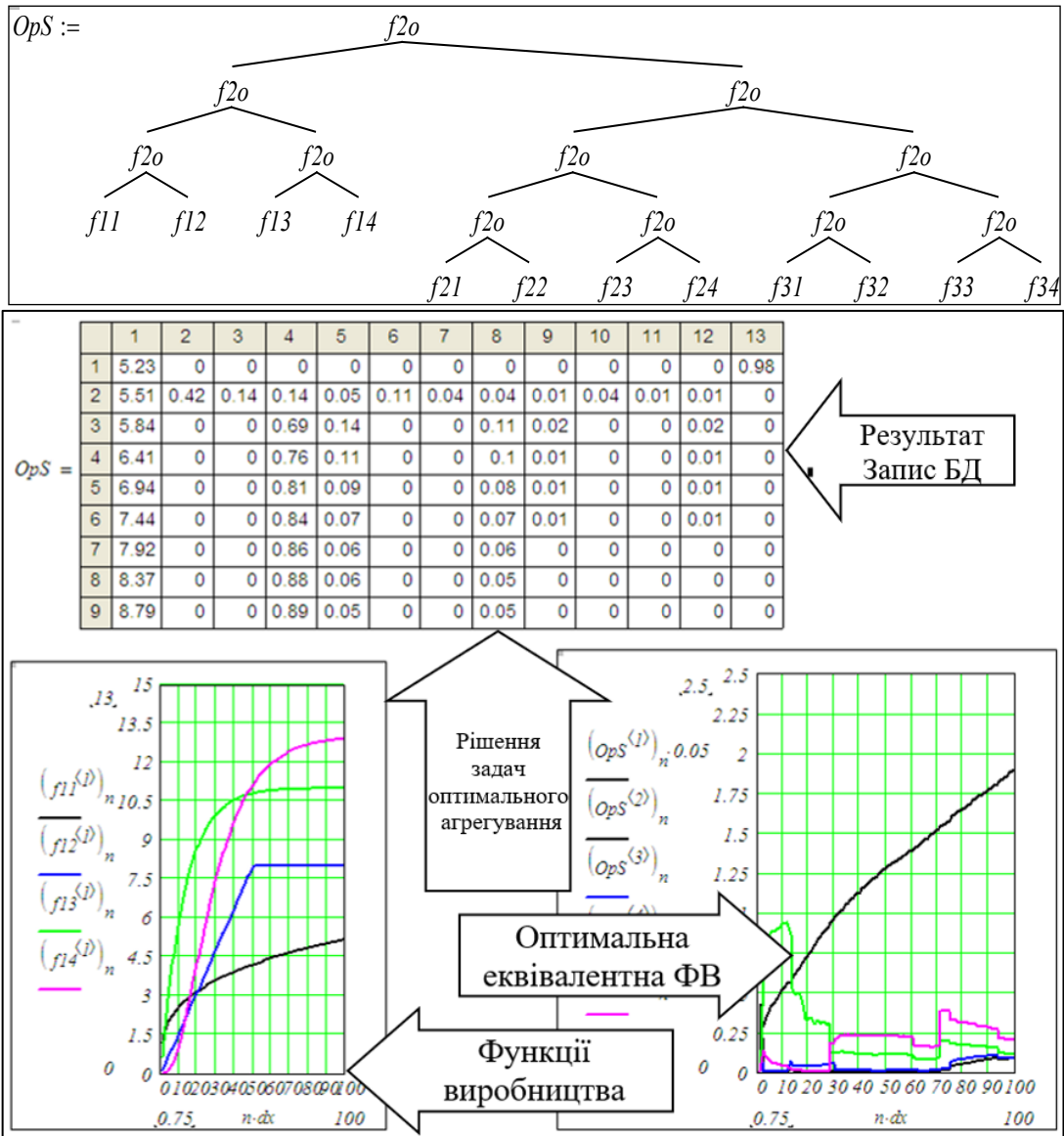
$$\frac{d}{dt} \psi x(t) = -\psi J \cdot (1 - u) - \psi x(t) \cdot u \cdot \frac{d}{dx} \text{fin}(u \cdot x) = -\psi x(t) \cdot u \cdot \frac{d}{dx} \text{fin}(u \cdot x) - (1 - u)$$

Розв'язання для функції Гамільтона: $H(x, u) = x \cdot (1 - u) + \text{fin}(x \cdot u) \cdot \psi x(u, x, t)$

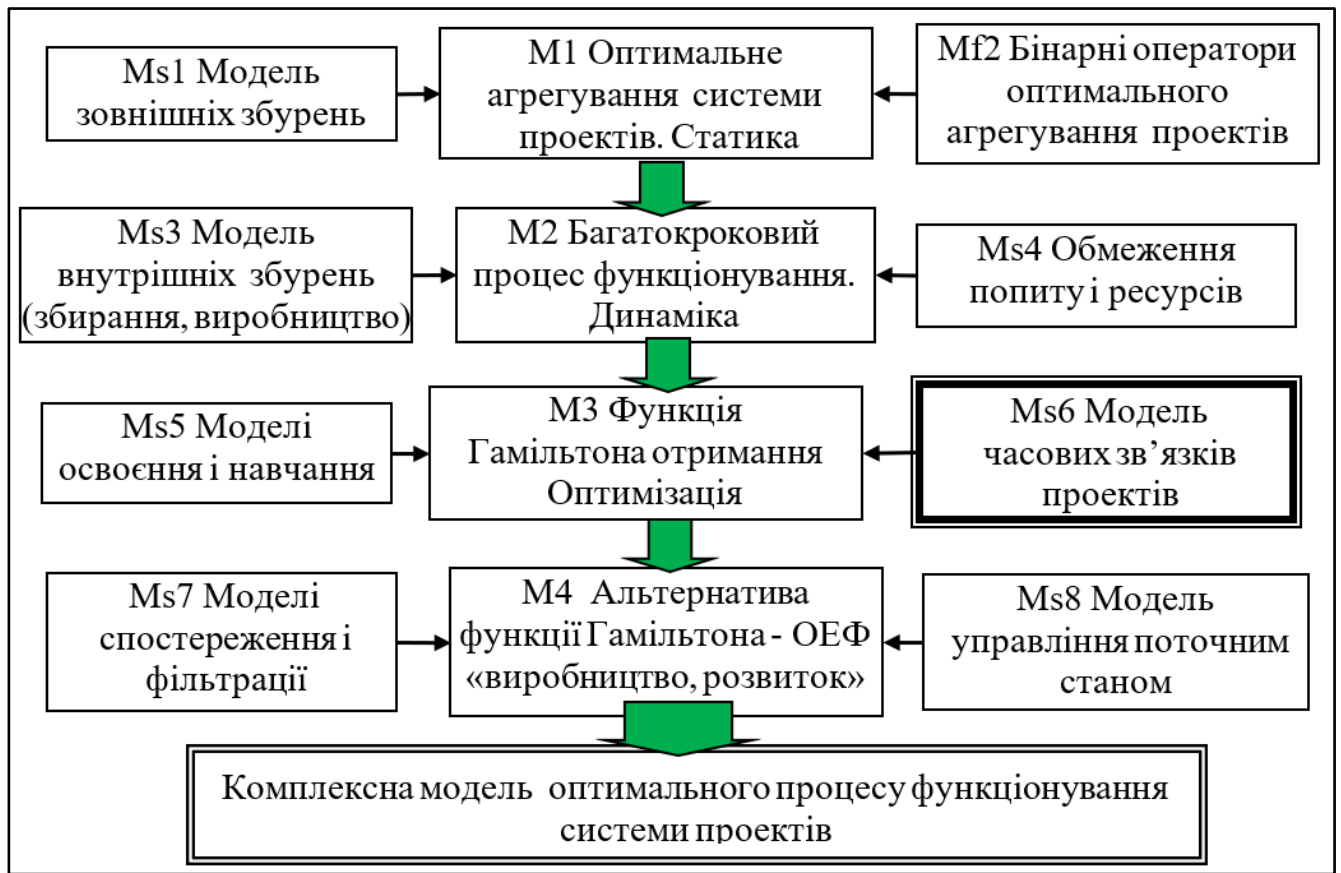
Функція Гамільтона для даного поточного стану дає величину критерію оптимальності процесу розвитку (виконання і запуску проекту) в кінцевий момент планового періоду проекту за умови заданого розподілу ресурсу ($0 < u < 1$).

Для визначення оптимальної стратегії $u(t)$ ($0 < t < T_p$) розподілу ресурсу між виробництвом і розвитком виробничої системи – необхідно на кожному кроці дискретизованої моделі знаходити функцію Гамільтона і значення розподілу, що дає максимум функції.

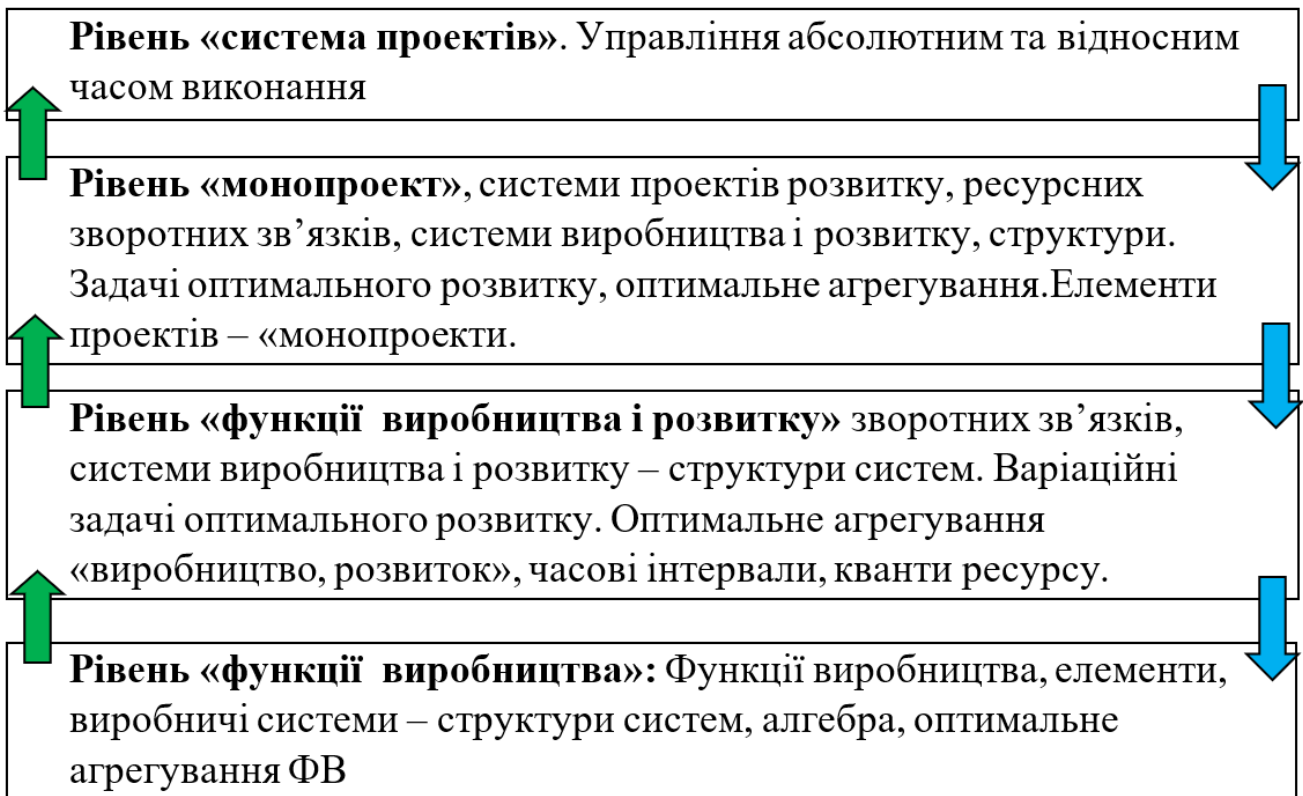
4 Базова інформаційна модель оптимального агрегування



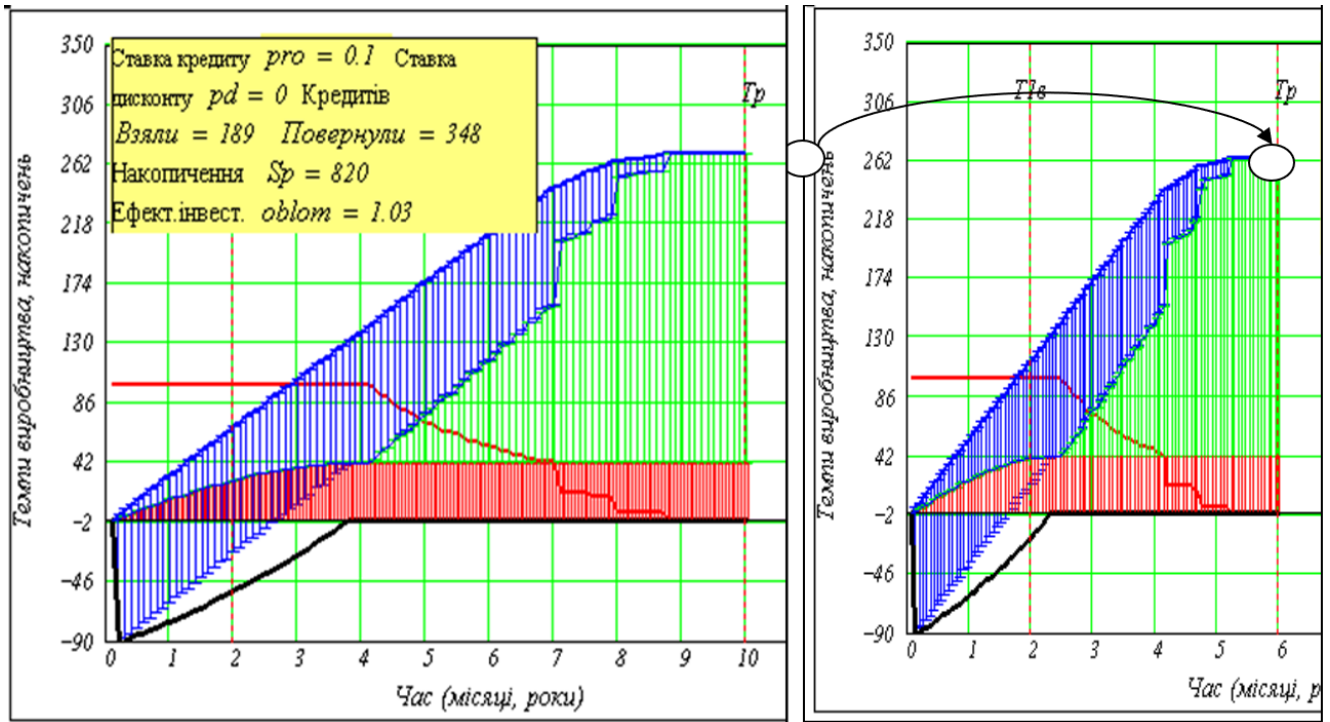
5 Схеми аналізу і розробки моделі процесу оптимального розвитку



6 Структура комплексу задач розробки. Нове рішення проблеми



7 Управління часом виконання проекту на базі параметризованої моделі монопроекту



8 Оптимальне управління часом виконання. Структура модуля «монопроект»

Монопроект – програмна система для обчислення оптимальних процесів розвитку і виробництва. Напрацьовано версії рішення варіаційної задачі розвитку багатовимірного об'єкту, версії для аналізу кредитів і ринків. а також моделей ринків.

Модель управління часом виконання **РОБИТЬСЯ ВПЕРШЕ**. Склад системи «монопроект»:

1. Модуль «оптимальне агрегування» монопроекту.
2. Модуль «кредитні стратегії»
3. Модуль «ринки і ринкові вікна»
4. Модуль функція Гамільтона (для оптимально агрегованого об'єкту).
5. Модулі інтерфейсні, що буде якщо та ризик аналізу.
6. Модулі статистики **імітаційної моделі**.

Вихід монопроекту – процес параметризований. Режими:

- моделювання і аналіз оптимальних процесів в просторі параметрів;
- режим «предиктор»;
- «статистика віртуальної реальності»;
- «автопілот».

Аналіз процесу і результатів обчислення модулем «монопроект»:

формат результату – функція користувача з параметрами: $KM(F, pr, pd, Tp)$, де:

F – параметр, **результат оптимального агрегування** ресурсної структури монопроекту, в тексті модуля подано як номера кроку: $F_u(n-dx)$; параметри pr, pa – ставки кредиту та дисконтування, Tp – тривалість проекту.

Тривалість проекту Tp – ключовий параметр у рішенні варіаційної оптимального розвитку. Вихід програмного модуля $KM(\bullet)$ – структура з матриці і вектору: $Vy := KM(F_u, pro, pd, Tp)$.

Розпаковка: $Vy := KM(F_u, pro, pd, Tp)$. Програма повертає масив і три числа:

$Vy^T = (\{5, 100\} \ 132.75 \ 120.6 \ 180.26)$

Вектор стану системи: $Vs := Vy_1$. Сумарний прибуток: $S \ Sp := Vy_2$; $Sp = 132.75$

Кредитів: $Vзяли \ Vy_3 \ Vзяли = 120.6 \ Pовернули := Vy_4$

Кількість кроків і період моделювання, крок моделювання $Dt := Tp \div Kk$.

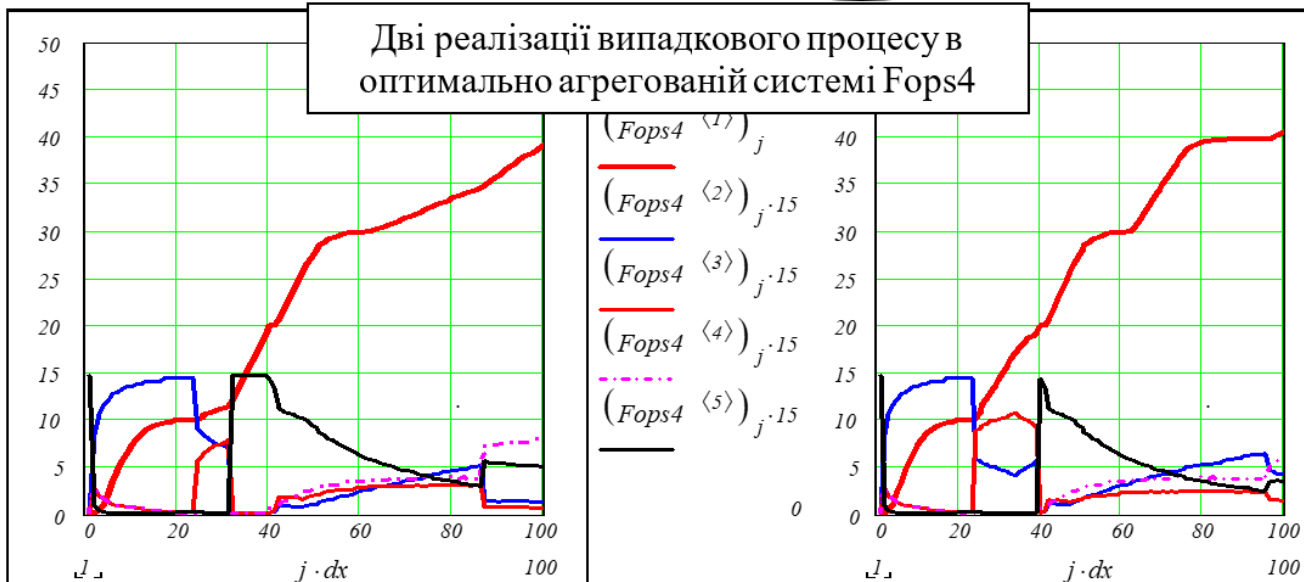
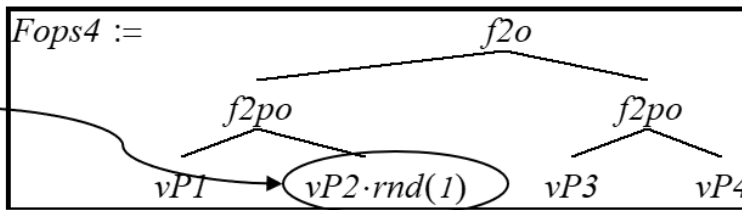
Специфікація вектору стану:	$\begin{pmatrix} uk & \text{"управління - частка в розвиток"} & Vs_{1,k} \\ x1 & \text{"темп сумарного виробництва"} & Vs_{2,k} \\ z1 & \text{"темп накопичення"} & Vs_{3,k} \\ xkr & \text{"темп зовнішніх ресурсів"} & Vs_{4,k} \\ -borg & \text{"темп повернення зовнішніх ресурсів"} & Vs_{5,k} \end{pmatrix}$
-----------------------------	--

9 Оптимальне управління часом виконання монопроекту



10 Урахування ризиків в монопроектах. Оптимальне агрегування системи з стохастичними параметрами

Введення стохастичних параметрів в операнди і оператори ресурсної моделі



11 Висновки

Для досягнення поставленої мети розробки і дослідження були поставлені і виконані такі задачі:

- аналіз стану розробки математичних моделей і орієнтованих на комп'ютерно інтегровані програмні рішення, і порівняльний аналіз відомих моделей оптимального функціонування. Отримання узагальненої математичної моделі системи проектів оптимального на базі методів оптимального агрегування.

- розробка прикладів рішення задач управління монопроектами і структурами з монопроектів. побудови комп'ютерно-інтегрованих систем оперативного управління та проведення досліджень для користувачів системи підтримки рішень.

Отримано два нових наукових результати:

1. Покращено рішення для задачі управління часом виконання проекту, де на відміну від існуючих методів управління часом виконання проектів виконується пошук відстаючих підсистем і засобів подолання відставань, використовується базове параметризоване рішення варіаційної задачі оптимального розвитку проекту, в яке вводиться параметр управління часом. Особливість такого проектного рішення, що воно входить в оператор оптимального агрегування і оптимально розподіляє ресурс з урахування корекції часу виконання, що дає змогу забезпечити оптимальність управління проектом.

2. Покращено бінарний оператор оптимального агрегування послідовної структури з проектів, де, на відміну від існуючого оператора оптимального агрегування послідовної структури виробництв, вводиться програмний модуль для корекції відхилення часу виконання агрегованої послідовної структури, що дає змогу підвищити ефективність управління послідовними структурами в проектах.