

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет комп'ютерних систем і автоматики
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра комп'ютерних систем управління
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Розробка і дослідження математичних моделей і програм оптимального управління розвитком виробництва для об'єктів з вертикально інтегрованими структурами»

Виконав: студент 2-го курсу, групи
2АКІТ-20м
спеціальності 151 – Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології
(шифр і назва спеціальності)

_____ Іван Пешко
(ім'я та прізвище)

Керівник: д.т.н., професор каф. КСУ

_____ Таїса Боровська
(ім'я та прізвище)

« ____ » _____ 2021 р.

Опонент: к.т.н., доцент каф. АІТ

_____ Ольга Софіна
(ім'я та прізвище)

« ____ » _____ 2021 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри КСУ

д.т.н., проф.

_____ Володимир Дубовой
(ім'я та прізвище)

« ____ » _____ 2021 р.

Вінницький національний технічний університет
Факультет комп'ютерних систем і автоматики
Кафедра комп'ютерних систем управління
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
Галузь знань – 15 Автоматизація та приладобудування
Спеціальність – 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
Освітньо-професійна програма Інтелектуальні комп'ютерні системи

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри КСУ

д.т.н., проф.

_____ Володимир Дубовой

«01» 10 2021 року

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

Пешко Івану Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської кваліфікаційної роботи «Розробка і дослідження математичних моделей і програм оптимального управління розвитком виробництва для об'єктів з вертикально інтегрованими структурами»

керівник магістерської кваліфікаційної роботи професор кафедри КСУ Боровська Таїса Миколаївна, д. т. н., професор

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від “24” 09 2021 року № 277

2. Строк подання студентом магістерської кваліфікаційної роботи 10.12. 2021 року

3. Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи: кількість видів продуктів виробництва до 20, кількість робочих ліній (конвеєрів) - 6, тривалості життєвого циклу продуктів виробництва 1-5 років, критерії – спряжені випуск, витрати , управління інтегрованим виробництвом оптимальне адаптивне, оперативне і стратегічне. Урахування впливу ринку – моделями - імітаторами. Урахування динаміки і статистики користувачів продукції моделями імітаторами лінійки продуктів з настроюванням параметрів ринку, методи оптимізації - оптимальне агрегування.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) –вступ, аналіз методів оптимального розподілу ресурсів на виробництво і розвиток; розробка математичних моделей «вертикально інтегровані структури»; розробка і тестування програмного модуля для системи з урахуванням впливу процесів розвитку.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) розробка об'єкту в структурі регіональної системи; ресурсна структура, деталізація; ізоморфне відображення блок-схеми системи у ДООА, моделі агрегування бінарних структур – паралельних і послідовних, тестування моделей виробництва, приклади результатів моделювання систем виробництва з послідовними структурами.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
1-3	д.т.н., професор кафедри КСУ Боровська Т.М.		
Економічний розділ	доцент кафедри ЕПВМ, доцент, к.е.н. Кавецький В.В.		

7. Дата видачі завдання “_01_”_10_2021 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз та огляд сучасних х систем управління	15.10.2021р.	
2	Аналіз методів оптимального розподілу ресурсів спрямованих на виробництво і розвиток	22.10.2021р.	
3	Розробка математичних моделей «послідовні структури»	27.10.2021р.	
4	Розробка програмного забезпечення системи	29.10.2021р.	
5	Математична модель поточної ефективності і прогнозу кінцевого стану виконання проекту.	15.11.2021р.	
6	Тестування програмного забезпечення	25.11.2021р.	
7	Оформлення пояснювальної записки, графічного матеріалу і презентації	01.12.2022р.	
8	Графічні матеріали: - Агрегована метамодель: система «модель - об'єкт». - Структура «вертикальна інтеграція» - Структура «башта моделей» - Класи бінарних структур оптимального агрегування - Ізоморфне відображення ресурсної структури в бінарне дерево оптимального агрегування	01.12. 2021 р. 01.12. 2021 р. 03.12. 2021 р. 03.12. 2021 р. 02.12. 2021 р.	
9	Захист МКР	22.12.2022р.	

Студент _____
(підпис)

_____ Іван Пешко

Керівник роботи _____
(підпис)

_____ Таїса Боровська

АНОТАЦІЯ

Розглядається актуальна для практики і нова для теорії задача оптимального управління процесами оптимального розвитку виробничої системи з вертикально інтегрованими структурами. В роботі досліджуються два класи вертикально інтегрованих структур - з параметричними і ресурсними зв'язками, що характеризуються відповідними функціями виробництва - «витрати, випуск» і функціями розвитку – «витрати, приріст виробничої потужності». Математична модель динаміки оптимального функціонування і розвитку виробничої системи складається з математичної моделі оперативного управління (однокрокової) і математичної моделі стратегічного управління (варіаційної задачі розвитку). Рішення задачі оптимального управління виробничою системою базоване на методах оптимального агрегування, що відрізняються від класичних методів розробки САУ тим, що метод оптимального агрегування базується на еквівалентній заміні багатовимірної задачі оптимізації системою одновимірних задач.

Рішення задачі оптимізації складається з трьох задач:

Задача 1 - аналіз заданої або розробленої ресурсної структури об'єкта управління, що відноситься до задач прикладного системного аналізу, оптимальне агрегування ресурсної структури, - отримання інформаційної структури «бінарне дерево оптимального агрегування» (ДОО), - отримання оптимальної еквівалентної функції виробництва (ОЕФВ) - залежності оптимального випуску, як функції сумарних витрат. Сумарні витрати задаються вектор-функцією оптимального розподілу ресурсів в залежності від сумарних витрат. Тобто маємо аналітичну адаптивну систему управління, що для кожного значення сумарного ресурсу видає вектор оптимального управління. За термінологією Р. Беллмана отримуємо однокрокове управління.

Задача 2 - постановка варіаційної задачі з інтегральним критерієм оптимальності для об'єкту ДОО (накопичений випуск за плановий період); рішення варіаційної задачі методом принципу максимуму.

Задача 3 - дезагрегування: рішення агрегованої варіаційної задачі - отримання оптимальних стратегій функціонування і розвитку для кожної підсисте-

ми (з схеми ресурсної структури об'єкту) та отримання моделі динаміки для кожної підсистеми ДОА. В підсумку отримуємо оптимальне управління виробництвом і розвитком для широкого класу багатовимірних виробничих систем з послідовними структурами.

***Ключові слова:** оптимальне агрегування, інтегровані структури, виробнича система, оптимальне агрегування, оптимальний розвиток, управління часом виконання, оптимізація, методи оптимізації, модель стратегічного управління.*

ABSTRACT

The problem of optimal control of the processes of optimal development of the production system with vertically integrated structures, which is relevant for practice and new for theory, is considered. The paper investigates two classes of vertically integrated structures - with parametric and resource connections, which are characterized by the corresponding functions of production - "costs, output" and development functions - "costs, increase in production capacity". The mathematical model of the dynamics of the optimal functioning and development of the production system consists of a mathematical model of operational management (one-step) and a mathematical model of strategic management (variational development problem). The solution of the problem of optimal control of the production system is based on the methods of optimal aggregation, which differ from the classical methods of ACS development in that the method of optimal aggregation is based on equivalent replacement of the multidimensional optimization problem by the system of one-dimensional problems.

The solution of the optimization problem consists of three tasks:

Task 1 - analysis of a given or developed resource structure of the control object, related to the tasks of applied system analysis, optimal aggregation of resource structure, - obtaining the information structure "binary tree of optimal aggregation" (DOA), - obtaining optimal equivalent production function (EEF) - the dependence of the optimal output as a function of total costs. The total costs are given by the vector function of the optimal allocation of resources depending on the total costs. That is, we have an analytical adaptive control system that produces a vector of optimal control for each value of the total resource. According to R. Bellman's terminology, we obtain one-step control.

Task 2 - statement of the variational problem with the integral criterion of optimality for the object DOA (accumulated output for the planning period); solution of the variational problem by the method of the maximum principle

Task 3 - disaggregation: the solution of the aggregated variational problem - obtaining optimal strategies of functioning and development for each subsystem

(from the scheme of resource structure of the object) and obtaining a model of dynamics for each subsystem DOA. As a result, we obtain optimal management of production and development for a wide class of multidimensional production systems with sequential structures.

Keywords: *optimal aggregation, integrated structures, production system, optimal aggregation, optimal development, execution time management, optimization, optimization methods, strategic management model.*

ЗМІСТ

ВСТУП.....	11
1. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЧОЮ СИСТЕМОЮ НА БАЗІ КЛАСИЧНИХ МЕТОДІВ І МЕТОДІВ ОПТИМАЛЬНОГО АГРЕГУВАННЯ	16
1.1 Базові ресурсні структури роботи	16
1.2 Порівняльний аналіз класичних методів і методів на базі оптимального агрегування як «інструментів аналізу і синтезу».....	18
1.3 Системи імітаційних моделей на базі оптимального агрегування.....	19
1.4 Метамоделі, приклад побудови і дослідження.....	21
1.5 Отримання моделей динаміки оптимально агрегованих систем	28
1.6 Розробка модуля "динаміка оптимально агрегованої виробничої системи" .	32
1.7 Узагальнення задач оперативного управління в систему моделей динаміки виробничої системи.....	38
Висновки до розділу 1	39
2. РОЗРОБКА І ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ І ПРОГРАМ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЦТВОМ І РОЗВИТКОМ ДЛЯ ОБ'ЄКТІВ З ПОСЛІДОВНИМИ СТРУКТУРАМИ.....	41
2.1 Проблеми сучасного виробництва - попит і пропозиція, конкуренція	41
2.2 Аналіз структур сучасних виробничих систем	42
2.3 Розробка систем оптимального оперативного управління	45
2.4 Комп'ютерно-інтегрована технологія розробки системи управління для об'єкта з послідовною структурою.	49
2.5 Альтернативні моделі і методи аналізу і оптимізації систем	51
2.6 Моделі освоєння і розвитку ресурсних структур	53
2.7 Порядок побудови оптимальних адаптивних систем для оптимально агрегованого об'єкту	54

2.8 Бінарні структури з ресурсним зворотним зв'язком	58
2.9. Аналіз структур з ресурсним зворотним зв'язком (РЗЗ).....	60
2.10 Побудова моделей системи з послідовними ресурсними структурами на базі методології оптимального агрегування.....	62
2.11. Аналіз базової структури сучасного виробництва	65
2.12 Аналіз базових моделей оптимального агрегування виробництва – динамічність, розвитку, попиту, конкуренції.....	67
2.13. Аналіз сучасних моделей послідовних структур виробничих систем	72
Висновки до розділу 2	72
3. РОЗРОБКА ПРОГРАМНИХ МОДУЛІВ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ І ДОСЛІДЖЕННЯ ОБ'ЄКТІВ З ПОСЛІДОВНИМИ СТРУКТУРАМИ	74
3.1 Рішення задачі «оптимальне агрегування - статика»	74
3.2 Розробка і тестування програмних модулів оптимального агрегування структур «вертикальна інтеграція»	77
Висновки до розділу 3	83
4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	85
4.1 Оцінювання наукового ефекту.....	85
4.2 Розрахунок витрат на здійснення науково-дослідної роботи.....	88
4.2.1 Витрати на оплату праці.....	88
4.2.2 Відрахування на соціальні заходи	91
4.2.3 Сировина та матеріали.....	91
4.2.4 Розрахунок витрат на комплектуючі.....	93
4.2.5 Спецустаткування для наукових (експериментальних) робіт	93
4.2.6 Програмне забезпечення для наукових (експериментальних) робіт	94
4.2.7 Амортизація обладнання, програмних засобів та приміщень	94
4.2.8 Паливо та енергія для науково-виробничих цілей	95
4.2.9 Службові відрядження.....	96

4.2.10 Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації.....	97
4.2.11 Інші витрати.....	97
4.2.12 Накладні (загальновиробничі) витрати.....	98
4.3 Оцінювання важливості та наукової значимості науково-дослідної роботи.	99
4.4 Висновки до розділу 4	100
ВИСНОВКИ.....	101
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	103
Додатки.....	110
Додаток А(обов'язковий)	111
Додаток Б (лістинг програми).....	114
Додаток В (ілюстративна частина).....	115

ВСТУП

Актуальність проблеми. Сучасний стан світового виробництва: - глобалізація, зростання ефективності за рахунок високих технологій і масштабів, мільйони автомобілів на дорогах і тисячі літаків в повітрі, а ще більше літаків і лайнерів в полях – непроданих. Вперше в історії людства виробництво продуктів харчування перевищило потреби. Змінилась структура суспільства: селяни – 5%, індустріальні виробники – 7%. Інші виробники – в обслуговуванні: доставка піци, домашні викладачі і тренери, робітники глобальних інформаційних структур.

По тематиці даної магістерської роботи було виконано бакалаврську роботу на тему «проект оптимального розвитку підприємства з урахуванням моментів запуску окремих виробництв». Ця робота дала необхідні знання з організаційних методів і стратегій як складової системи управління підприємством – важливий крок у виконанні магістерської за напрямом підготовки.

В пошуку аналогів не знайдено формального визначення терміну «комп'ютерно-інтегровані технології» - що з чим інтегрується: - виробництво в логіко- математичне середовище комп'ютера, чи програмно-логічна структура комп'ютера в структуру і логіку виробництва. Неважко прийти до висновку, що «чисте виробництво» не існує без компонентів «логістика», «рїтейл», «рециклінг» , «розвиток». Тобто повноцінні системи АСУ, АСУТП, АСПР повинні мати це в своєму складі не як автономні модулі, а як інтегровані і агреговані складові програмного забезпечення АСУ підприємства. Конфіденційність фірмового програмного забезпечення не дозволяє оцінити його рівень.

Головні проблеми науки в області управління глобалізованим виробництвом: розробка «твердих» математичних платформ» для методів оптимального адаптивного управління виробничими системами - від кондиціонера (їх тисячі в домах і фабриках) до державної економіки. Судячи

з суспільних і наукових публікацій, економісти і спеціалісти з управління ще не розробили моделі управління виробництвом в умовах насичених ринків і процесів «деглобалізації» виробництва у автономні кластери. Ці відмінності можна бачити в нових термінах 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 та ін. Головна проблема в названих змінах – відставання математичного і програмного забезпечення для сучасних виробництв від зростання складності, динамічності і стохастичності сучасних виробництв. Зокрема в сучасних програмних системах недостатньо використовується векторизація та символічні обчислення.

Тема даної роботи – розробка комп'ютерно інтегрованої системи оптимального управління виробництвом і розвитком для об'єкта з вертикально інтегрованою структурою виробництва.

Вертикальні структури всіх класів є складними нелінійними структурами з параметричними параметрами (один елемент змінює параметри іншого елемента, елементи з накопиченням, пам'яттю попередніх операцій нелінійними зв'язками). На відміну від аналогів виконання задач оптимізації – безпошукове. Це тема даної роботи.

В даній роботі подано ефективні проектне рішення оптимального адаптивного управління виробництвом і розвитком складними об'єктами – комп'ютерно інтегрованими виробничими системами «розвиток, виробництво, рітейл, рециклінг», що випускають одночасно вже освоєну і нову продукцію. Це виконується на базі методології оптимального агрегування. В сучасному конкурентному насиченому ринку малі запізнення з виходом на ринок ведуть до незворотних втрат доходів. Причини такого стану – прискорення розвитку виробничих та інформаційно-управлінських систем, глобалізація, зростання ефективності в цілому. В роботі виконується розробка оптимального адаптивного управління виробництвом і розвитком

виробничих систем з вертикально інтегрованими структурами. Математичні моделі таких структур складні для математичних методів. Задачі роботи можливо виконати тільки на базі оптимального агрегування. Аналоги розробки відсутні. Результати розробки - нові оператори оптимального агрегування – нові наукові результати. Потенційне практичне застосування результатів роботи – система підтримки рішень для аналітика-прогнозіста. Тому тема роботи безумовно актуальна і реалізуєма. Підстава успішного виконання - напрацювання школи наукового керівника - статті, монографії і дисертації.

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

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є підвищення ефективності управління сучасними інтегрованими виробництвами за рахунок розробки і використання узагальнених моделі і методів оптимального агрегування.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі задачі:

- провести аналіз стану розробки моделей систем проектів як динамічних систем і методів оптимального управління системними проектами розвитку виробництва;
- виконати аналіз типових систем проектів як динамічних структур з урахуванням специфіки виробництва і ритейлу, доведення продуктів виробництва до кінцевого користувача, та методів рециклінгу – ефективного використання відходів виробництва;
- виконати аналіз моделей сучасних ринків, зокрема з неповною інформацією і обмеженнями попиту і конкуренцією;
- розробити узагальнену параметризовану модель «виробництво, розвиток», модель оптимального агрегування вертикально інтегрованих структур.

Об'єкт дослідження – процеси функціонування виробничої системи з вертикально інтегрованими технологічними структурами.

Предмет дослідження – методи оптимального адаптивного управління на базі оптимального агрегування вертикальних ресурсних структур.

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

Наукова новизна одержаних результатів

1. Покращено модель оптимального агрегування «башта моделей». На відміну від аналогів певні рівні башти моделей можуть мати «розгалуження» – альтернативні технології переробки ресурсу.

Приклади – екологічні системи; «вовки, зайці», «вовки, зайці, трава». В техніці приклади більш складні.

2. Покращено бінарний оператор оптимального агрегування послідовної структури «вертикально інтегрована структура». На відміну від аналогів певні рівні вертикальної структури можуть мати паралельні елементи.

Приклади - вертикально інтегрована структура: «зернопереробка»; «переробка нафти» (невигідно продавати первинний ресурс – необхідно виробити з нього цінні продукти». Багаторівнева переробка не тільки дає прибутки, але і високотехнологічні робочі місця.

Практичне значення одержаних результатів в першу чергу в отриманні програмної системи для вивчення, дослідження і розробки підсистем підтримки рішень для експерта-аналітика. Сьогодні, по можливості, в склад розробки нової системи управління включають програмні засоби для отримання знань на «віртуальній реальності». Відмінність від існуючих стендів, що відтворюють існуючий об'єкт наша розробка відтворює новий об'єкт і метод управління. Зокрема це такі можливі програми для досліджень:

- модуль моделювання агрегування структури «вертикально інтегрована технологічна система»;
- модуль моделювання структури «башта моделей» ;
- модуль для дослідження на «віртуальній реальності».

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

Особистий внесок. Усі результати отримано автором самотійно. З робіт опублікованих у співавторстві, використовуються результати отримані особисто магістрантом: [1] – розробка оптимального адаптивного управління виробництвом і розвитком виробничих систем з вертикально інтегрованими структурами; [2] – система управління розвитком підприємства з урахуванням моментів запуску окремих виробництв; [3] – виконано аналіз публікацій з рециклінгу; [4] – модифіковано математичну модель оптимально агрегування: введено модуль управління часом досягнення заданих станів підсистеми.

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

- НТКП ВНТУ. Факультет комп'ютерних систем і автоматики, Ukraine, (2020, 2021)
- XV міжнародна конференція «Контроль і управління в складних системах (КУСС-2020)», м. Вінниця, Україна, 8-10 жовтня 2020 р.– Вінниця: ВНТУ, 2020.

Публікації. Результати теоретичних і експериментальних досліджень викладені в друкованих працях [1–4].

1. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЧОЮ СИСТЕМОЮ НА БАЗІ КЛАСИЧНИХ МЕТОДІВ І МЕТОДІВ ОПТИМАЛЬНОГО АГРЕГУВАННЯ

Робота базована на методології оптимального агрегування, яка дозволяє ставити і вирішувати нові і актуальні задачі виробництва, обслуговування, енергетики, технологій енерго- та екологічно- ефективної переробки ресурсів. Оптимальне агрегування знімає проблему розмірності об'єктів, тому можливо нову ставити задачу і отримувати рішення. Класичні методи аналізу і синтезу систем – фундаментальні досягнення людства, базовані на відсутності комп'ютерів. Оптимальне агрегування базується на властивостях сучасних комп'ютерів - векторизації, можливостям розпаралелювання, та ін. Це робить не тільки можливим створення нової алгебри оптимального агрегування, але і необхідним. Альтернативні методи не є «покращенням» - вони різні. Оптимальне агрегування є конструктивно-комп'ютерно-інтегрованою методологією. Порівняльний аналіз дає можливість кращого розуміння комп'ютерно інтегрованих методів. Для продуктивного порівняння необхідно знати і класичні методи аналізу і синтезу систем. Зауважимо: оптимізація методом оптимального агрегування – безпошукова.

1.1 Базові ресурсні структури роботи

Тема даної роботи нова і орієнтована на можливості комп'ютерно інтегрованих оптимального агрегування. Відмінність від профільних аналогів: в аналогах виконано «простих» послідовних структур. В даній роботі досліджуються декілька нових класів послідовних структур – «вертикальна інтеграція» та «башта моделей». Ці структури входять в склад реальних систем. Тому таке дослідження актуальне для практики. В даній роботі задано дослідження ресурсних послідовних структур виробничих систем, (рис. 1.1)

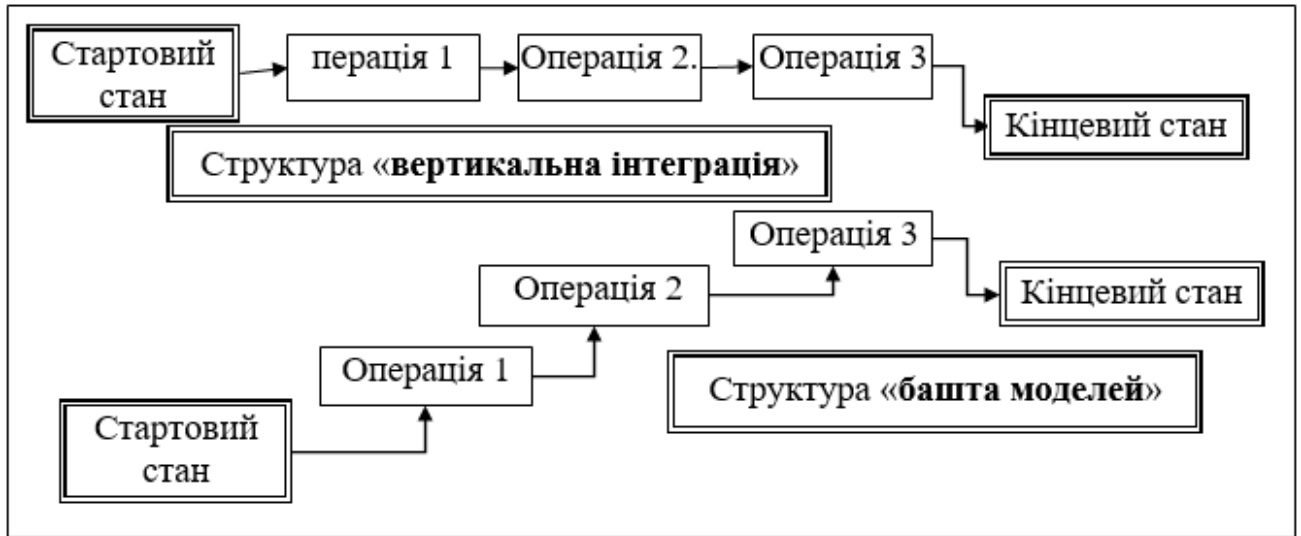


Рисунок 1.1 – Базові класи послідовних ресурсних структур

Базові структури вибрано не випадково – вони зустрічаються в складі реальних систем. Типові приклади – «глибока» переробка нафти, мінеральних ресурсів, індустрія цукру – насіння, вирощування, збирання, переробка в певну лінійку цукро продукції. Приклад «башти моделей» - екологічна структура «трава, зайці, вовки». Відома тільки одна стаття для структури такого класу.

Подаємо короткі визначення заданих для досліджень базових структури. В наступних розділах досліджуються більш складні структури на базі узагальнених паралельних структур. Далі аналізуються деталізовані ресурсні зв'язки. Для подальших розділів. Визначення базових ресурсних паралельних структур:

1. Структура «Вертикальна інтеграція»: вихід (випуск) певного елемента вертикальної структури використовується як вхід (витрати) наступного елемента структури (випуск). Приклади: нафтопереробка, цукро індустрія. Головні проблеми науки в області управління глобалізованим виробництвом: розробка оптимальних адаптивних безпошукових цілісних систем управління як елементами, так і системою в цілому.

2. Структура «Башта моделей»: вихід певного елемента (ресурс) структури є параметричним входом наступного елемента (витрати). Приклади: 1. великі улови сайри (складна морська структура) – раз на двадцять років 2. структура «трава, зайці, вовки» - стаття [55]. Структура «башта моделей» теж послідовна, але ресурсний зв'язок між елементами – параметричний: вихід

певного елемента змінює (покращує) параметри функції «витрати, випуск» наступного елемента. Тобто елементи послідовної структури з параметричним зв'язком мають два ресурсних входи –ресурси виробництва і ресурси для розвитку. Наступний крок розробки

1.2 Порівняльний аналіз класичних методів і методів на базі оптимального агрегування як «інструментів аналізу і синтезу»

Для рішення поставлених задач вибрано методологію оптимального агрегування. Методологія оптимального агрегування сумісна з класичними методами аналізу і синтезу. Однак, класичні методи сформувалися задовго до появи комп'ютерів. Важливість класичних методів не зменшується з появою комп'ютерів. Існують фундаментальні математичні задачі для фундаментальної математики. Методи оптимального агрегування легко вирішують нові проблеми (роботу з системами великої розмірності) задачі, недоступні для класичних методів. Класична математика дає не тільки «рецепт» рішення задачі, але також і розуміння задачі. В свою чергу, оптимальне агрегування дозволяє: отримувати не тільки рішення повністю недоступних для класичної методів задач, а також використовувати і створювати широкий спектр засобів розуміння рішень. «спектр засобів» - це ефективні імітаційні моделі і 3Д –графіки складних систем і процесів. Приклади: моделі стійкого розвитку регіональних систем, моделі сегментів і галузей виробництва, моделі систем проектів та моделі живучості з реконфігурацією (матрьошки) [55-57]. Дана робота призначена для розробки і досліджень інноваційних функціональних і ресурсних структур . Давно відомий напрям «імітаційні моделі систем і процесів». Сьогодні цей напрям знайшов інтенсивне застосування в нових актуальних практичних задачах, зокрема ресурсних випробуваннях, зокрема, газотурбінних двигунах. Тривалість таких випробувань – місяці і роки. Існуючі методи дозволяють отримувати задовільні «цифрові копії», що повинні бути одночасно: не занадто складними і легко імітуючими доволіні деталі натурального об'єкту. Саме моделі на базі оптимального агрегування дозволяють легко змінювати

деталізацію моделі до потрібного рівня. На рис. 1.2 подано приклад – бінарне дерево оптимального агрегування (ДОА) для системи з 16 елементів. Зауважимо унікальність системи імітаційних моделей з різними рівнями деталізації вони тотожні за обсягом інформації про ресурсну структуру (детальніше в розділі 2).

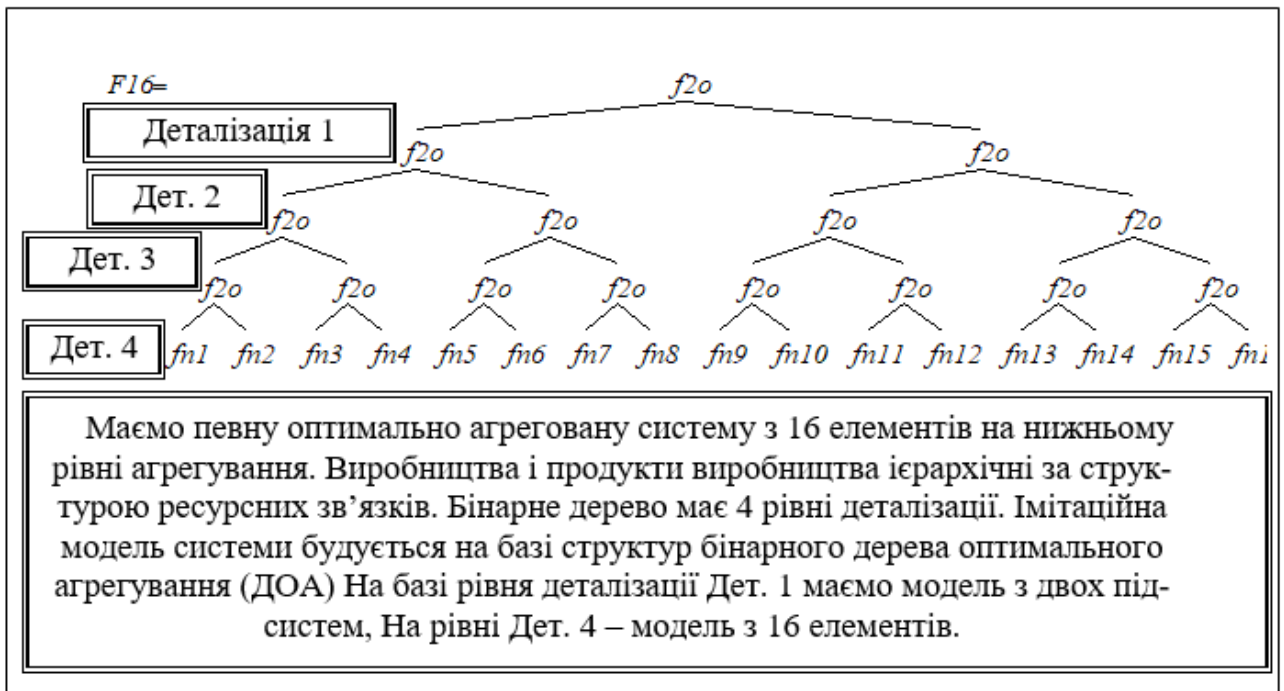


Рисунок 1.2 – Вибір деталізації імітаційної моделі на базі оптимального агрегування

Таким чином, методологія оптимального агрегування – не тільки ефективний метод оптимізації, але також засіб для побудови ефективних імітаційних моделей метод, що забезпечує простоту модифікації моделі, простий перехід від моделей з різними рівнями деталізації. Розробник систем управління зі знаннями і розумінням може винайти і реалізувати оптимальні адаптивні імітаційні моделі на базі побудови систем з оптимально агрегованих моделей. Розглянемо приклад такої моделі, з подальшою модифікацією до завдань даної магістерської роботи .

1.3 Системи імітаційних моделей на базі оптимального агрегування

Розглянемо систему з двох математичних моделей: "натурний об'єкт" і модель об'єкта (спостерігач) компоненти системи взаємно відслідковують

зміни параметрів. Згадаємо концепцію спостерігача стану [16]: спостерігач – модель об'єкту в зворотному зв'язку системи управління. В простішому випадку модель об'єкту дає значення параметра, що не вимірюється в об'єкті. Практики називають це безприладними вимірюваннями.

Методи оптимального агрегування крім вже розглянутих можливостей дають нові можливості в створенні систем моделей, - це метамоделі, моделі-предиктори детерміновані і стохастичні. Можлива побудова оптимально агрегованих моделей - «проектів розвитку» і «систем проектів». [6, 56] методологія оптимального агрегування дозволяє створювати складні імітаційні моделі систем виробників, моделі ринків . Зокрема, на базі оптимального агрегування, розроблені і досліджені імітаційні моделі «один на фоні всіх». На рис. 1.3 подано приклад моделювання системи з 20- ти виробників. Задана ситуація: «спад для всіх і відновлення після спаду». На рисунку подано дві реалізації випадкового процесу «функціонування і розвиток системи виробників певного сегменту виробництва і ринку». Взаємодія виробників – через ринки ресурсів і продуктів. "Метамодель3"- нова розробка, без прямих аналогів, побудована на базі оптимального агрегування, складається з математичної моделі системи, що проектується і розробляється, і натурального об'єкту.

На 3Д –графіках подано для кожного виробника траєкторію стану в координатах: час процесу, темп виробництва, ранг виробника . Відмінність графіків верхніх і нижніх : дві реалізації випадкового процесу . Відмінність правих і лівих: аксонометрія , вид згори. На 3Д – графіках виділено два близьких за рангами виробника (конкуренти). Порівнюємо верхні і нижні пари графіків. На верхніх – після відновлення – ранг «червоного» вище; на нижніх графіках –вище ранг «синього». Наважко побачити корисність моделі: за рахунок необтяжуючої доробки моделі можемо порівнювати варіанти різних методів управління виробництвом в реалістично-імітованих процесах. Нагадуємо, що методи оптимального агрегування знімають проблеми нелінійностей, невизначеностей і проблеми розмірності та рівня деталізації імітаційних моделей.

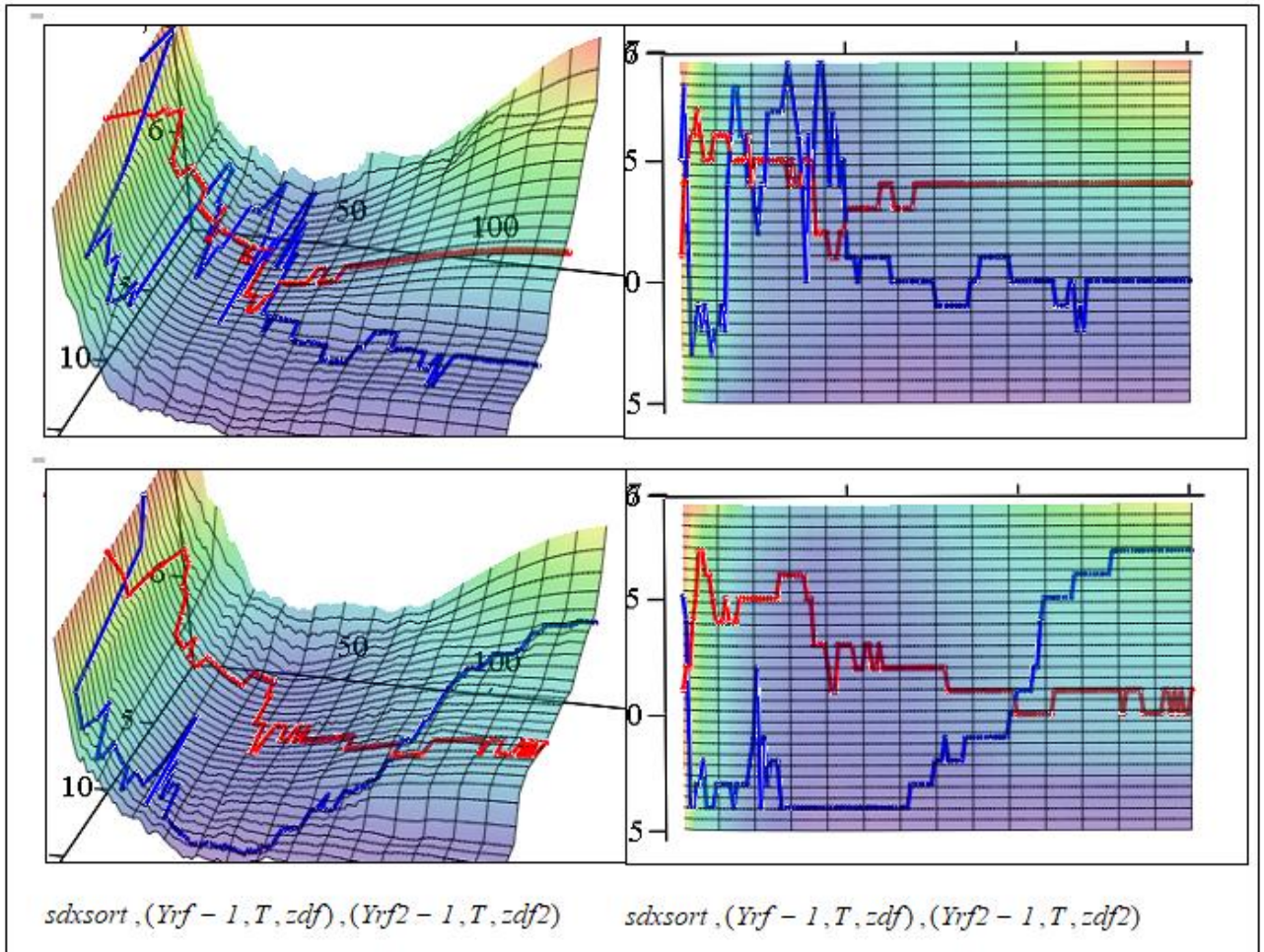


Рисунок 1.3 – Приклад моделювання: сегмент виробництва, стан ринку
«загальний спад і відновлення після спаду»

Наважко побачити корисність моделі: за рахунок необтяжуючої доробки моделі можемо порівнювати варіанти різних методів управління виробництвом в реалістично-імітованих процесах. В поданому прикладі ми маємо множину пов'язаних імітаційних моделей одного класу. Останнє зауваження: в залежності від мети дослідження сегмент виробництва можна розглядати як: - цілісну складну систему, -множину окремих виробників на певному регіональному ринку.

1.4 Метамоделі, приклад побудови і дослідження

Метамоделі є певним розширенням концепції спостерігача стану в двох напрямках: - використання оптимально агрегованих моделей; - симетрія впливів модель- процес: метамоделі - розробка оптимально агрегованої системи виробників – моделювання.

На рис. 7 подано приклад моделювання процесів функціонування і розвитку в системі «метамодель». В даному випадку «метамодель» - система з двох динамічних підсистем. Ці підсистеми – об’єкт та імітаційна модель об’єкту. Можлива більш абстрактна версія метамоделі – обидві підсистеми є імітаційними моделями., або підсистема «об’єкт» натуральна. Ці моделі оптимально агрегуються з параметрами – ще невизначеними управліннями. На початку роботи відзначено інформаційну тотожність реальної та агрегованої моделей. Результат такої можливості – оперування одночасно з натуральним об’єктом і агрегованою моделлю.

Прикладний зміст метамоделі: частини метамоделі взаємно вимірюються і покращуються. Аналог системи – спостерігач стану і параметрів – симетричній. На рис. 1.4 – приклад моделювання. Реалізація частин метамоделі

В розділах 2, 3 подано приклади рішень типових задач управління методами оптимального агрегування. Відомі рішення цих задач на базі класичних (пошукових) методів. В цьому розділ – огляді подаємо приклад постановки і рішення такої задачі на базі методології оптимального агрегування, Зміст задачі: маємо певний реальний об’єкт в стані розвитку (наприклад комп’ютерна система управління складним об’єктом – двигуном, реактором-синтезатором...). На відміну від концепції системи з спостерігачем стану, система є симетричною: підсистеми обмінюються інформацією про стани : - мета обміну взаємоадаптація підсистем. В статтях [11, 12] подано розробку і тестування такої системи, оптимально агреговані: об’єкт і його імітаційна модель. На рис. 6 подано математичну модель об’єкту та імітаційну модель цього об’єкту. На відміну від моделей виробничих систем, де елементи – відображення реальних об’єктів, в метамоделі – один з елементів – «цифрова копія» реально існуючого об’єкту, другий елемент – певним чином – модель, що розвивається як лідер у інноваціях в комп’ютерному середовищі. В підсумку маємо імітаційну модель сумісного функціонування і розвитку об’єкту і системи управління об’єктом. Ця область є відкритою для інноваційних досліджень. Моделювання і дослідження метамоделі. В

заключення подаємо приклад розробки «симетричної системи» управління і адаптації. Сьогодні стандартом програмного забезпечення виробничих систем стають «цифрові копії» натурального об'єкту – досить адекватні імітаційні моделі об'єкту відтворюють статистику, динаміку, розвиток і реконфігурацію систем при відмовах. Елементи метамоделі узгоджено змінюються для покращення показників ефективності метамоделі в цілому. Нагадаємо особливості інформаційних технологій конструювання нових моделей для нових на базі методів оптимального агрегування: орієнтація на кінцеве рішення: – функція користувача з параметрами, ; - зняття проблем збіжності і пошуків. На рис. 1.6 бачимо базові моделі (M1 – M4).. Новий компонент метамоделі – операції агрегування, виконання операції над агрегованим об'єктом, дезагрегування – для отримання оптимального управління кожною підсистемою. Таким чином в ІУС інтегруються задачі локального і глобального управління об'єктом.

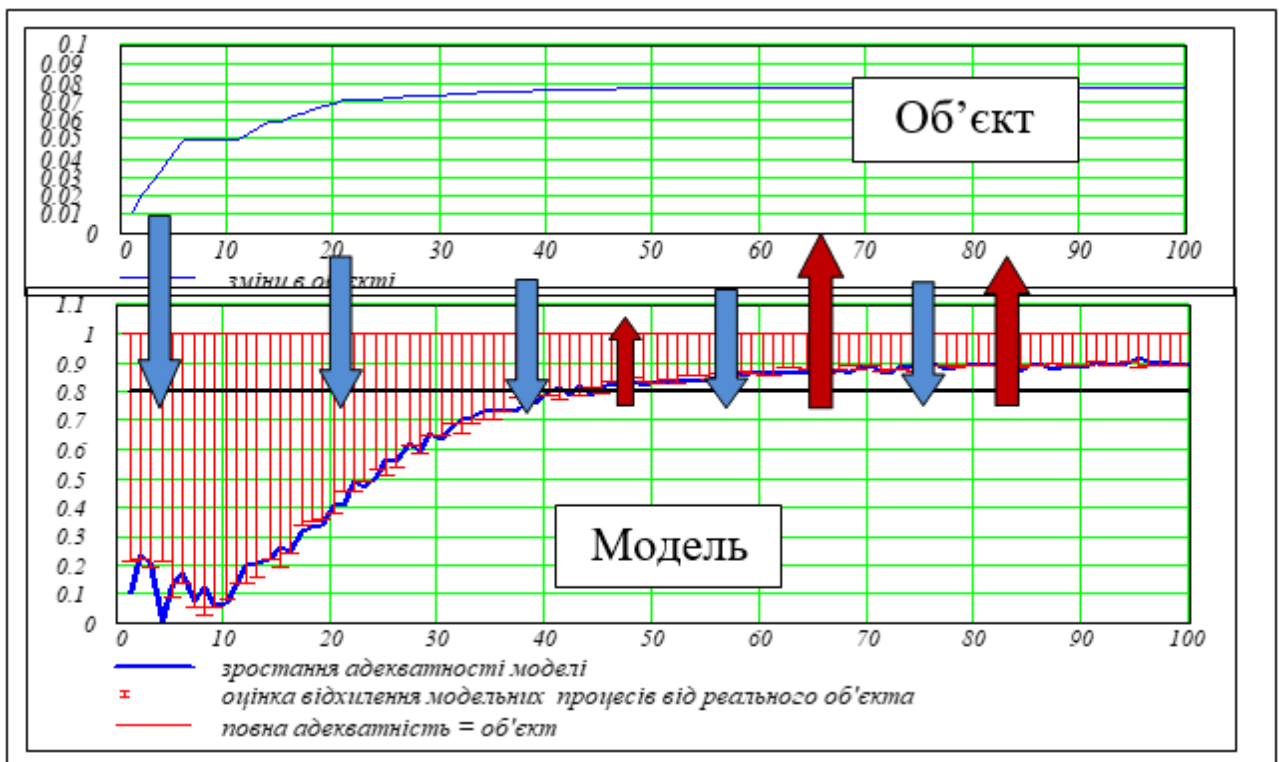


Рисунок 1.4 – Схема процесу побудови моделі існуючого об'єкту»

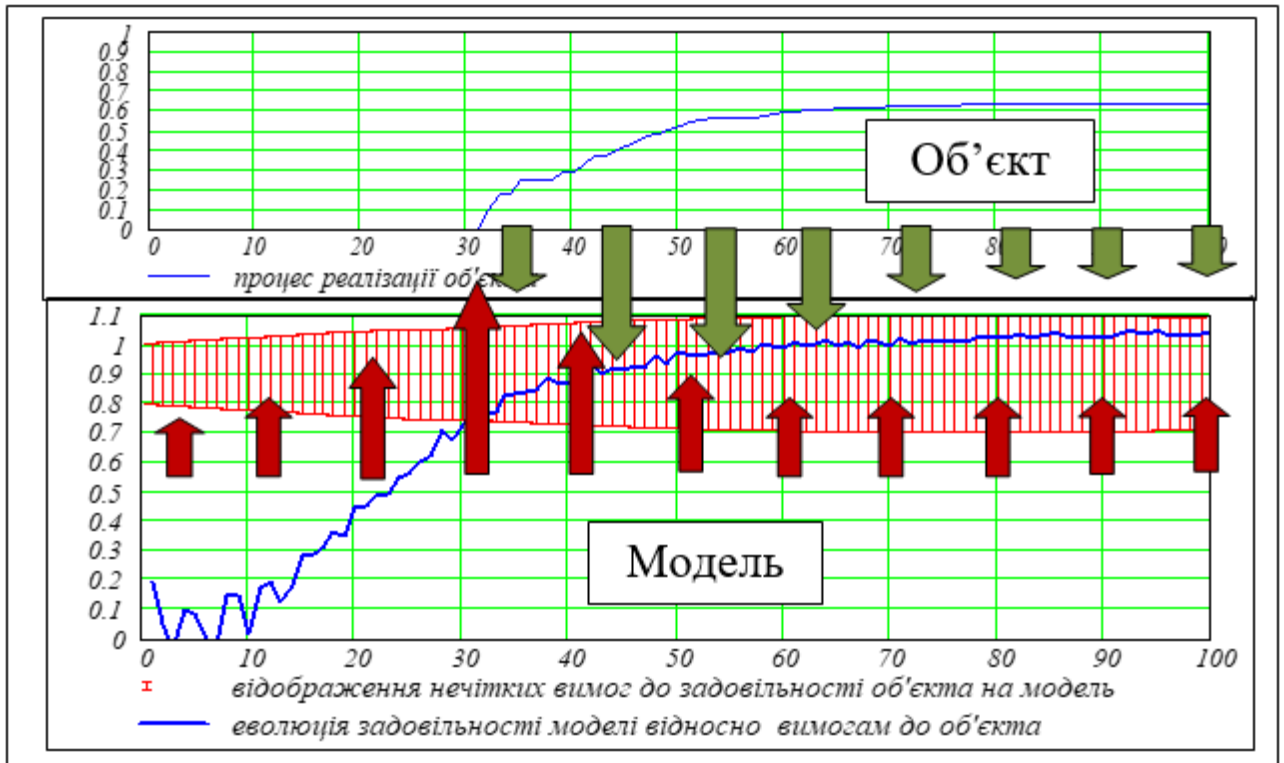


Рисунок 1.5 – Схема процесу побудови моделі нового, ще не реалізованого об'єкту

Як можна бачити з рис. 1.4, 1.5, обмін інформацією між натурним об'єктом і його моделлю може бути різноспрямованим, більш і менш інтенсивним на різних інтервалах функціонування і розвитку. Тобто, режим зв'язків моделі і об'єкта не може бути вичерпно-формалізованим. Складні ситуації в процесах виробництва і розвитку сьогодні правило, а не виключення. Методологія оптимального агрегування дає можливість задовільно і ефективно управляти складними інноваційними процесами.

Виникає питання – як саме формувати зв'язки взаємного впливу «модель→об'єкт» і об'єкт→модель. Ці задачі потребують саме розуміння об'єкта і задачі.

На рис. 1.6 подано структуру інформаційних функціональних зв'язків в метамоделі. Бачимо симетричну структуру: «імітаційна модель = робоча модель– об'єкт». Елементи цієї структури мають внутрішні і зовнішні зв'язки. Між підсистемами «модель» і «об'єкт» маємо зв'язки «корекція об'єкту і управління», «корекція моделі», що реалізують корекцію системи управління і моделі. Від розробника і користувача системи потрібне розуміння

метамоделі: це не знання та вміння а здатність до прогнозування об'єкту «що зробити, щоб...».



Рисунок 1.6 – Агрегована метамодель – система «модель - об'єкт».

Схема на цьому слайді - результат освоєння досить великого обсягу літератури з практики виконання проектів в ракетно-космічній, авіаційній, автомобільній сфері – монографій, публікацій. Були вивчені моделі з відомих книг Еріха Янча, Кевіна Келле, Джея Форрестера та ін. Більша частина системних моделей впливів, навчання, освоєння є стохастичними. Об'єкти управління - багатовимірні ми.

Розробка цієї моделі інноваційна, а тому виконувалась крок за кроком: детермінована модель, моделі зі стохастичними зв'язками, стохастична модель і, нарешті, - комплекс з моделі процесів і моделі розподілів ймовірностей. На рис. 1.7 подана детермінована математична модель системи «метамодель». Саме на базі цієї моделі побудована програма імітаційного моделювання «метамодель».

Як і для всіх оптимально агрегованих об'єктів, метамодель може будуватись з бажаним рівнем деталізації.

<p>Модель системи $N \times M$. Виробництво j-го продукту i-им виробником $(Y1_t)_{i,j} = fr \left[(X1_{t-1})_{i,j}, Mp1_{i,j}, k1 \right]$ - функція розвитку $(Mp2_t)_{i,j} = (Mp2_{t-1})_{i,j} + Ds \left[(Y1_{t-1})_{i,j} \right]$ - динаміка параметрів ФВ $(Y2_t)_{i,j} = fv \left[(X2_{t-1})_{i,j}, (Mp2_t)_{i,j}, k2 \right]$ - функція виробництва</p> <p>Базова задача кожного виробника: максимізація власного сумарного випуску Базова узагальнена субмодель локального управління: Обробка вхідних даних $xs_{i,j} = xs_{i,j} \cdot \alpha + (X_{t+1})_{i,j} \cdot (1 - \alpha)$; - ковзне середнє змінних стану. $dxs_{i,j} = dxs_{i,j} \cdot \beta + \Delta xs_{i,j} \cdot (1 - \beta)$; - ковзне середнє змінних стану $efp_{i,j} = a1 \cdot xs_{i,j} + a2 \cdot dxs_{i,j}$ - показник ефективності</p> <p>Розподіл 1: імовірнісна (лотерейна) частка $Rpm_{i,t} = Rs_{i,t} \cdot lox_i$, Детермінована частка $Rdp_{i,t} = Rs_{i,t} \cdot (1 - lox_i)$.</p> <p>Розподіл 2: "лотерейний" $(rpm_t)_{i,j} = Rpm_{i,t} \cdot P(rzp_{i,j})$, пропорційний $(rdp_t)_{i,j} = Rdp \cdot rzp_{i,j}$</p> <p>Розподіл 3: ресурсу для кожного елемента: $r_{i,j} = (rpm_t)_{i,j} + (rdp_t)_{i,j}$</p> <p>Параметри $0 \leq \alpha \leq 1, 0 \leq \beta \leq 1$ – об'єкти настроювання в залежності від швидкості змін рівня шумів. Модель управління відтворює відомі алгоритми локального управління вибором параметрів α, β, lox.</p>	<p>Переваги моделі</p> <p>М1 Єдина структура моделі функціонування і розвитку.</p> <p>М2 Єдина параметризована структура локального управління</p> <p>М3 Алгебраїзація. Зведення моделі системи виробників до псевдоодновимірної форми – нелінійного різницевого рівняння: $S_k = Fno(S_{k-1}, U_{k-1}, V_{k-1})$</p> <p>Н4 Новий підхід до аналізу ризиків ВС в активному оточенні («один на фоні всіх») Нові наукові результати розробки «метамодель». Інфообмін між натурними об'єктами та цифровими копіями імітаційними моделями)</p>
--	---

Рисунок 1.7 – Математична модель системи «метамодель»

Збираємо підсумки. Маємо нову поставлену (структура, математична модель, агрегування (не показано), моделювання). Цей результат новий, що свідчить про теоретичну потужність і практичну цінність методів оптимального агрегування. Зробимо останній крок в конструюванні нових моделей для нових задач – виконаємо моделювання (рис. 1.7) і аналіз результатів моделювання.

В останні десятиріччя інтенсивно розвивається виробництво продукції любого класу з елементами нових ефективних технологій в різних сферах – аграрній, технічній, комунікаційній... Вперш в світовій історії досягнуто насичення ринків продовольчих продуктів, автомобілів, лайнерів морських і повітряних. Головне: у науки і держуправління немає математичних моделей і методів для управління з адекватним математичним забезпеченням. Більшим і малим комп'ютерним системам по суті невідомо, що необхідно розраховувати. На рис.1 представлені

В даному випадку «метамодель» - система з двох динамічних підсистем. Ці підсистеми – об’єкт та імітаційна модель об’єкту. Можлива більш абстрактна версія метамоделі – обидві підсистеми. є імітаційними моделями. Ці моделі оптимально агрегуються з параметрами – ще невизначеними управліннями. На початку розділу відзначено інформаційну тотожність реальної та агрегованої моделей. Результат такої можливості – оперування одночасно з натуральною і агрегованою моделями. Прикладний зміст метамоделі: частини метамоделі взаємно вимірюються і покращуються. Аналог системи – спостерігач стану і параметрів – симетричній. На рис. 1.8 – подано приклад моделювання метамоделі. Нагадуємо, це результат побудови структури (рис. 1.6), потім математичної моделі функціонування (рис. 1.7)

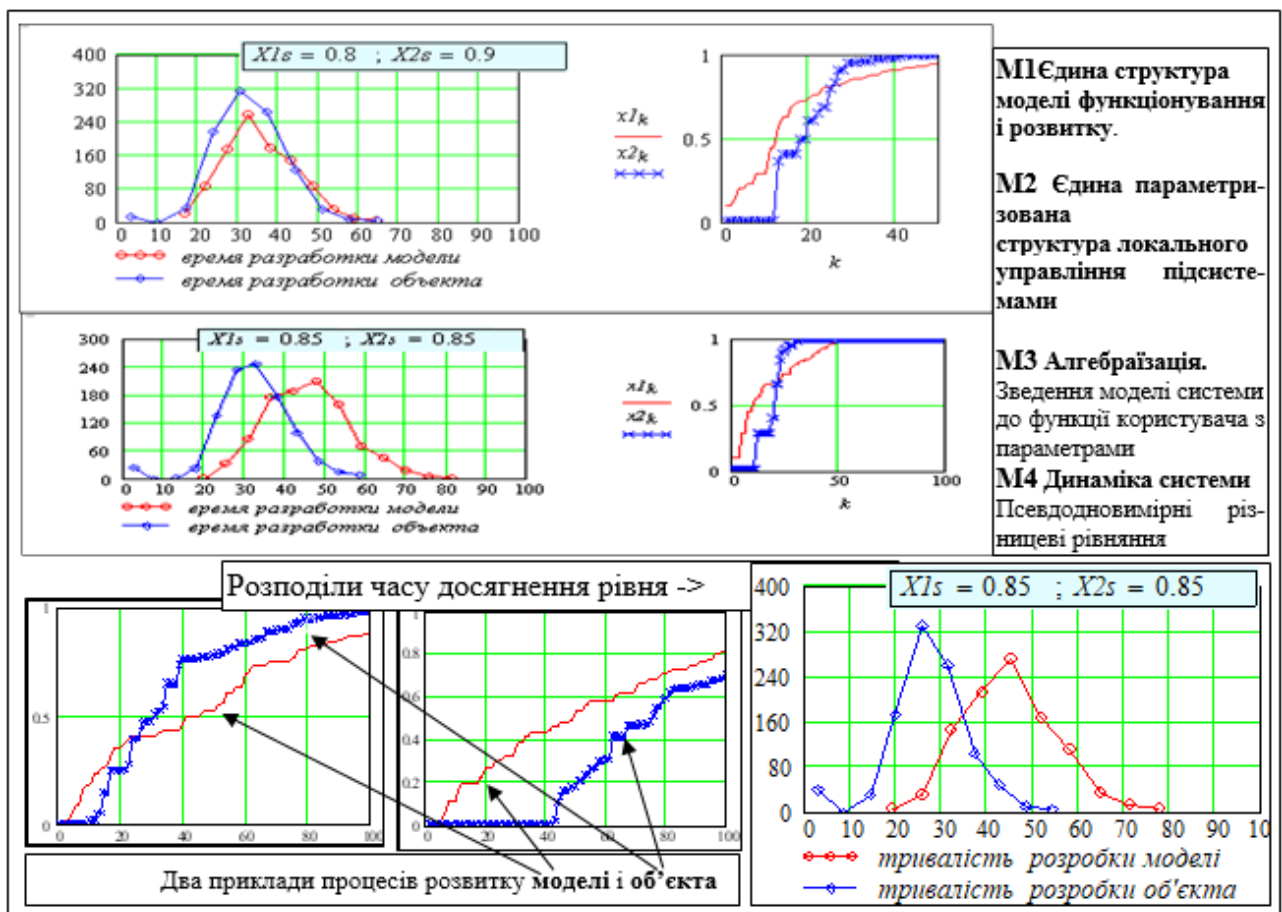


Рисунок 1.8 – Результати моделювання метамоделі комп’ютерної системи управління.

Праворуч подано дві реалізації стохастичних процесів зростання рівнів виконання процесів розвитку підсистем «система управління» і «імітаційна

модель об'єкту». Бачимо нестрого-монотонне зростання станів завершеності і ефективності підсистем.

Ліворуч дві реалізації розподілів ймовірностей прирощення ефективності складових метамоделі. Для першої реалізації моди емпіричних розподілів майже однакові, для другої реалізації моди є різними. Повторенням запуску програми моделювання системи можна набирати «статистику віртуальної реальності, адекватність якої залежить від адекватності моделі об'єкту і моделі породження стохастичності (невизначеностей і збурень). Одне з використань моделі – науково обґрунтована оцінка ризиків для виконавця і кредитора проекту.

1.5 Отримання моделей динаміки оптимально агрегованих систем

Один з пунктів новизни роботи - розробка варіанту модуля динаміки оптимально агрегованих систем [55-57]. Конкретний зміст новизни моделі динаміки – складні послідовні ресурсні структури - «вертикальна інтеграція» і «башта моделей». Подаємо словесний сценарій функціонування оптимально агрегованої виробничої системи :

- крок 1: від ІВС отримується структура стану об'єкту – виробничої системи, (згідно ДОО – дерева оптимального агрегування);
- крок 2: виконується параметризоване оптимальне агрегування (згідно ресурсній структурі стану);
- крок 3: отримується ОЕФВ – оптимальна еквівалентна функція виробництва – функція «сумарні витрати, сумарний випуск»;
- крок 4: згідно поточній задачі оптимізації (пряма, спряжена) виконується оптимальне агрегування і отримується оптимальний розподіл – ресурсів, або навантажень і його компоненти подаються у відповідні підсистеми ДОО (дерева оптимального агрегування) ;
- крок 5: для всіх підсистем вирішується стандартна задача отримання перехідного процесу для заданих управлінь;
- крок 6: інформація про поточні стани локальних САУ подається в глобальну ІВС для обробки і видачі в підсистеми управління.

В класичній теорії управління моделі динаміки об'єктів класифікують за складністю потрібних математичних методів аналізу і синтезу (побудови перехідних процесів та розрахунку параметрів законів управління). Задача отримання процесів в системі в цілому і всіх підсистемах спрощується за рахунок оптимального агрегування на кожному кроці дискретного процесу. Подаємо моделі об'єкту упорядковані за складністю:

- лінійна система, об'єкти x , u - вектори стану і управління;

$$x_{k+1} = A \cdot x_k + B \cdot u_k \quad (1.1)$$

- нелінійна система, об'єкти - матриці стану [1, 3];

$$Mu_{k+1} = Mu_k + Nast(Mu_k, dMu_k) \quad (1.2)$$

- нелінійна система, об'єкти - матриці стану, U_k, P_k - управління і збурення.

$$Mu_{k+1} = Op(M_k, U_k, P_k) \quad (1.3)$$

В даній роботі, на рівні виробничої системи, управління - розподіл ресурсів чи навантаження. Синтез управління - рішення задачі оптимального агрегування. В рамках класичних методів і класичної освіти об'єкти (1.2), (1.3) є занадто складними, в рамках же методології оптимального агрегування всі ці об'єкти - подаються векторами, що обробляються однаково для лінійних, нелінійних, нестационарних і стохастичних систем. Крім цього, сучасні комп'ютери багатопроцесорні і мають режими векторизації. Ефективність методів оптимального агрегування базована на можливостях векторизації обчислень

Розглянемо приклади типових динамічних систем класу : двигуни

- ДВЗ (двигун внутрішнього згорання) реагує швидко на зміну подачі палива – змінює потужність;
- ГТД (газотурбінний-двигун) на зміну подачі палива реагує повільно через велику масу роторів компресора і турбіни.
- Біореактор реагує на зміну подачі свіжого субстрату, температуру і концентрацію активних мікроорганізмів подібно ДВЗ и ГТД. Аналогічні реакції на управляючу дію в металургійних агрегатах, хімреакторах, системах

виробництва хліба, кераміки. Ядерні реактори – приклади об’єктів з нестійким станом рівноваги. Ідеально ефективний стійкий, надійно автоматизований об’єкт – тандир для випічки лаваш- хліба: хліб падає тільки, коли спечеться – не раніше і не пізніше.

Тандир – це зразок для сучасних автоматизованих систем, а саме вбудовування функції регулювання в конструкцію об’єкта. Такий принцип закладено в трьохвальному двоконтурному ГТД для великих лайнерів. Двигун ефективно (економічно) працює на всіх режимах – від мінімального до максимального, а певна частина регулювання процесів виконується за рахунок потрібної взаємодії між підсистемами двигуна, що оптимально розподіляють потоки і температури. Тобто в сучасних технічних системах можна забезпечити управління без комп’ютера і не тільки для ГТД. В певній мірі таке «об’єктно орієнтоване» управління можливо забезпечити на базі оптимального агрегування ресурсних структур об’єкту проектування. Нагадаємо: тема роботи не має близьких аналогів на рівні проектних рішень .

Ще один спосіб регулювання темпу виробництва –«згладжування» потоку потреб в продуктах виробництва за рахунок буферних складів. Загальним у всіх техпроцесах виробництва матеріальної продукції є монотонна залежність «витрати ресурсів – випуск продукції». Зауважимо, що концентрація і глобалізація виробництва може приводити до зменшення сумарних витрат при збільшенні обсягу сумарного виробництва. Однак, сучасний стан глобального виробництва вже обмежується падінням глобального попиту. Поки невідомі методи управління в умовах обмеженого попиту.

В першому наближенні розглянемо дві моделі динаміки виробництва: - інерційне запізнення і часове запізнення.

Сформуємо тестову модель динаміки багатопродуктового виробництва. Маємо розімкнуту систему, де задається рівень сумарного ресурсу виробництва, а система управління повинна оптимально розподілити цей ресурс між підсистемами (виробництвами окремих продуктів). Нехай підсистема витрачала x_d ресурсів і випускала продукт у кількості

$y_d = fn(x_d, vP_n)$, де $n := 1..N$ - індекс продукту виробництва, $d := 2..D$ - індекс дискретного часу. З моменту $d + 1$ підсистема отримує $x_{d+1} \neq x_d$ ресурс якщо знехтувати запізненням то випуск на наступному кроці квантування буде $y_{d+1} = fn(x_{d+1}, vP_n)$.

Відобразимо інерційність лінійним дифрівнянням першого порядку:

$$Tpn \cdot \frac{d}{dt} x(t) = a \cdot x(t) + b \cdot (xtr(t) - x(t)) .$$

Записуємо еквівалентну дискретну модель:

$$(t_d - t_{d-1} = \Delta t; \frac{Tpn \cdot (x_d - x_{d-1})}{\Delta t} = a \cdot x_d + b \cdot (xtr_d - x_{d-1})); \quad (1.4)$$

Після перетворень отримуємо.

$$\begin{aligned} Tpn \cdot (x_d - x_{d-1}) &= a \cdot x_d \cdot \Delta t + b \cdot (xtr_d - x_{d-1}) \cdot \Delta t; \\ \Rightarrow (Tpn - a \cdot \Delta t) \cdot x_d &= Tpn \cdot x_{d-1} + b \cdot (xtr_d - x_{d-1}) \cdot \Delta t; \end{aligned} \quad (1.5)$$

Розв'язуємо відносно x_d і отримуємо

$$x_d = \frac{Tpn \cdot x_{d-1}}{(Tpn - a \cdot \Delta t)} + \frac{b \cdot (xtr_d - x_{d-1}) \cdot \Delta t}{(Tpn - a \cdot \Delta t)} \quad (1.6)$$

В усталеному стані темп виробництва повинен дорівнювати заданому.

Задаємо тестові дані $a := 1$ (коєф. підсилення); $\Delta t := 2$ (крок квантування), $Tpn := 10$ (інерційність). Ідеальне навантаження виробничих потужностей – це режим максимальної ефективності на протязі досить довгого періоду часу.

Для великих і потужних систем головним компонентом розробки систем управління суттєвий компонент розробки – програми тестування. Натурні експерименти на великих системах – тривалі, витратні, небезпечні. В даній роботі сформовані модулі тестування, що подані в розділі 3 разом з програмами оперативного управління. Завдання розробника стосуються ефективною програмною реалізацією математичного рішення по підсистемам комп'ютерної системи.

Вирішена нова задача отримання параметризованої ОЕФВ для випадку функцій виробництва різних параметричних класів. Це дозволяє розробити систему оперативного управління для випадку неномінальних станів.

1.6 Розробка модуля "динаміка оптимально агрегованої виробничої системи"

В попередніх розділах обґрунтовано і досліджено математичні моделі і програми статички виробничої системи. На цьому рівні підсистеми виробничої системи характеризуються функціями класу «витрати, випуск», Сучасне виробництво обросло численними сервісами – фінанси, логістика, маркетинг, рітейл і масове обслуговування. Все це може бути ураховано введенням у виробничу функцію – відповідних параметрів – векторів цін ресурсів і продуктів, технологічних параметрів та ін.

Вибрані методи оптимального агрегування дозволяють ставити і вирішувати задачі оптимізації виробничих систем. Фінальний крок у розробці комп'ютерної системи оперативного управління - розробка математичних моделей і програм оперативного управління станом виробничої системи. Далі подано програмні модулі і приклади моделювання процесів для номінальних і неномінальних умов.

В розділах 1.1- 1.4 показано, що методи оптимального агрегування однаково застосовні для лінійних і нелінійних систем.

В розділах 1.1 – 1.3 показано, що моделі динаміки оптимально агрегованих систем однаково застосовні для номінальних і неномінальних режимів функціонування.

Формальна постановка задачі: задана структура виробничої системи (BC), функції виробництва (ФВ) і функції ресурсних зв'язків між підсистемами, вирішена задача оптимального агрегування :

$$Y_s = Fops(X_s, vPs, vC),$$

де X_s - сумарні витрати ресурсів, Y_s - сумарний випуск продукції, вектор параметрів BC - vPs та цін ресурсів і продуктів - vC . Вираз для Y_s - для

розуміння, методи оптимального агрегування - для створення відповідних програмних модулів.

Потрібно на кожному інтервалі часу для заданого обмеження сумарного ресурсу знайти його оптимальний розподіл між підсистемами. Простіший критерій оптимізації - сумарне виробництво. Формальна математична задача - для кожного інтервалі знайти вектор оптимального розподілу ресурсу з урахуванням змінних X_s, vP_s, vC . Далі подано рішення задачі на конкретному прикладі.

Змістовна постановка задачі. Задача є не можливою в розв'язанні в рамках класичних методів нелінійного програмування і рутинною в рамках методології оптимального агрегування. Задаємо вхідні дані тестового прикладу розробки модуля динаміки (система з чотирьох підсистем):

На рис. 1.1 подано структури (матриці) що подають результати оптимального агрегування виробничої системи - рішення задачі оптимізації: оптимального розподілу ресурсу (навантаження для заданої системи з 4-ох підсистем): $Opa := Paramagi(mP)^T$ - коротке ім'я результату оптимального агрегування. Бачимо, що в Opa , перший рядок - сумарне виробництво, сума 2-5-го рядків = одиниця ("1") – це нормований розподіл ресурсів. Бачимо також - різні матриці параметрів породжують різні результати оптимального агрегування. Проаналізуємо важливий для виконання розроблених програм аспект оптимізації. Запишемо ОЕФВ в звичному вигляді: $Y_s = Fops(X_s, vP)$ – випуск сумарний = функція від сумарного ресурсу і вектора параметрів. Це результат оптимізації розподілу ресурсу за критерієм сумарного випуску. Цей максимум необхідно знаходити для сітки значень величини сумарного ресурсу і сітки значень кожного елемента вектора параметрів vP . Тобто маємо багатовимірну оптимізацію? Головний результат для користувача програми, що оптимальне агрегування виконується для певного значення сумарного ресурсу $X_{s,i}$ з урахуванням вектора параметрів vP . Потрібні додаткові обчислювальні витрати залежать від структури комп'ютерної системи і ефективності прикладної програми. Тестування програм оптимального

агрегування параметризованих структур показало їх ефективність за умови розробки раціональних програм.

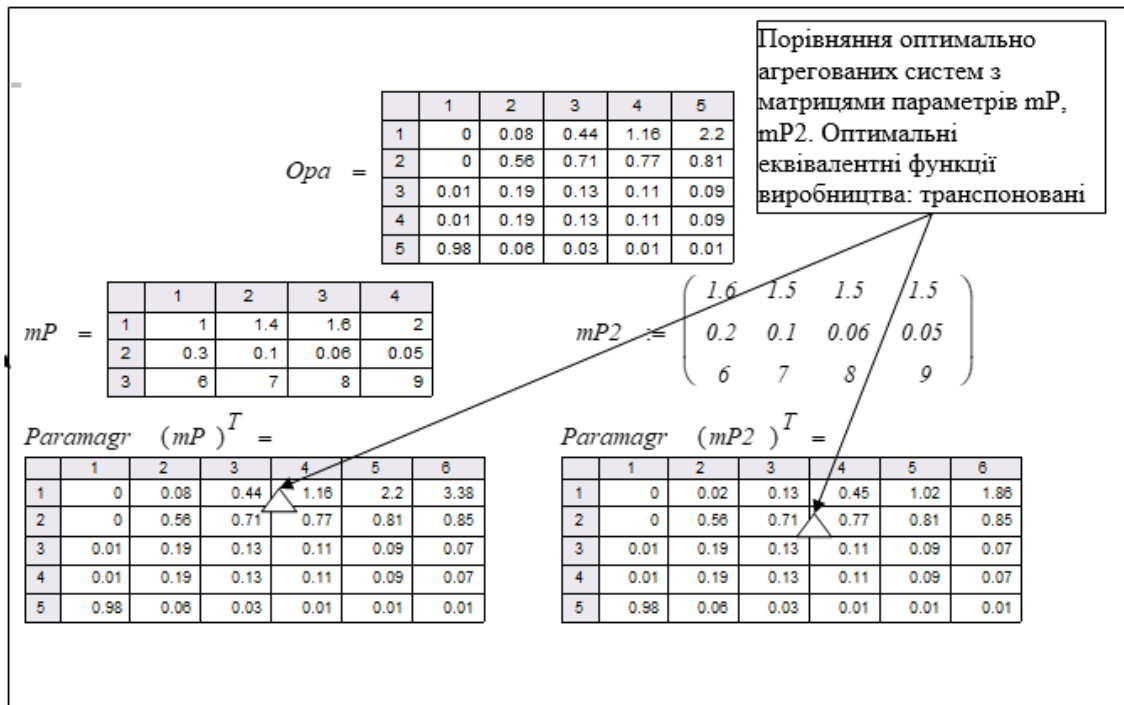


Рисунок 1.9 – Результат оптимального агрегування «оптимальні еквівалентні функції виробництва»

Виділимо субматрицю $Maopr$ з $Paramagr(mP)^T$ - рядки 2-5. На рис. 1.10 подано рішення для цієї функції.

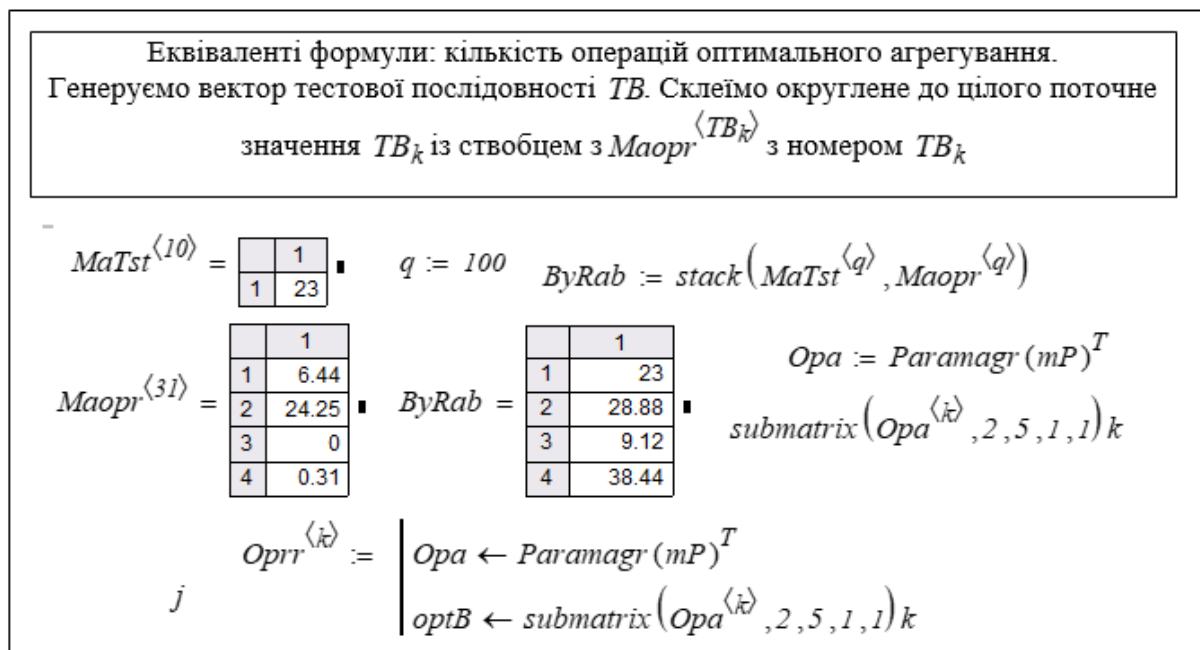


Рисунок 1.10 – Формування масивів даних «оптимальні розподіли ресурсу» для модуля «динаміка»

На рис. 1.11 подана версія модуля «динаміка підсистем».

$OPdin =$	$OPA \leftarrow (Paramagr(mP))^T$ $\text{for } k \in 1..60$ $Xtr_k \leftarrow (MaTst^T)_k + 60$ $ytr^{(k)} \leftarrow Oprrr((Xtr_k))$ $\text{for } n \in 1..N$ $y_{k+1,n} \leftarrow Odin[y_{k,n}, (ytr^{(k)})_n, Tpn, b, \Delta t]$ $"qq"$ $\begin{pmatrix} y \\ xtr \end{pmatrix}$
$Oprf(Rys) :=$	$Opa \leftarrow Paramagr(mP)^T$ $optB \leftarrow submatrix(Opa^{(Rys)}, 2, 5, 1, 1)_{Rys}$ $"gg"$ $optB$

Рисунок 1.11 – Модуль «динаміка підсистем»

В програмі на рис 1.11 два цикли: зовнішній - час процесу, внутрішній - підсистеми. Можлива швидка - векторизована версія для структур великої розмірності. На рис. 1.12 подана версія «Блок даних для побудови графіків».

$(MaTst^T)_k$	$Oprrr^{(k)} :=$	$Opa \leftarrow Paramagr(mP)^T$ $optB \leftarrow submatrix(Opa^{(k)}, 2, 5, 1, 1)_k$																																																								
$Odin[x_{k,n}, (xtr^{(k)})_n, Tpn, b, \Delta t]$	$vyx := OPdin_1;$	$vxo := OPdin_2$																																																								
$OPdin =$ <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr><td></td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>[101,4]</td></tr> <tr><td>2</td><td>[4,100]</td></tr> </table>		1	1	[101,4]	2	[4,100]	$vyx =$ <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr> <tr><td>1</td><td>20</td><td>20</td><td>20</td><td>20</td></tr> <tr><td>2</td><td>20.19</td><td>16.41</td><td>18.93</td><td>20.47</td></tr> <tr><td>3</td><td>28.08</td><td>15.46</td><td>20.58</td><td>18.69</td></tr> <tr><td>4</td><td>32.81</td><td>14.88</td><td>21.56</td><td>17.62</td></tr> </table>		1	2	3	4	1	20	20	20	20	2	20.19	16.41	18.93	20.47	3	28.08	15.46	20.58	18.69	4	32.81	14.88	21.56	17.62	$vxo =$ <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr><td></td><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr> <tr><td>1</td><td>20.48</td><td>39.92</td><td>39.92</td><td>39.92</td></tr> <tr><td>2</td><td>11.03</td><td>14.02</td><td>14.02</td><td>14.02</td></tr> <tr><td>3</td><td>17.33</td><td>23.05</td><td>23.05</td><td>23.05</td></tr> <tr><td>4</td><td>21.18</td><td>16.01</td><td>16.01</td><td>16.01</td></tr> </table>		1	2	3	4	1	20.48	39.92	39.92	39.92	2	11.03	14.02	14.02	14.02	3	17.33	23.05	23.05	23.05	4	21.18	16.01	16.01	16.01
	1																																																									
1	[101,4]																																																									
2	[4,100]																																																									
	1	2	3	4																																																						
1	20	20	20	20																																																						
2	20.19	16.41	18.93	20.47																																																						
3	28.08	15.46	20.58	18.69																																																						
4	32.81	14.88	21.56	17.62																																																						
	1	2	3	4																																																						
1	20.48	39.92	39.92	39.92																																																						
2	11.03	14.02	14.02	14.02																																																						
3	17.33	23.05	23.05	23.05																																																						
4	21.18	16.01	16.01	16.01																																																						
$y1 := vyx^{(1)}$ $y2 := vyx^{(2)}$ $y3 := vyx^{(3)}$ $y4 := vyx^{(4)}$ $kk := 1..100$	$sumpr := \sum_{n=1}^4 vyx^{(n)}$	$xr1 := (vxo^T)^{(1)}$ $xr2 := (vxo^T)^{(2)}$ $xr3 := (vxo^T)^{(3)}$ $xr4 := (vxo^T)^{(4)}$																																																								

Рисунок 1.12 – Дані для побудови графіків процесів виробництва

На рис. 1.13 подано приклад моделювання процесів виробництва для тестової системи. Подано реалізацію процесів функціонування виробничої системи. Графіки входу реалізують такий випадковий сценарій входної дії: потік замовлень на партію продукту і термін виконання. Вгорі подано: вхід загальний і його оптимальний розподіл між підсистемами. В нижній частині: вихід сумарний і його складові – випуск окремих підсистем. Праворуч подано функції виробництва підсистем і дві реалізації ОЕФВ – при зміні матриці параметрів. На рис 1.13 подано дві текстові кнопки (жм, ХХЗ) – випадкова зміна потоку замовлень на продукти виробництва; і випадкова зміна матриці параметрів матриці параметрів ВС.

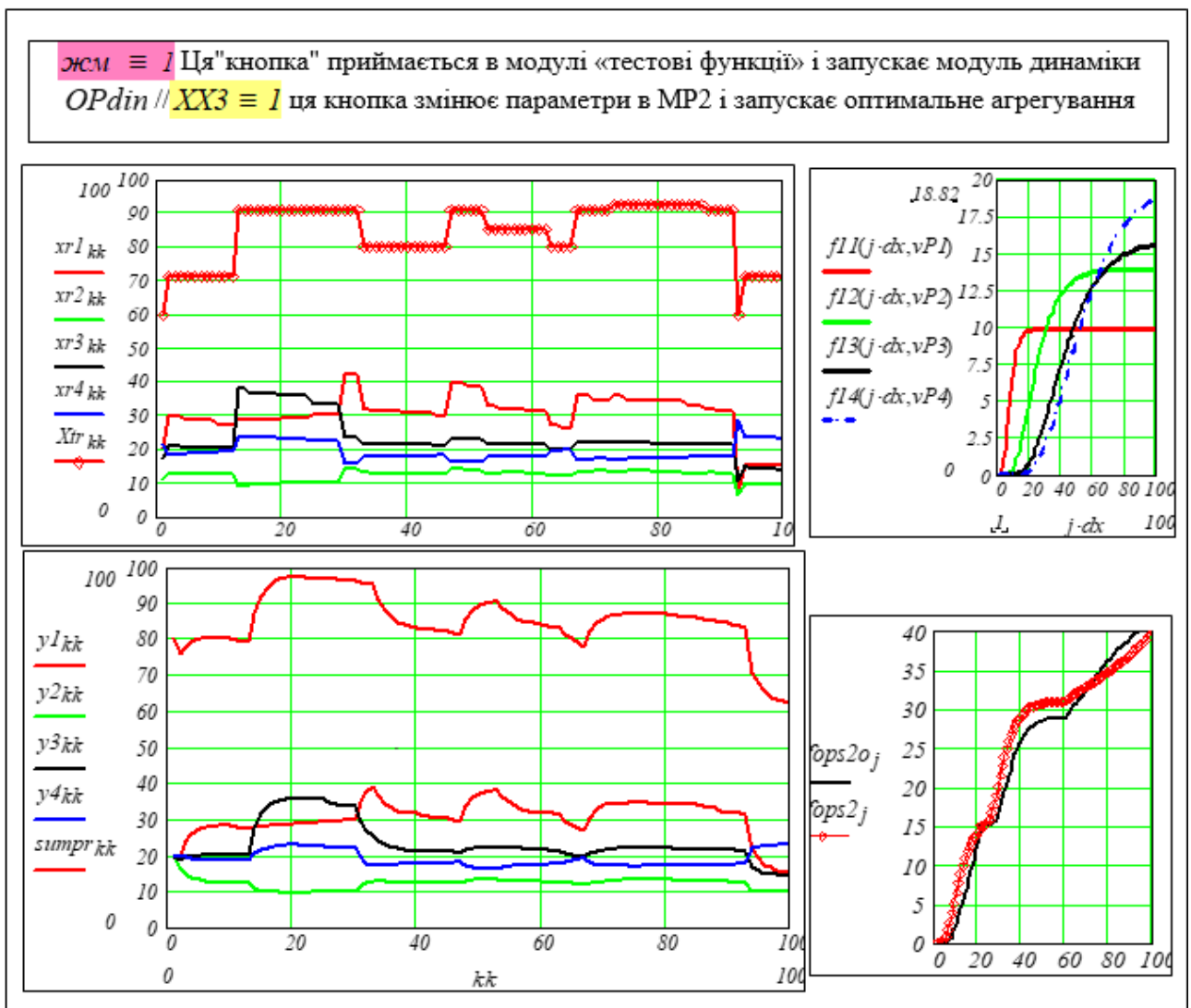


Рисунок 1.13 – Тестування модуля «динаміка процесів» в підсистемах і виробничій системі

Програмні модулі дозволяють вводити довільні тестові дії. В даному випадку вибрано (верхній графік) випадкові за часом і обсягом замовлення. В нижній частині верхнього графіку- оптимальний розподіл навантаження між 4-ма підсистемами. На нижньому графіку подано: подано сумарний вихід і виходи всіх підсистем. Праворуч подано функції виробництва підсистем та дві реалізації оптимально агрегованої оптимальної еквівалентна функції системи. На базі оптимального агрегування неважко включити в функції «витрати – випуск програми-генератори випадкових функцій з довільним розподілом або «породжуючим механізмом».

Бачимо, що оптимальне агрегування досить складний вхід - потік замовлень вибрано складний. В підсумку завжди отримуємо оптимальний розподіл навантаження між підсистемами в поставленій задачі. Візуальне осмислення процесів є важливим елементом навчання персоналу – і керівників і виконавців. На рис. 1.14 подано поряд дві реалізації випадкових процесів в тому ж форматі, що і на рис. 1.13.

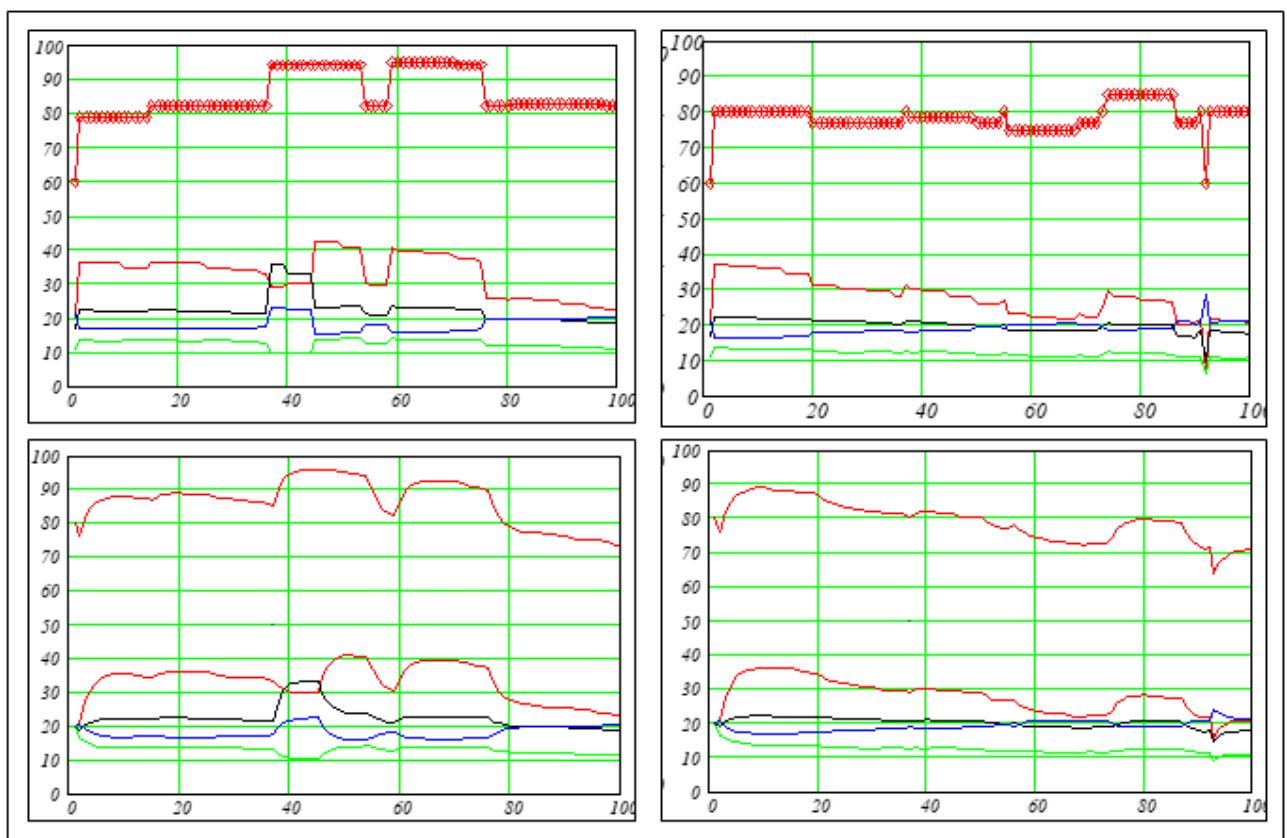


Рисунок 1.14 – Тестування модуля «динаміка процесів» - порівняння двох реалізацій процесів відпрацювання випадкового процесу потреб в продукції

1.7 Узагальнення задач оперативного управління в систему моделей динаміки виробничої системи.

Дана розробка – частина досліджень керівника і попередніх дипломників. Вона має попередні роботи і заплановані наступні. Подаємо вибрані для дослідження перспективні моделі динаміки для раціональних і оптимально агрегованих виробничих систем з заданими послідовними структурами в порядку узагальнення:

M1. Базова модель елемента класу "витрати, випуск":

$$(u_k := 0; Vpe := \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix});$$

$y_{k+1} = Fde(y_k, x_k, Vpe, u_k)$, де y_k - "випуск", x_k - "витрати", Vpe - вектор параметрів моделі, u_k - управління елементом (відрізняємо : - управління ресурс x_k і регулювання u_k дії на верстати, агрегати, конвеєри .

M2. Модель оптимально агрегованої виробничої системи,

$Ys_{k+1} = FdS(Ys_k, Xs_k, Mps, Us_k)$, де Ys_k - вектор виходів ("випуск") ВС, Xs_k - вектор входів ("витрати"), Mps - матриця параметрів системи, Us_k - управління (оптимально агрегованою одновимірною системою)

M3. Векторизовані та псевдо одновимірні моделі :

$(Y_{m,n})_{k+1} = Fdv[(Y_{m,n})_k, X_k, Vpe, U_k]$, де $Y_{m,n}$ - елемент матриці стану системи M виробників, N - продуктів виробництва, MN - система - сегмент виробництва і відповідний ринок, актуальний клас моделей динамічних систем. Методи управління підприємством в оточенні множин конкурентів і користувачів.

Робоча модель для складних соціо-техніко-екологічних систем

$Ystr_{k+1} = Fds(Ystr_k, Xstr_k, VPstr_k, VEstr_k)$, де $Ystr_k$, $Xstr_k$, $VPstr_k$, $VEstr_k$ - матрично-векторні структури: "стан", "вхід", "параметри", "збурення", Fds - оператор переходу між станами.

M4 - САУ з спостерігачами стану і параметрів –на елементах бінарного дерева оптимального агрегування.

Висновки до розділу 1

Дана робота не має прямих аналогів в об'єктах і методах побудови управлінь. Призначення роботи – розробка і дослідження двох проблемних структур – «вертикальна інтеграція» та «башта моделей». Для класичних методів аналізу і синтезу управління такі структури з суттєвими нелінійностями, параметричними ресурсними зв'язками і високою розмірністю – недоступні. Повноцінна розробка математичних моделей і програм можлива тільки на базі методів оптимального агрегування. Подано дослідження і практичне застосування оптимізації інтегрованої системи «виробництво, розвиток, ритейл». Подано аналіз математичної моделі «оптимізація інтегрованої структури виробництво розвиток». Виконано варіантний аналіз для рішення оптимізаційної задачі і вибрано методи оптимального агрегування для оптимізації паралельних і послідовних ресурсних структур. Виконано аналіз нової актуальної для теорії і практики задачі розробки системи оптимальної адаптивної системи управління стійким розвитком регіональної системи. Попередній пошук за ключовими словами дав велику кількість аналогів і прототипів. Через вимогу оптимізації ступінчастих функцій виробництва кількість аналогів і прототипів скоротилася. На базі аналізу аналогів за ключами «розвиток виробництва», «математичні моделі оптимально розвитку» не знайдено аналогів математичних моделей «виробництво, розвиток» на математичній базі. Виявлено критичність процесів інтегрованого розвитку для стійкості і виживання регіональних систем. Для рішення складної задачі оптимізації вибрано методи оптимального агрегування, що базуються на відповідні алгебри оптимального агрегування. Потенційна перевага вибраних методів – тверда математична основа – алгебра оптимального агрегування. Рішенням оптимізаційної задачі методом оптимального агрегування є структура «бінарне дерево оптимального агрегування», що дозволяє аналізувати і досліджувати нову задачу «виробництво, розвиток, ритейл». Вибір методів оптимального агрегування обумовлений також властивостями рішення багатовимірної оптимізаційної задачі: можливості параметризації цільової функції оптимального агрегування. Це означає можливість отримувати рішення

оптимізаційної задачі як функцію вибраних параметрів, наприклад цін ресурсів і продуктів виробництва. Наука управління розглядає інформаційні, функціональні і ресурсні структури систем. Методологія оптимального агрегування базована на ресурсних структурах, і була природно вибрана для побудови математичних моделей. Оптимальне агрегування не виключає інформаційних і функціональних аспектів систем.

В даному розділі була поставлена мета побудови цілісної методичної бази з постановкою і прикладами рішення типових задач. Виконано аналіз таких задач: базові ресурсні структури роботи і порівняльний аналіз класичних методів і методів на базі оптимального агрегування як «інструментів аналізу і синтезу»; системи імітаційних моделей на базі оптимального агрегування; метамодель, приклад побудови і дослідження узагальненого спостерігача стану і параметрів; отримання моделей динаміки оптимально агрегованих систем; розробка модуля "динаміка оптимально агрегованої виробничої системи"; узагальнення задач оперативного управління в систему моделей динаміки ПС. Важлива можливість методів оптимального агрегування: розробка узагальненої моделі рішення варіаційної задачі розвитку на базі отримання функції Гамільтона для об'єктів довільної розмірності. Порядок рішення варіаційної задачі: спочатку виконується оптимальне агрегування об'єкту, а потім будується модель варіаційної задачі розвитку для агрегованого об'єкту. Оптимальне агрегування зберігає інформацію про попередні операції оптимального агрегування в ресурсній структурі системи. Оптимальна еквівалентна функція системи містить інформацію про попередні агрегування. Тому в програмний модуль варіаційної задачі додається підпрограма – дезагрегування. Так отримуються процеси оптимального розвитку для кожного елементу системи. Вибране за основу даної розробки управління системою рішення варіаційної задачі розвитку, є продовженням робіт Беллмана «варіаційна задача Марковіца», «узагальнена варіаційна задача розподілу». В результаті вибрано шлях вирішення поставлених задач: розробка нової версії бінарного оператора оптимального агрегування послідовних структур з параметричним зв'язком «виробництво, розвиток».

2. РОЗРОБКА І ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ І ПРОГРАМ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЦТВОМ І РОЗВИТКОМ ДЛЯ ОБ'ЄКТІВ З ПОСЛІДОВНИМИ СТРУКТУРАМИ

В цьому розділі виконується постановка задач оптимального агрегування елементів послідовних структур. Вже на етапі вибору теми вибрано методи оптимального агрегування для рішення задач магістерської роботи: оптимального агрегування систем виробництво розвиток зі складними послідовними ресурсними структурами. На відміну від класичних методів оптимальне агрегування тільки лінійно збільшує обсяг обчислень при зростанні розмірності задачі оптимізації і так же лінійно обсяг витрат часу для розробника нових моделей для нових задач. В даному розділі подано наступний крок розробки більш конкретизованої і деталізованої моделі системи з послідовною структурою. Для актуальних задач параметризації оптимальних рішень.

2.1 Проблеми сучасного виробництва - попит і пропозиція, конкуренція

Сьогодні закриття головного підприємства у певному райцентрі веде до закриття школи, технікуму, клубу і породжує процеси, подібні до детройтського. Детройт - молоде і велике індустріальне місто втратило свою індустрію, освіту культуру не через економічну чи кліматичну кризу, а через соціальну нестабільність – заводи закрилися, а потім закрилися театри, музеї, бібліотеки. Великий прогрес в області інтелектуальних технологій та комп'ютерно-інтегрованих систем (публікації з безпошукових інтелектуальних систем [23]) поки не дав задовільних результатів у побудові ефективного управління складними нестационарними і стохастичними системами різних масштабів – від селища до мегаполісів. Причинами нерезультативності вважалися спочатку недостатні обчислювальні потужності комп'ютерних систем. Ще в епоху Беллмана було доведено, що аналіз, синтез, оптимізація і

адаптація великих систем неможлива не через дефіцит комп'ютерних систем («прокляття розмірності»), а через дефіцит математичних моделей і методів, інтегрованих з комп'ютерними системами.

Конкретний приклад – базування класичної теорії на теорії лінійних систем. Другий приклад – проблемність в інтеграції моделей систем з різних галузей і дисциплін. Це не дозволяє при розробці моделей конкретних систем урахувати всі аспекти системи: виробництво, ринкову економіку, екологію, соціологію, стійкість соціо-техніко-економічних структур (СТЕС). В розділі подана розробка оптимально агрегованих систем класу «виробництво, розвиток, ритейл» з послідовними структурами.

2.2 Аналіз структур сучасних виробничих систем

При аналізі потреб ринку необхідно враховувати такі фактори як зовнішнє середовище, що здійснює безпосередній вплив на реалізаційну діяльність промислового чи іншого господарського підприємства, тому вивченню підлягають: - дійсні законодавчі акти, що контролюють реалізаційну діяльність підприємства, та оцінка впливу на можливий суб'єкт господарської діяльності. На рис. 2.5 подано функціональну і ресурсну структури для базової структури виробничої системи послідовна структура двох класів: з ресурсним зв'язком між елементами і параметричним. Ресурсний зв'язок: вхід певного елемента. Бачимо підсистеми «виробництво», «постачання», «банки», «попит», «Постачання», «повернення витрат» - останнє - це функції відношення об'єкту з зовнішнім середовищем. Така модель незручна до комп'ютеризації і побудови програмного забезпечення. В нижній частині рис.2.1 подано базові послідовні ресурсні структури виробничої системи – двох класів: «башта моделей» і «вертикальна інтеграція». Відмінність структур: в структурі з параметричним зв'язком «башта моделей» вихід попереднього елемента – змінює параметри наступного. Така структура зручна для формалізації: всі елементи належать до одного класу.

В структурі «вертикальна інтеграція» ресурсний вхід одного елемента є виходом попереднього, а ресурсний вихід цього елемента є ресурсним входом

наступного (рис. 2.1). Методи оптимального агрегування базовані на відповідній алгебри, що суттєво відрізняється від класичної. Подаємо твердження щодо властивостей алгебри оптимального агрегування.

Твердження 2.1. Будь яка задовольняюча обмеженням ресурсна структура може бути подана як оптимально агрегована еквівалентна функція користувача з параметрами.

Твердження 2.2. Результат агрегування належить до множини носіїв алгебри оптимального агрегування (нестрого-монотонних функцій класу «витрати випуск»).

Твердження 2.3. Результат агрегування параметризованих операндів є параметризованою функцією сумарних витрат. Конкретні приклади тверджень наведені в розділі 3. Об'єкти розробки даної роботи – ресурсні структури, що відображують власне виробництво, технологічні процеси. Відомо, що ефективне виробництво потребує певні сервіси – розвиток, ритейл та ін. На рис. 2.1, 2.2 подано сервісні підсистеми - фінанси, ритейл, рециклінг.



Рисунок 2.1 Структури об'єкту управління для послідовних структур об'єкту

На рис. 2.2 подано приклад ще одного нового напрямку «конструювання структур». В розділі 3 подано приклади «деталізованих» базових структур. Подаємо досить просту логіку конструювання структур: асоціативність алгебри оптимального агрегування спрощує рішення для систем з вкладеними структурами оптимально агрегованої системи.

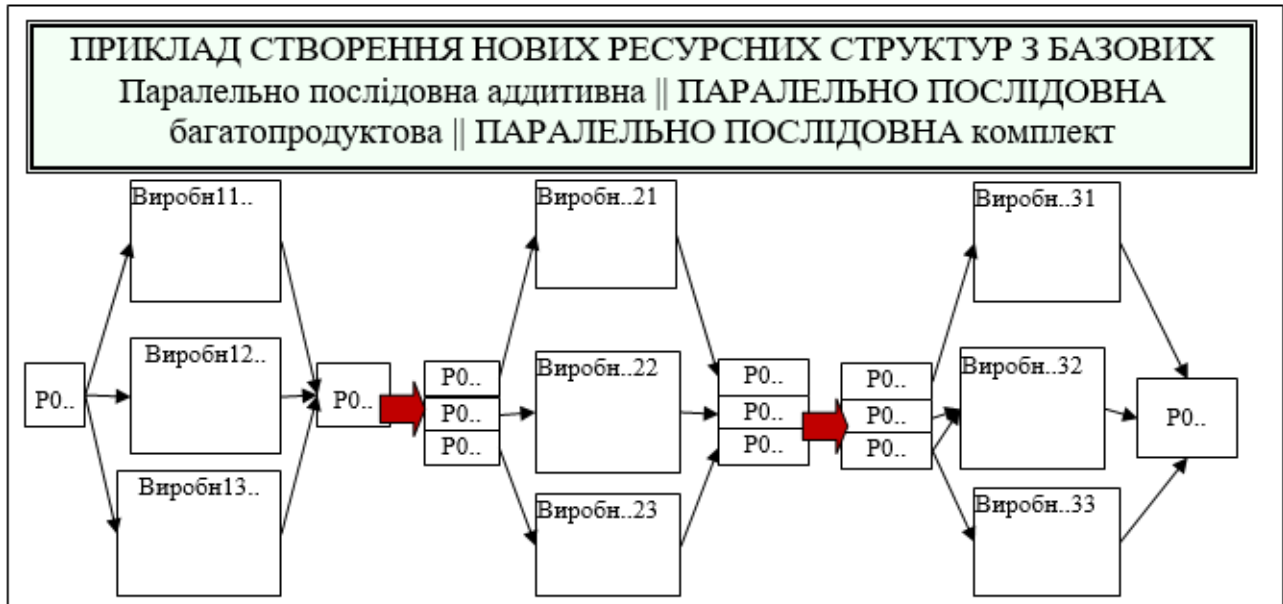


Рисунок 2.2 – Приклад розробки моделі ресурсної структури паралельно-послідовна»

На рис 2.2 подано приклад послідовної структури, зібраної з паралельних структур різних класів. Методологія оптимального агрегування дозволяє швидко створити і дослідити імітаційну модель такої структури.

Тобто розробка ресурсної структури і її оптимальне агрегування дозволяє отримати оптимальну «псевдо-одновимірну» модель системи довільної структури і розмірності.

На рис. 2.3 подано блок-схему на базі агрегованих моделей підсистем певної системи. Схема у верхній частині – структура, що дає розробнику певні знання і розуміння об'єкту управління. В нижній частині рис. 2.3 подано математичні задачі проектні для розробників.

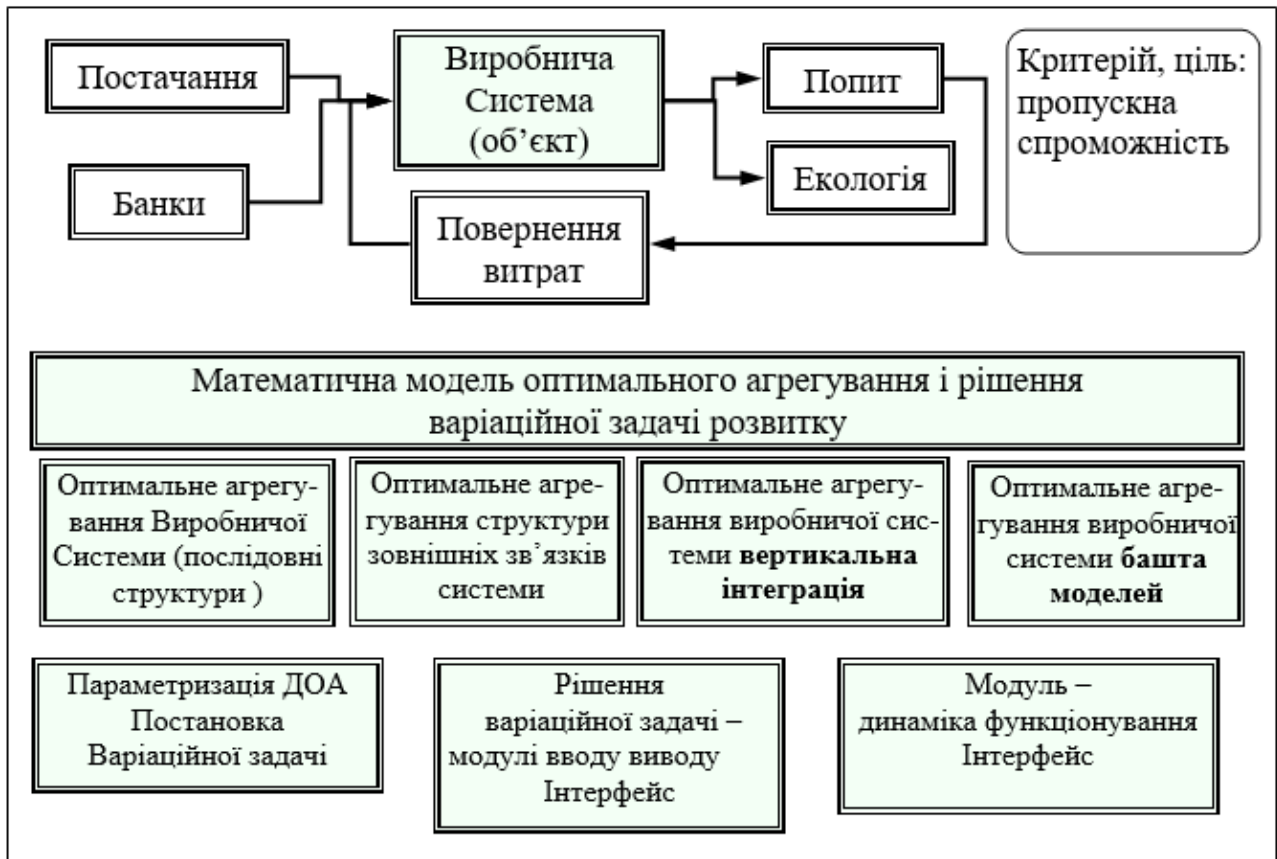


Рисунок 2.3 – Схема математичної моделі «варіаційна задача розвитку» послідовної структури виробничої системи агрегована

В методах оптимального агрегування проблеми розмірності об'єкта – майже знято: безпошукова оптимізація, лінійна залежність обчислювальних витрат від розмірності об'єкта. Однак, освоєння оптимального агрегування потребує не тільки знань і вмінь, а також розуміння об'єкта проектування і досліджень. Останнє поняття трактують як здатність давати відповіді в ситуаціях «що зробити щоб» замість відомого «що буде якщо» - «what if analysis»

2.3 Розробка систем оптимального оперативного управління

Огляд і аналіз інформаційних технологій розробки інтегрованих комп. систем оперативного управління на базі оптимального агрегування - статика, динаміка, адаптація, контроль (проблема – універсальний модуль синтезу регуляторів) тенденції науково-технічного удосконалення та його вплив на реалізаційну діяльність підприємства.

Короткий зміст: розробка нових моделей на базі нових агрегувань послідовно-паралельних структур. Виконаємо опис структур та огляд інформаційних технологій розробки інтегрованих комп. систем. Опис проблем оперативного управління сучасними виробничими системами. Методологія оптимального агрегування, не вирішує, а знімає проблеми розмірності, невивуклості, неперервності функцій виробництва, але вимагає ефективного використання методів прикладного системного аналізу. Очевидно: в комплексному оптимально агрегованому проекті підсистеми працюють усі разом, і кожна окремо. Тобто відносно просто розділити локальні і глобальні

На рис. 2.4. подано схема комплексної системи «розвиток, виробництво, ритейл». В верхній частині подано функціональні схеми підсистем «виробництво, розвиток» і «логістика, ритейл, користувачі». В нижній частині подано ресурсну структуру оптимально агрегованої системи. На рис. 2.5 схема отримання необхідних для управління об'єктом даних з результату оптимального агрегування довільної інформаційної структури. На слайді подано схему рішення двох спряжених задач: задачі максимізації випуску при обмеженні сумарного ресурсу і задачі мінімізації сумарних витрат при обмеженнях випуску – верхня частина розвитку. Зауважимо, Що метод оптимального агрегування дає матрицю, стовбці якої відповідають елементам системи, а рядки – дискретним моментам часу в бінарному дереві оптимального агрегування. Подані також графіки ОЕФВ, на яких бачимо максимальний сумарний випуск і мінімальні сумарні витрати.

На рис. 2.5 подано приклад моделювання оптимального процесу оптимального управління системою з 4-ох підсистем. Для контролю розуміння вибраного методу поставимо задачу: маємо математичну модель з 4-ох підсистем. Наскільки витратною буде переробка моделі для системи з 40 підсистем? (рішення: обсяг обчислень зростає в 10 разів, програмні витрати зростають в 0.5 разів (заміна індексів в масивах). Бачимо логіку зв'язку рис. 2.4 і 2.5: на рис.2.4 частина III – це рішення задачі оптимального оперативного управління, на рис. 2.5 подана деталізована реалізація структурної формули (рис. 2.4).

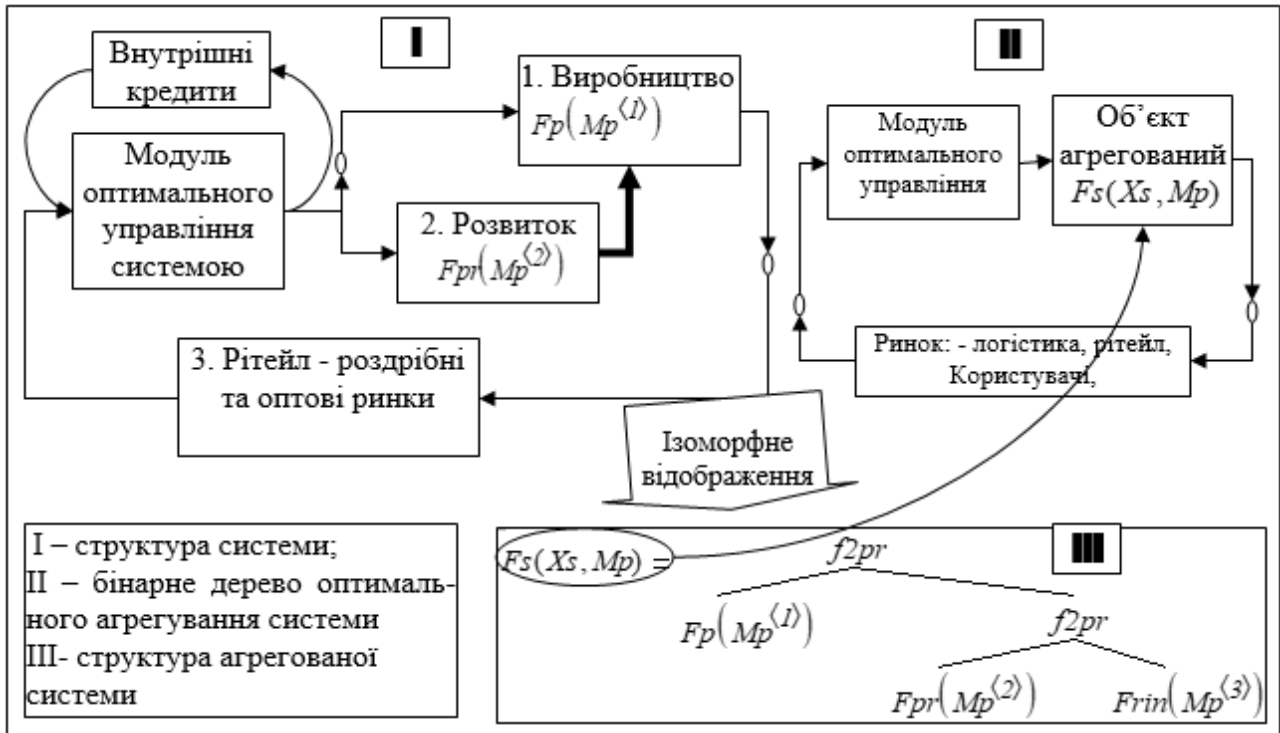


Рисунок 2.4 – Схема комплексної системи «розвиток, виробництво, ритейл»

На рис. 2.5 подано рішення задачі оптимального агрегування (рис. 2.4 - III)

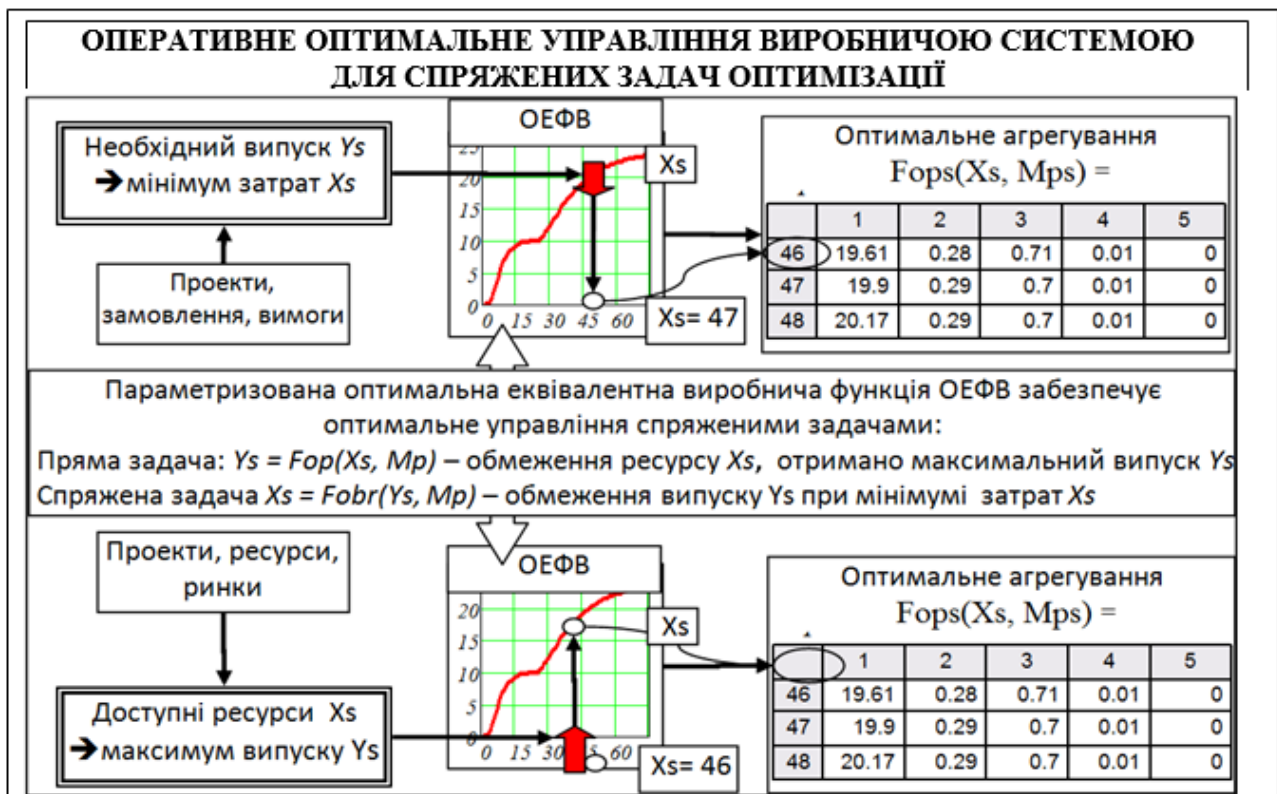


Рисунок 2.5 – Схема оптимального оперативного управління.

На рис. 2.6 подано приклад моделювання процесу оперативного управління.

Ліворуч бачимо вхідний потік замовлень, його розподіл між підсистемами. Праворуч – процеси відпрацювання потоку замовлень з урахуванням динаміки системи. В нижній частині функції виробництва підсистем і оптимально агреговану функцію системи (ОЕФВ). Показано також реакцію системи в цілому на збурення в підсистемах. Останнє зручне при аналізі невизначеностей.

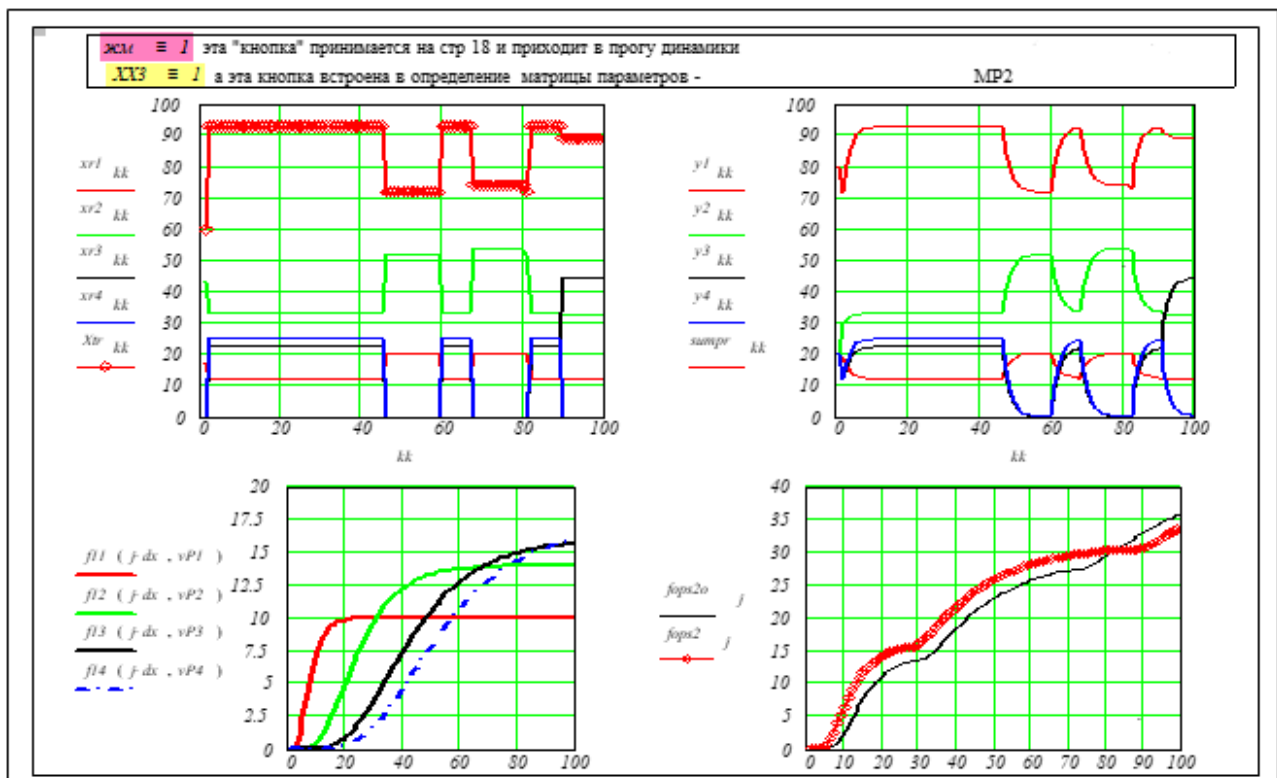


Рисунок 2.6 – Приклад моделювання оптимального оперативного управління

На початку робіт по темі роботи всі кроки з дослідження оптимально агрегованих систем не мали аналогів і прототипів. В підсумку отримана цілісна і працездатна система моделювання оптимальних на базі оптимального агрегування. Програмна система «динаміка» відтворює розподілену систему, яка отримує інформацію про замовлення, в онлайні оптимально розподіляє їх між підсистем. В програму вбудовано імітатори невизначеностей і збурень. Головні завдання досліджень - оцінка ефективності ІУС на базі нових моделей і

методів при невизначеностях, збуреннях і відмовах. Перспективне завдання: дослідження оптимальних процесів стратегічного управління.

2.4 Комп'ютерно-інтегрована технологія розробки системи управління для об'єкта з послідовною структурою.

Аналіз аналогів і прототипів, проведений в розділі 1, показав, що рішення поставленої задачі дають більше ніж конкретне рішення, а саме:

1 – вбудована в оператор оптимального агрегування оптимізація розподілу ресурсів між підсистемами;

2 – отримання параметризованого рішення для операції оптимального агрегування. Тобто оптимальну еквівалентну функцію – результат оптимального агрегування можна визначити як функцію витрат, а також певного параметра – ціни ресурсу, ціни продукту, функції попиту з невизначеністю та ін. Тобто операційна система комп'ютера оптимізує не тільки розподіл ресурсу, але і значення параметрів бінарного оператора оптимального агрегування.

Розвиток програмно-апаратних комплексів, засобів контролю і вимірювання спричинив розвиток моделей і методів моделювання всього оточення: соціо-техніко-екологічних систем (СТЕС) привів до розробки реалістичних комп'ютерних моделей, здатних підвищувати ефективність технічних систем в прогнозуванні погоди, управлінні транспортними засобами, технологічними системами нафтопереробки, молокопереробки, прецизійної металургії та ін. Об'єкти даної роботи – виробничі системи, системи виробників і користувачів з складним інформаційними і ресурсним динамічними структурами, що є занадто складні з позицій сучасного стану науки (того, що увійшло в університетські програми). Системний обґрунтований вибір альтернативи бажано виконувати у порівнянні з аналогами і прототипами, порівняння виконувати і для переваг, і для недоліків на рівні системного аналізу. Проводимо порівняльний аналіз методології оптимального агрегування і класичних методів. На рис. 2.6 подано певне упорядкування моделей складних і великих систем. Схема досить логічна:

виділено моделі статички і динаміки, концептуальні і логічні. Існує і більш рання – доіндустріальна класифікація це – «схеми великих битв»: - правий і лівий фланги, центр. Подібна структура подана на рис. 2.6. Не бачимо в схемі задач оптимізації



Рисунок 2.6 – Типова модель для складних систем.

Прокоментуємо структуру від класичних науки і практики, потім побудуємо аналогічну схему для версії на базі методології оптимального агрегування. Після цього – порівняємо альтернативи на рівні розуміння ці методології. На базі системного аналізу можливо одразу визначити результат порівняння: класична методологія є безкомп'ютерною, а не гіршою, тому проблемно побудувати на цій базі «комп'ютерно-інтегроване». На рис. 2.6 виділено чотири (4) аспекти (подання) моделей складних систем: «логічне подання», «подання функціонування», «подання реалізації» «подання розташування». Виділено такі групи подання: статистична, статична і динамічна моделі, концептуальна і фізична моделі системи (інтуїтивно

очевидне). На схемі є термін «складні системи», але не визначаються «елементарні системи», важливі при алгеброїзації. Схема реалізації базована на інтуїції, логіці та неявних обмеженнях, а головне – на поняттях, сформованих в докомп'ютерну епоху науки і техніки. В поданій класифікації не формалізовано поняття складності системи. Не дається визначення поняття «розуміння» нових моделей і методів, що не зводяться до «вивчення на пам'ять» і до наборів правильних відповідей і рішень, що рекламуються в інтернет програмних продуктах .

2.5 Альтернативні моделі і методи аналізу і оптимізації систем

Розглянемо альтернативу класичних методів аналізу і синтезу на базі методів оптимального агрегування. На рис. 2.7 подано схему альтернативної моделі на базі методології оптимального агрегування – теж з чотирьох блоків.

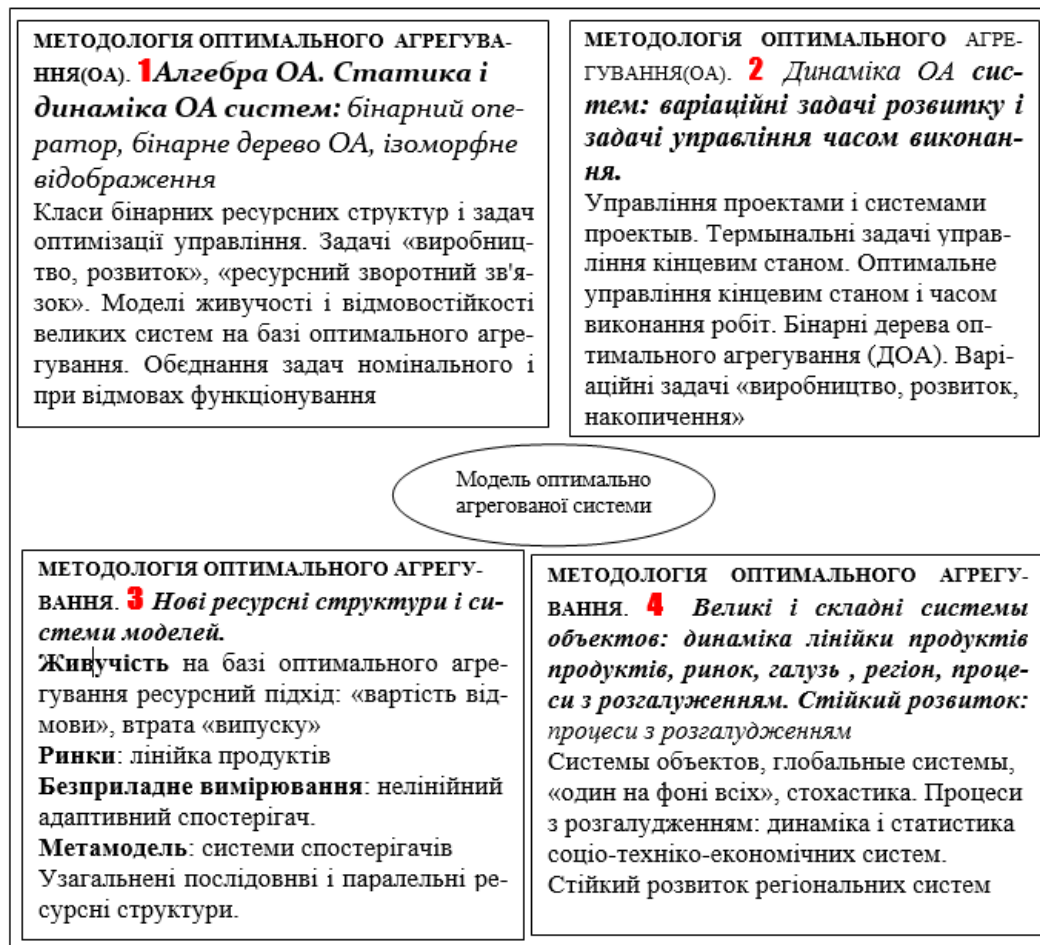


Рисунок 2.7 – Типові моделі для складних систем на базі методології оптимального агрегування

На рис. 2.7 бачимо: Всі блоки побудовані на базі оптимального агрегування. Логіка блоків задач для вирішення - ускладнення задач від класичних, але важких для класичних методів . Повторимо стисло визначення блоків з рис. 2.7

1. Алгебра ОА. Статика и динаміка ОА систем.
2. Динаміка ОА систем. Варіаційні задачі розвитку.
3. Оптимальний розвиток. Динаміка ОА: живучість, ринок, метамодель.
4. Великі і складні системи: ринок, галузь, регіон, університет.

Стохастика.

Усі моделі динаміки і статички в блоках 1-4 базовані на методології оптимального агрегування (ОА). Зміст блоків орієнтовано на актуальні задачі, а методи залишаються незмінними - на базі методології оптимального агрегування (ОА). Приводимо короткий зміст блоків 1-4. Зауважимо, що в назвах блоків випущені визначення «оптимальна адаптивна безпошукова система». Рішення варіаційних задач – отримуються на базі методів оптимального агрегування – рутинна, проблема – ефективна постановка задачі. В блоку 3 подано задачі живучості, метамодель. Приклади постановки і рішень задач «система моделей», «метамодель» подані в розділах роботи. Стисло, по блоках 1-4 розглянемо зміст задач в блоках 1- 4.

Опис термінів: живучість, функція живучості: залежність «вартість відмови підсистеми, вартість втрат системи після відмови», метамодель: «система із двох взаємозмінних підсистем». Метамодель – узагальнення концепції спостерігача. В блоку 4 подані задачі аналізу, управління і прогнозування динаміки систем складних багатовимірних систем. Ці складні задачі, по яких мало відомих значимих результатів. В розділі 1 подано приклад системи «один на фоні всіх» - імітаційна модель статистики для вибраного учасника певного сегменту виробництва. Модель містить в собі імітатори випадкових невизначеностей і збурень.

2.6 Моделі освоєння і розвитку ресурсних структур

Окремим підрозділом розглядаємо процеси освоєння в порівнянні з процесами розвитку. Очікувані результати цих процесів – підвищення ефективності системи. Відмінність процесів в тому, що процеси освоєння стихійні, та непрості у формалізації. Математичні моделі освоєння не тільки корисні для менеджера, але і цікаві для розробника систем управління. Наводимо приклад рішення [55-57] варіаційної задачі цінової стратегії. Цей приклад - перевірений зразок рішення варіаційної задачі "оптимальні цінової стратегії і порівняння альтернативних моделей освоєння. На рис. 2.8 подано рішення і аналіз – «для розуміння» - з використанням 3Д графіки, що саме тут необхідна.

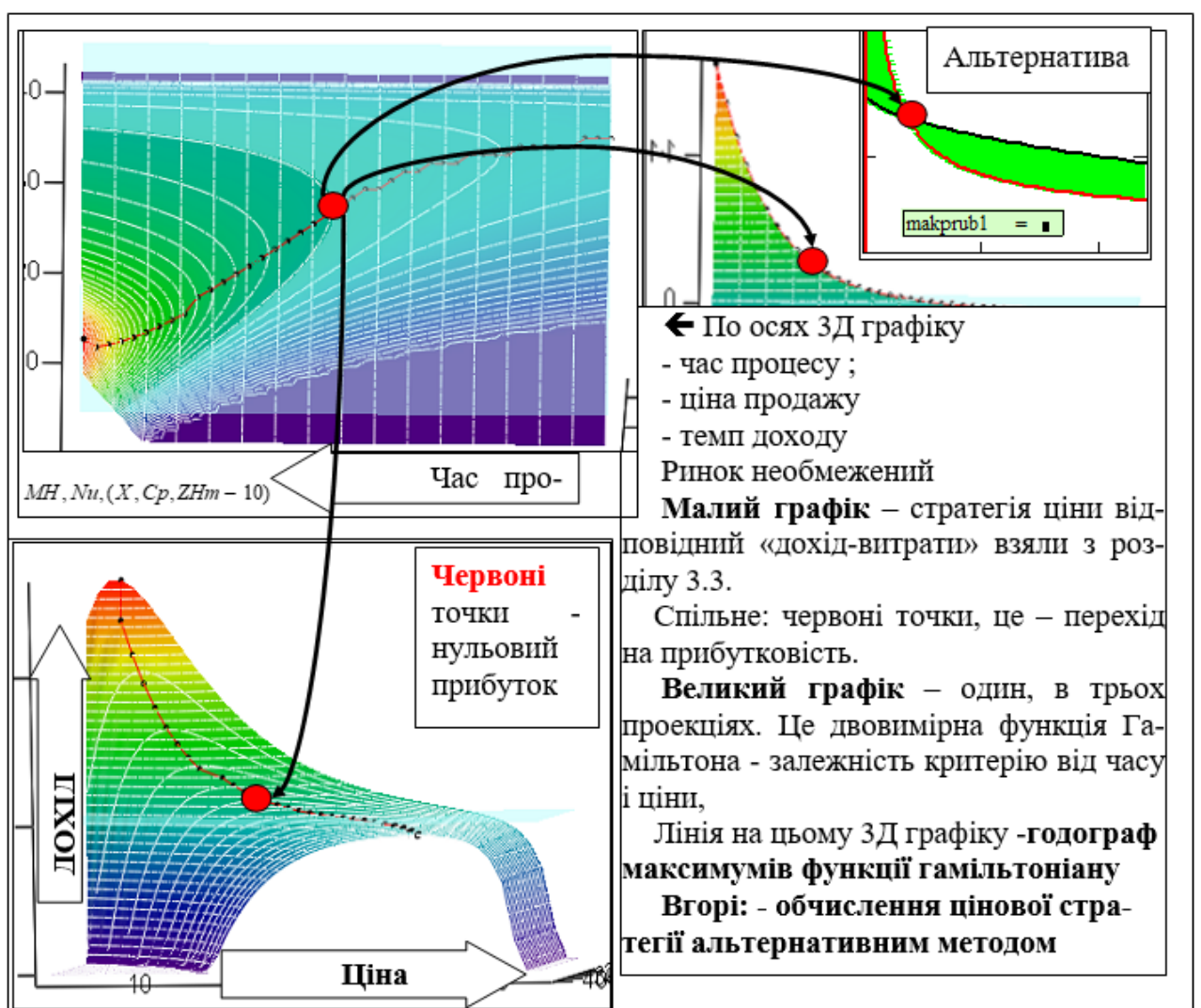


Рисунок 2.8 – Аналіз загальних властивостей цінової стратегії, математичний фундамент для задач стратегічного управління

2.7 Порядок побудови оптимальних адаптивних систем для оптимально агрегованого об'єкту

В попередньому розділі ми сформулювали 10 пунктів -- кроків побудови оптимально агрегованих функцій користувача з параметрами. Відмінність від аналогів: в ці функції вбудована оптимізація по змінній "витрати". Ці функції пов'язані між собою через бінарне дерево оптимального агрегування (ДОО). Зміст цієї другої частини – формалізація всіх функцій користувача, поданих розділі 1. Стисло наведемо послідовність пунктів технології розробки

1. Концепція "виробничої системи" (розробки): вибір технологій, вибір проектного рішення для об'єкта , створення імітаційної моделі об'єкту і метамоделі реалізація, створення, інтенсивне тестування. Наочний приклад

2. Формування функціональної структури розробки: встановлюються конкретні функції елемента системи і його функціональні зв'язки. Після визначення функціональної структури визначається

3. Розробка ресурсної структури системи - кожен елемент ізоморфне відображення функціональної структури - в ресурсну. Отримання структури бінарного дерева оптимального агрегування (ДОО)

4. Бінарні оператори оптимального агрегування. Формальне визначення: задано дві функції "витрати, випуск", зв'язок між відповідними значеннями, програмний модуль, оптимального розподіл ресурсу між операндами. Результат агрегування дві функції: функція оптимального і функція виходу операнда розподілу ресурсу від значення ресурсу. Пошук, вибір і розробка нових бінарних операторів оптимального агрегування.

5. Формальна параметризація оптимальних еквівалентних функцій "витрати, випуск" першого рівня агрегування.

6. Параметризація бінарного дерева оптимального агрегування (ДОО). ДОО складається з системи оптимальних еквівалентних функцій "витрати, випуск", що можуть мати відповідні параметри. На базі системи параметризованих функцій будується параметризована функція системи ДОО.

7. Отримання математичних моделей динаміки системи. Результати оптимального агрегування є ОЕФВ - функції користувача "витрати, випуск" з

параметрами. Розробка математичних моделей динаміки дещо відрізняється від класичних методів. Інтерпретація критерія : "максимальний сумарний випуск продукції при даних сумарних витратах ресурсу" - ОЕФВ. Тобто ми маємо комплект з ОЕФВ і функцій "витрати, випуск" всіх елементів. ОЕФВ є функцією користувача з параметрами:

$$finOp(Xs_k, DOA, Mps) \quad k = 1..K$$

Введемо дискретний час і запишемо рівняння динаміки

$$finOp(Xs, DOA, Mps)_{k+1} = DIN((finOp(Xs, DOA, Mps)_k)) \quad (2.3)$$

Далі наводимо розгорнутий приклад побудови моделі і моделювання для типової виробничої системи. (параметризація)

8. Отримання моделей оптимального розвитку - варіаційні задачі (проекти). В пункті 7 управління виробничою системою складалось з отримання замовлень на продукцію системи, обчислення оптимального управління: розподіл замовлень між підсистемами і виконання. Тобто виконувалось управління тільки виробництвом, виконання замовлень. Навколо такої задачі побудувались такі науки: "управління запасами", "масове обслуговування" Друга "сходінка" в управлінні системами - постановка і рішення варіаційних задач. Класичний приклад "оптимальне управління виробництвом і розвитком" Далі подано розгорнуті приклади розробки оптимального управління виробництвом і розвитком.

Подаємо словесне тлумачення варіаційної задачі динаміки. Виробнича система витрачає ресурси на виробництво і розвиток виробництва. Задача: за плановий період отримати максимальний прибуток за рахунок оптимального розподілу ресурсів між виробництвом і розвитком. Далі подано розгорнутий приклад програмного модулю моделювання оптимального проекту розвитку. Там побачимо стратегії кредитування і повернення кредитів, перший раз в житті - таку можливість дає тільки оптимальне агрегування і параметризація оптимально агрегованих функцій. Для того, щоб отримати саме оптимально агреговану модель (об'єкта розробки і дослідження), треба розробити базові моделі. Технологія розробки дещо подібна методам прикладного системного аналізу.

9. Висновки стосовно технологій розробки і дослідження моделей, зокрема складних послідовних ресурсних структур. Результат першого етапу аналізу складних структур і технологій стосовно результатів оптимального агрегування є складною нелінійною адаптивною системою. Тому технологія розробки повинна складатись з паралельних процесів формально-логічних розробок і відповідних імітаційних оптимально агрегованих моделей. Це потенціально продуктивна технологія створення теорії і практики для нових задач.

Висновки за результатами порівняння методологій. Ми подали логіко-теоретичне обґрунтування і показали результати оптимального агрегування для різних функцій і ресурсних структур. також розглянули типові приклади параметризації. Пам'ятаємо, що незвичні результати параметризації оптимально агрегованих систем в операторах оптимального агрегування обумовлені логікою сучасних операційних систем. Якщо порівнювати моделі для рішення задач одного класу по ефективності у альтернативних методологіях, то альтернативні рішення є непорівняльними: класичні моделі і моделі оптимального агрегування вирішують задачі різних класів. Рішення задач на базі методу оптимального агрегування не є покращеннями рішень класичних задач класичними методами. Методологія оптимального агрегування дозволяє ставити і рішати задачі, що не мають прямих аналогів в класичних методах. Зокрема це методи оптимального агрегування ресурсних структур з параметричними зв'язками між елементами, наприклад: «виробництво, розвиток», «виробництво, рітейл», «виробництво, інновації». Новою задачею є оптимальне агрегування структур класу «ресурсний зворотний зв'язок» (РОС). В класичній ТАУ, ОС звичайно інформаційна, а РОС може бути позитивною і від'ємною. В цілому розробки з використанням методів оптимального агрегування створюють нову інформаційну технологію конструювання і експериментального дослідження на імітаційних моделях нових систем управління.

10. Параметризація стохастичних моделей динаміки. Класична теорія ймовірностей і статистика оперують з гаусівськими розподілами і відповідною

натурально виміряною статистикою. Для технічних систем статистика збиралась місяцями і роками. Збиралась роками, через відповідні вимоги, наприклад для авіаційних двигунів. Комп'ютерні системи дали можливість генерувати «статистику віртуальної реальності» в темпі «один рік за десять хвилин» моделювання. Застосування методів оптимального агрегування дозволяє отримати і довільну - негаусівську статистику.

На рисунку 2.9 подано структури на базі оптимального агрегування «виробництво-розвиток». Об'єкти роботи - ресурсні структури «вертикальна інтеграція» і «башта моделей» включають і повинні включати бінарні оператори «виробництво, розвиток». На практиці існують різні варіанти реалізації послідовних структур (рис. 2.9). Можна сказати, що такі структури мають великий запас поки нереалізованих комп'ютерно-інтегрованих інтелектуальних рішень. В розділі 3 подано приклади програмної реалізації.

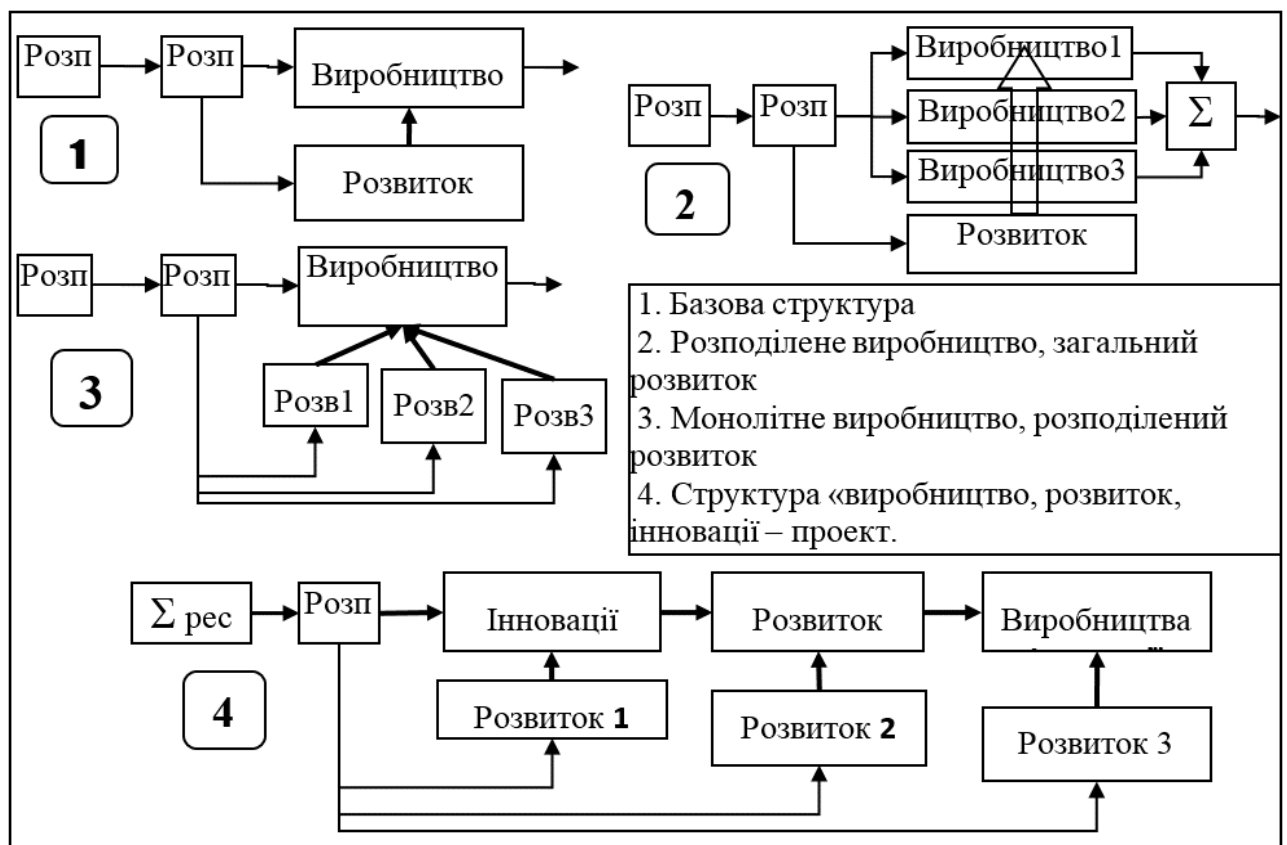


Рисунок 2.9 – Альтернативи для бінарних структур «виробництво, розвиток» і «виробництво, розвиток, інновації»

2.8 Бінарні структури з ресурсним зворотним зв'язком

В підрозділі 2.4 розглянута структура з параметричним зв'язком, що змінює (покращує) параметри функції основного виробництва згідно з управлінням і збуреннями. Бінарний оператор оптимального агрегування «виробництво, розвиток» забезпечує підвищення ефективності основного виробництва за рахунок зміни конструкцій, технологій, режимів обробки, методів контролю, засобів інформаційного обміну та ін. (Приклад: кавітаційна обробка в техпроцесах дозволяє підвищувати якість кінцевого продукту, зменшувати енерговитрати техпроцесу).

Одна з важливих властивостей оптимального агрегування – параметризація операндів. Ця властивість залежить від параметрів комп'ютера, на якому виконується програмний модуль оптимального агрегування. Вихід параметризованого модуля може бути оптимальним за розподілом ресурсів з урахуванням поточних значень параметрів оптимальної еквівалентної функції певної підсистеми). Подаємо параметризований запис

$$Fop = f2op(f1p, f2p) = f2op(f1p(vP1, vC1), f2p(vP2, vC2)),$$

де $Fop(\blacksquare)$ - оптимальна еквівалентна ФВ (ОЕФВ) системи, $f1p(\blacksquare)$, $f2p(\blacksquare)$ - функції виробництва елементів системи, $f2op$ - бінарний оператор оптимального агрегування, який бере дві ФВ а повертає ОЕФВ системи.. Параметризація функції користувача має властивості, що обумовлені логікою роботи операційної системи сучасного комп'ютеру.

На рис. 2.10 подано еволюцію звичних в теорії і практиці структур - паралельної, послідовної, і кільцевої (РОС), рециклінг (РЗЗ). Головна тенденція у сучасному виробництві - інтеграція виробництва з підсистемами виробництва, ремонту, контролю. В підсумку запровадження оптимально агрегованих систем управління можуть підвищувати ефективність виробництва. Зокрема, «оптимальний розвиток» - це покращення програм вбудованих в системи управління комп'ютерів.

На рис. 2.10 подані алгебраїчні базові структури :

- паралельна структура;
- послідовна структура;
- структура «виробництво, розвиток»;
- структура «ресурсний зворотний зв'язок».

Бачимо велику кількість альтернативних структурних схем.

Методологія оптимального агрегування оперує з тривимірними об'єктами. Для розуміння оптимального агрегування потрібне цілісне сприйняття і розуміння типових об'єктів. Потрібне саме візуальне сприйняття об'єктів. В верхній частині рис. 2.10 подано низку алгебраїчних перетворень, в тому числі оптимальне агрегування; - нижче подані типові ресурсні структури виробництв , агреговані. В даній статті подано елементи теорії і конкретні приклади моделювання нових ресурсних структур – «виробництво, розвиток, маркетинг» в аспекті програмної реалізації.

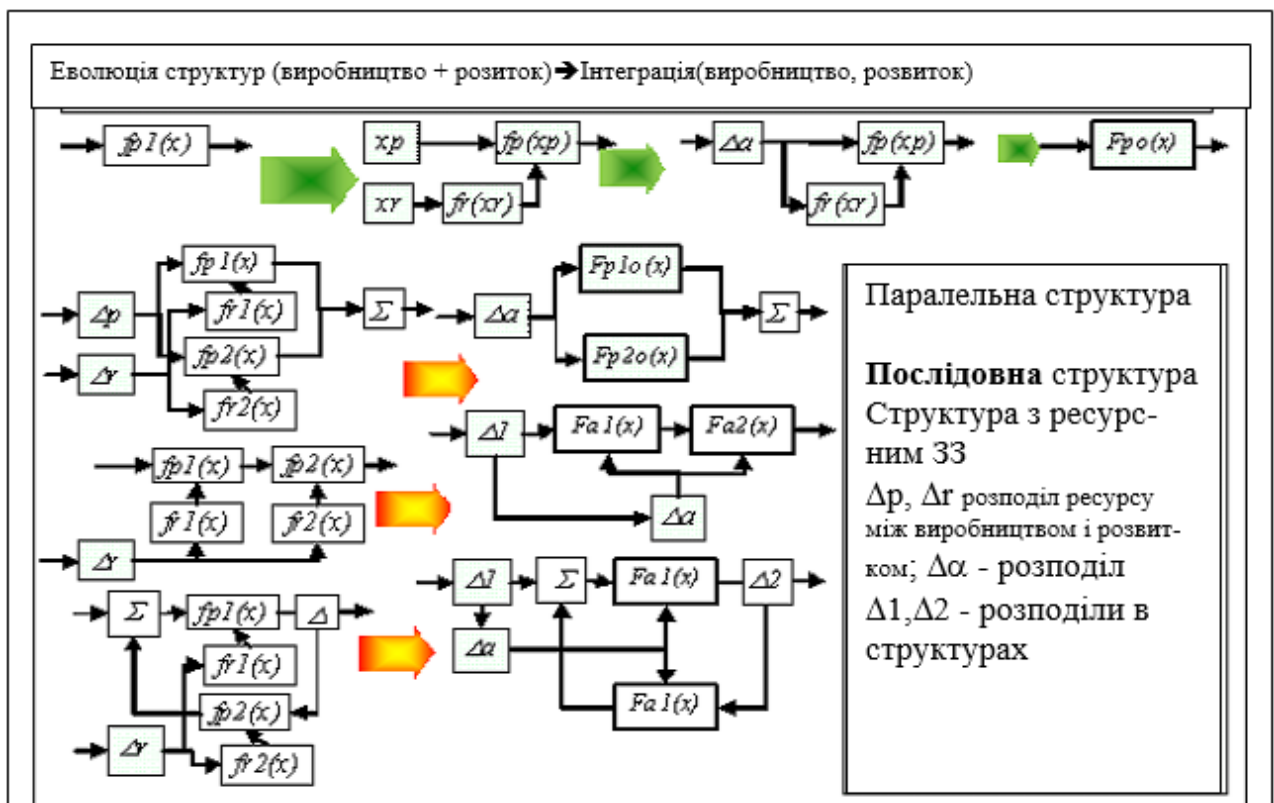


Рисунок 2.10 – Альтернативні ресурсні структури підсистем рециклінгу

2.9. Аналіз структур з ресурсним зворотним зв'язком (РЗЗ)

Структури зі зворотними зв'язками зустрічаються на всіх рівнях ієрархії та у всіх галузях. На відміну від технічних систем де зворотні зв'язки є інформаційними, у виробництві мають ресурсно-фінансовий характер. На рис. 2.11 подані постановка і приклад задачі оптимізації системи, що складається з певного виробництва (рослинництва, тваринництва) Схема ліворуч складається з таких об'єктів - агровиробництво і спряжена з ним система розвитку, об'єкт «біопереробка» - біореактор що переробляє білкові і рослинні відходи тваринництва і рослинництва в біогаз, добрива і екологічно безпечну воду. Біореактори зменшують кількість шкідливих викидів в землю, воду, атмосферу порівняно переробкою відходів у звалищах.

Перший і необхідний крок до розширення і узагальнення математичної моделі оптимального розвитку – замикання ресурсно-фінансово-економічного зворотного зв'язку в коректних і ефективних математичних моделях, які створюються за прототипами, або самим розробником у випадку інноваційної задачі. На відміну від класичних методів, в оптимальному агрегуванні рішення задачі управління з елементами новизни інноваційне рішення не вичерпує поле «дисертаційних тем», а породжує нові задачі і напрямки досліджень. [33]

На першому рівні аналізу ресурсної структури з параметричним зв'язком ми розглянули ресурсну структуру оператора «виробництво, розвиток». В роботах [31] розроблено і досліджено новий метод рішення. варіаційних задач розвитку виробництва . Ключовим елементом новизни і корисності методу є оптимальне агрегування ресурсної структури виробництва. Функція виробництва вважалась з постійними параметрами на протязі тривалості процесу. Рішення отримувалось методом принципу максимуму. Поточне оптимальне управління – оптимальний розподіл поточного випуску (доходу). На рис. 2.11 подано екологічно бажану структуру сучасного виробництва, для якої поки не створено ефективних моделей.

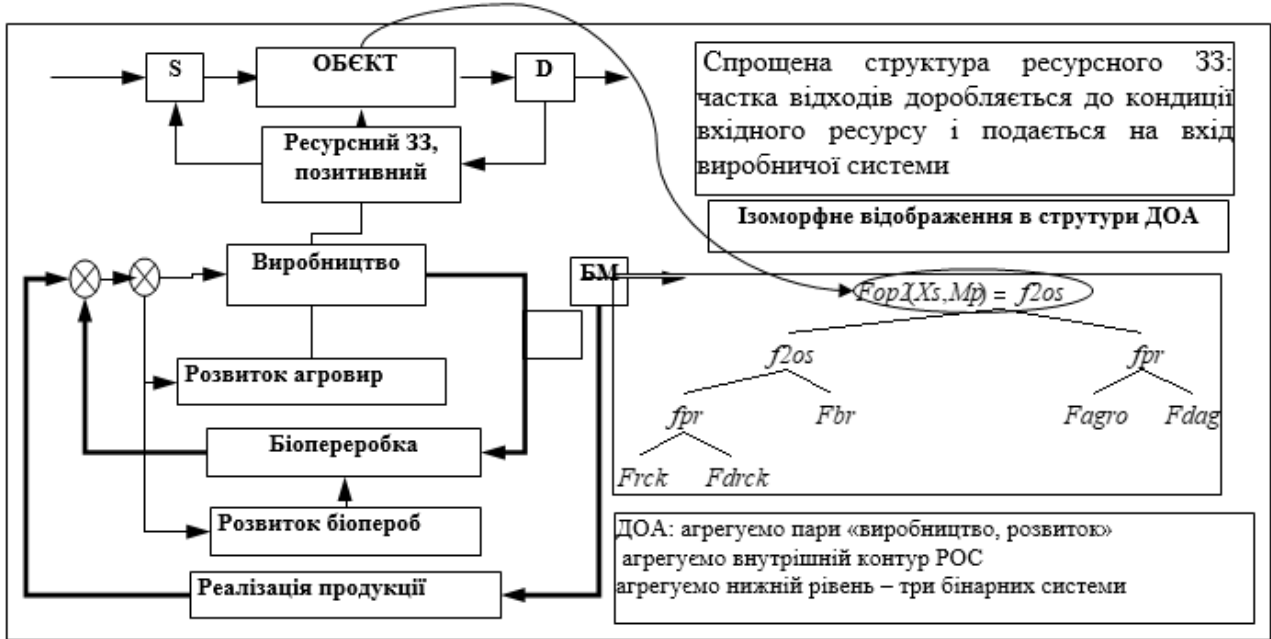


Рисунок 2.11 – Структури РОС: базова, приклад агросистеми з двома РОС

На рис. 2.11 подано інноваційну розробку (постановка задачі та оптимальне агрегування виконувались вперше)[44]. Подаємо приклад розробки математичної моделі для поданих вище схем ресурсних структур. Виконуємо агрегування функцій основного виробництва і виробництва переробки відходів виконаємо за два кроки: - отримання і дослідження еквівалентну ФП, як функції трьох змінних: ресурсів розвитку xr , виробництва xp і розподілу ресурсів розвитку; - отримуємо оптимальну еквівалентну ФВ як функцію двох змінних xr , xp - витрат виробництва і витрат розвитку. Отримання оптимальної еквівалентної функції виробничої системи с ресурсним зворотним зв'язком. Створюємо програмний модуль для числового рішення нелінійного рівняння зв'язку вхід-вихід виробничої системи з позитивним зворотним зв'язком .

$$y(x) = fp1(x + fp2(y(x), vP2(Xr, \alpha)), vP1(Xr, \alpha)) \quad (12)$$

Модуль реалізує функцію 3 змінних $NorS(x, \alpha, Xr)$.

Програмний модуль $NorS(x, \alpha, Xr)$ є повноправним і повноцінним виразом, таким, як: $y(x, A, \omega, \phi) = A \cdot \sin(\omega \cdot x + \phi)$, в якому вбудована функція математичних пакетів $\sin(\cdot)$ реалізується відповідною підпрограмою.

Аналіз альтернативних критеріїв. Виробляємо аналіз і вибір критерію оптимізації. Вимоги до критерію узгодженість за стандартами бізнесу і адекватність як чисельної міри переваг розробника, виробника і користувача.

Ми не ставимо за мету вибору "оптимального критерію" екологічних виробничих систем. Відберемо альтернативні критерії

$NorS(x, VP1, VP2)$ - еквівалентна ФП контуру як функція ресурсу виробництва параметрів ФП1 и ФП2

$efos(x, VP1, VP2) := NorS(x, VP1, VP2) \div x$ - еквівалентна функція ефективності (ФЭ) контуру; $efos(x, vP1pr(a, Xr)^{\langle I \rangle}, vP2pr(a, Xr)^{\langle I \rangle})$ - деталізація;

$dfos(x, VP1, VP2) := NorS(x, VP1, VP2) - 0.2 \cdot x$ - еквівалентна функція "випуск - затрати"

$pfos(x, VP1, VP2) := NorS(x, VP1, VP2) - flp(x, VP1)$ - еквівалентна функція "приросту ФП за рахунок ресурсної ОС". Ми отримали вирази для альтернативних критеріїв як функцій змінних x, Xr, a - витрат ресурсів виробництва, інвестиційних ресурсів оптимальної еквівалентної ФР. Повернемося до схем на рис. 3 (модулі РОС). Робимо програмний модуль для аналізу цільових функцій ПС з ОС в залежності від змінних x, a . Мета дослідження вибір критерію оптимальності та перехід до залежностей від, а потім до оптимальної еквівалентної ФР і сімействі оптимальних еквівалентних ФП. Домінуюча форма подачі інформації користувачу в оптимальному агрегуванні – візуальна. Графіки функцій переважно - тривимірні. Типові джерела і форми розвитку виробництва: підвищення параметрів функції виробництва: зміна технологій, матеріалів, конструкцій. Питання інформаційних аспектів розвитку виробництва - окрема тема. В даній роботі розглядаємо три аспекти системи «виробництво»

- виробництво кінцевого продукту;
- розвиток виробництва кінцевого продукту;
- маркетинг і повернення витрат виробничої системи.

2.10 Побудова моделей системи з послідовними ресурсними структурами на базі методології оптимального агрегування

В даному розділі виконується порівняльний аналіз класичних методів аналізу і синтезу управління та методології оптимального агрегування. Ці методи мають спільні абстрактні моделі і методи – математику, алгебру.

Відмінність сучасного стану цих альтернативних методів в рівнях і змісту інтеграції системи управління з комп'ютерними системами.

Тепер можемо конкретизувати постановку задачі дослідження: - системне покращення управління на базі методології оптимального агрегування. Термін «системне» - означає задачу оптимізації розподілу навантажень і ресурсів між підсистемами «виробництво», «розвиток», «маркетинг». Деталізуємо показник «системне покращення».

В роботі покращуємо не окремий елемент об'єкту чи його моделі, не окремий елемент оптимального агрегування, а методологію в цілому - для всіх підсистем моделі об'єкту: - застосування методу оптимального агрегування, який знімає масу обмежень класичних методів: розмірності моделі, випуклості, опуклості, неперервності, невизначеностей гаусівських – все не спрощується, всі функції та алгебраїчні перетворення зберігають і використовують в управлінських задачах потребує лінійно залежних від розмірності обчислювальних та інтелектуальних витрат обчислень. Щодо математики, зокрема, алгебри, то вони побудовані так, щоб на рівні програмних модулів оптимального агрегування підтримують збереження первинної ресурсної інформації при перетвореннях ресурсних структур. Оптимальне агрегування потребує не тільки «вивчити на пам'ять», а ще й виконувати на базі розуміння, без шпаргалок.

Розуміння визначають як збереження стартової інформації про об'єкт розробки в використанні, і синтез нової інформації про об'єкт.

Корисність знань і розумінь збільшується за рахунок конкретизації. Краща конкретизація «що зробити, щоб отримати потрібне» замість звичного «що буде якщо». В даній роботі для заданих ресурсних структур це термінальне управління кінцевим станом на базі оптимального агрегування.

В подальших розділах роботи подаються конкретні приклади моделювання. На рис. 2.1 подано приклад основного результату теорії оптимального агрегування - графічну ілюстрацію теореми про ізоморфне відображення ресурсної системи об'єкту в ресурсну ж структуру «бінарне дерево оптимального агрегування» - ДОО (дивимось на нижню частину

рис. 2.1. Там поряд дві структури : - бінарне дерево і матриця, що є результатом розрахунку 5-ти дискретних функцій виробництва елементів + оптимальну еквівалентну функцію для всієї системи. Тобто в матриці маємо функції витрати випуск для всіх елементів + ОЕФВ. Елементи ДОА містять розташування всіх елементів систем, де кожний елемент системи – вектор відповідної функції).

Інформаційно ці алгебраїчні структури тотожні. Бачимо на ДОА 5 операндів, і 4 оператори

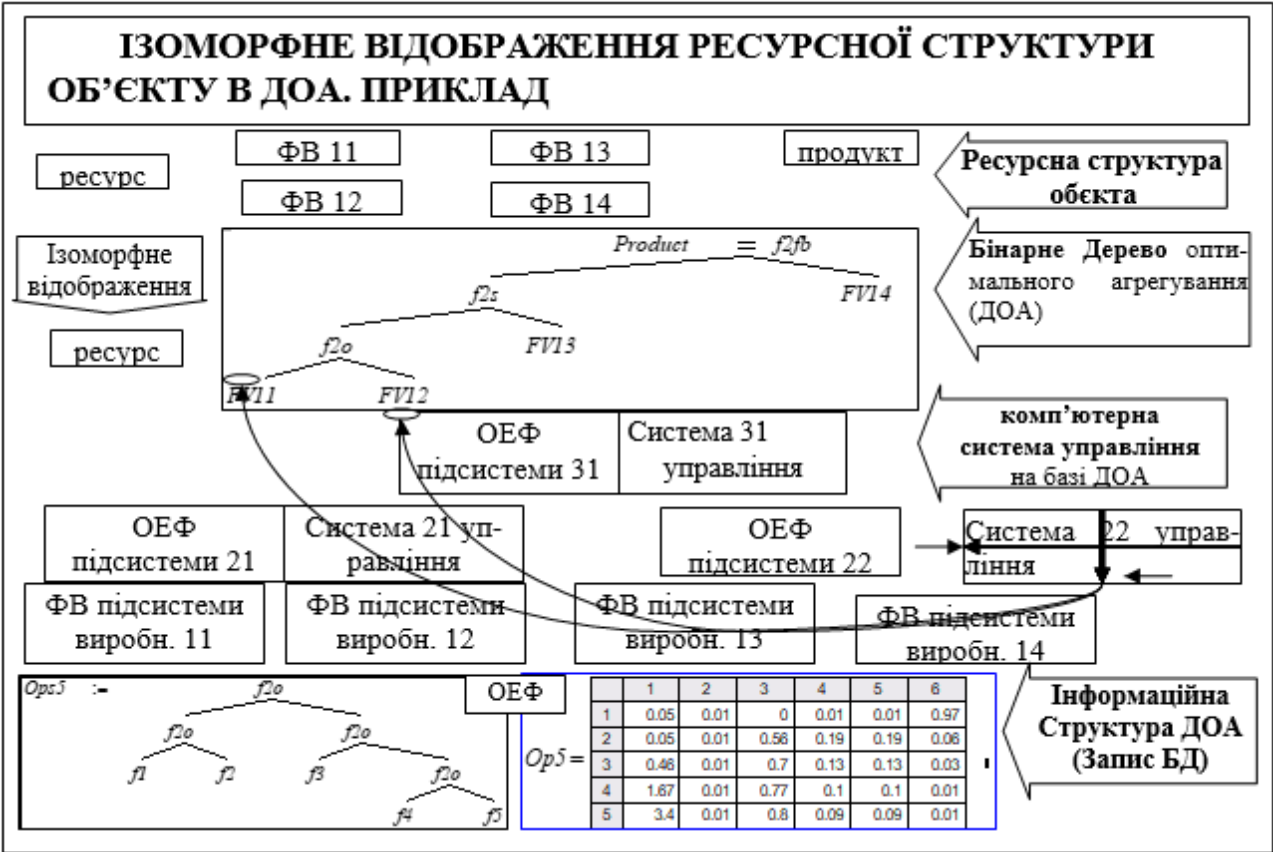


Рисунок 2.12 – Оптимальне агрегування довільних ресурсних структур

На рис. 2.12 в конкретному прикладі подано зміст теореми про ізоморфне відображення ресурсної структури об'єкта - виробничої системи, в структуру бінарного дерева оптимального агрегування. (ДОА). Номери 11 – 14 на рис 2.1 ресурсної структурі відповідають номерам елементів на ДОА.

Бачимо: на базі ДОА можливо побудувати інформаційно управлінські структури для актуальних об'єктів. Особливість методології – певна інваріантність виразів до розмірностей і нелінійностей. Оперування з дискретизованими функціями, забезпечує безпошукову оптимізацію рішення

задач нелінійного програмування – прямої (максимізація випуску) та спряженої (мінімізація).

Подані на рис. 2.13 блоки не є словесним деклараціями без логіки вони можуть бути побудовані як ефективні програмні модулі – параметризовані і з вбудованою оптимізацією. На рис. 2.13 подано також деталізований блок «модель виробничої системи. Блок розподіленої (вздовж по ДОО) системи управління підприємством розділяється на три блоки: динаміка спостерігачів, динаміка підсистем, динаміка еквівалентної оптимально агрегованої системи.

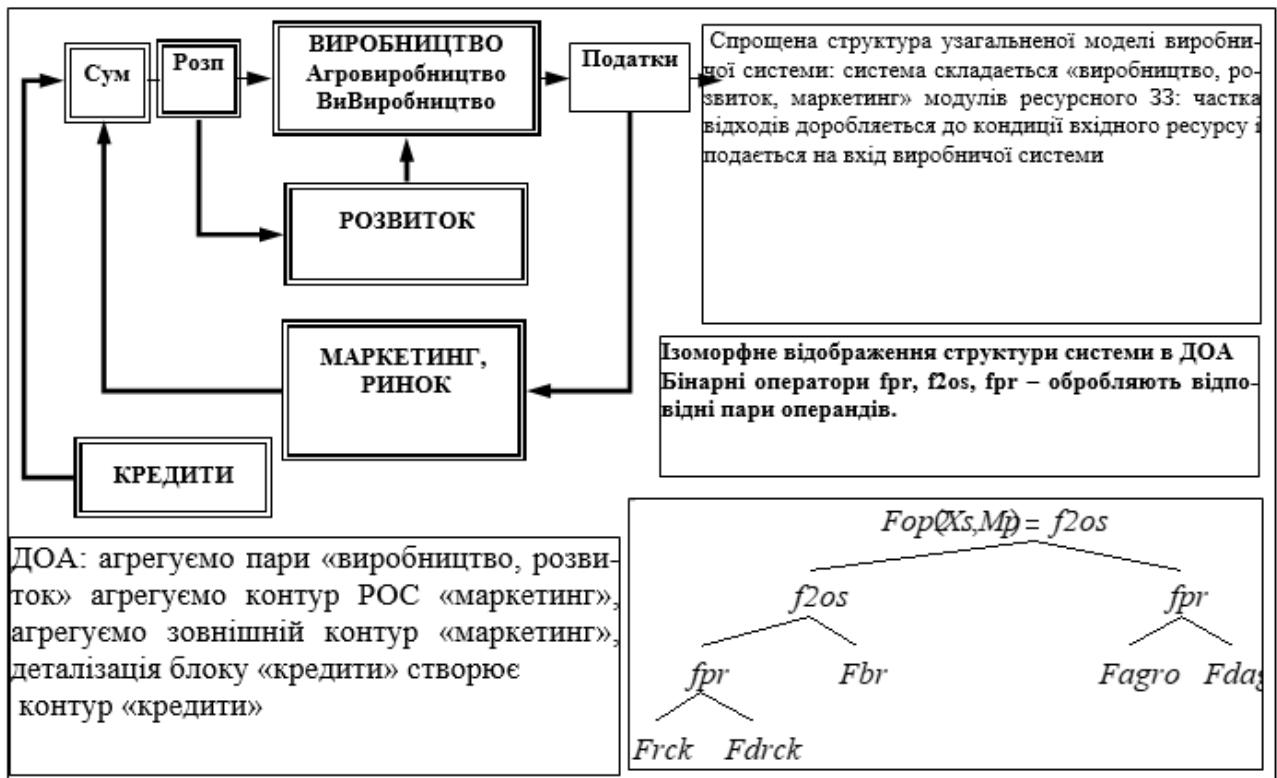


Рисунок 2.13 – Базова модель типової виробничої системи.

2.11. Аналіз базової структури сучасного виробництва

Деталізуємо підсистеми базової структури сучасного підприємства, побудованого на методології оптимального агрегування поданої на рис. 4. Новизна базової структури в суттєвій зміні змісту блоків «виробництво», «розвиток», «маркетинг». на базі наших досліджень отримані програмні модулі для бінарних операторів для типових структур - паралельної, послідовної, РОС та ін. Уточнюємо термін «функція»: комп'ютерна програма – функція користувача з параметрами. Нагадуємо, що функція - програмний модуль, результат, виконання якого залежить від значень параметрів. Оптимальне

агрегування параметризованої системи має результатом ОЕФВ, параметри якої отримують оптимальні за глобальним критерієм. Подаємо конкретний приклад параметризації модуля ОЕФВ (рис. 2.14). Динаміка агрегованої системи "виробництво, розвиток – ресурс» Розглядаємо оптимальне агрегування "виробництво, розвиток". Оператор оптимального агрегування повертає функцію - залежність $F2opr(MPo, xp0)$ - Оператор оптимального агрегування структури сформований як функція трьох змінних: $F2opr(MPo, xp0, Xq)$, де MPo - початкова матриця параметрів ФП та ФР, $xp0$ - початковий темп виробництва, Xq - квант ресурсу. Оператор

$$F2opr(xq_k, MP_k, xp_k)$$

$$so_{k+1} = FFpr(xq_k, MP_k, xp_k)$$

послідовність визначення - номер інтервалу і номер кроку в інтервалі, номер кроку в процесі.

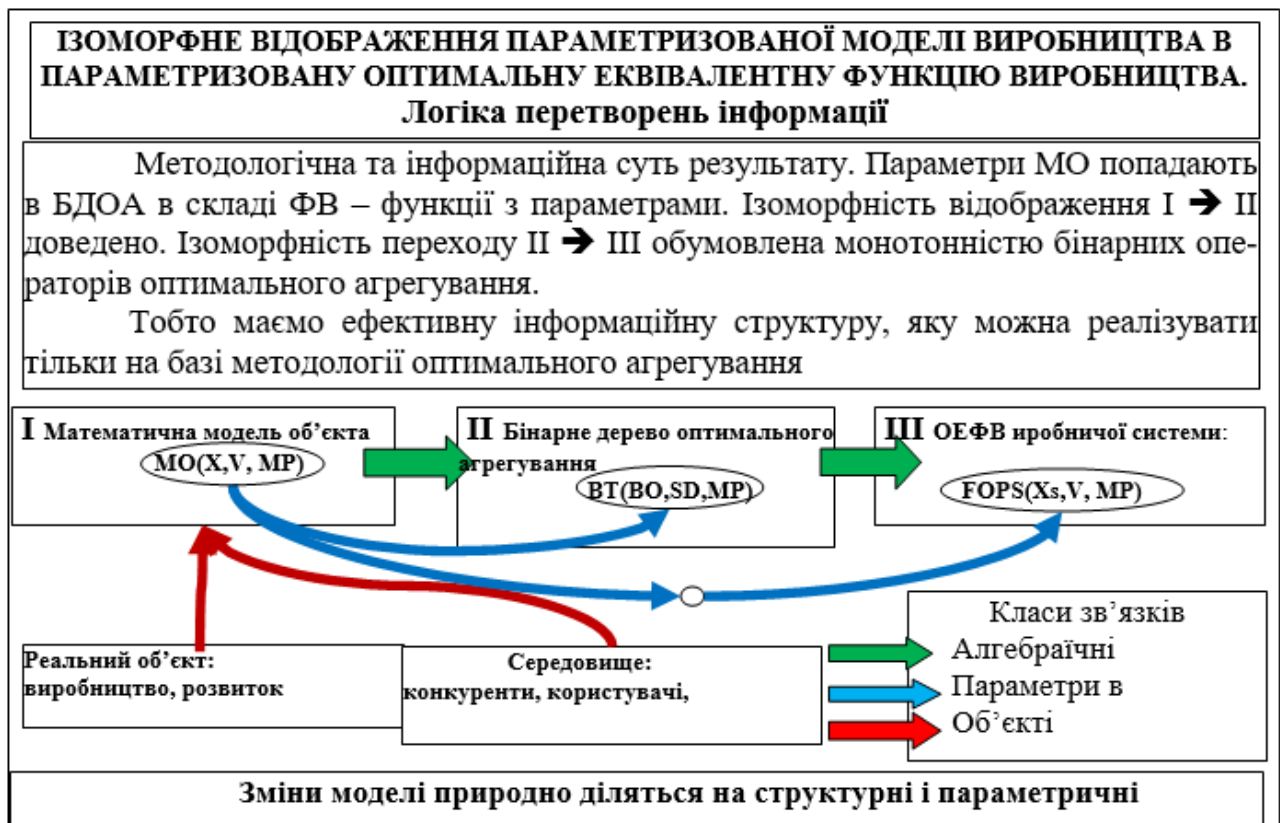


Рисунок 2.14 – Логіка перетворення інформації в оптимальному агрегуванні

На початку роботи зв'язки між елементами систем ми класифікували як інформаційні, структурні, ресурсні. Головні задачі даної роботи – математичні моделі ресурсних зв'язків на базі теорії оптимального агрегування. Структурні зв'язки - об'єкт теорії графів. Інформаційні зв'язки – занадто велика область

для формалізації. До загальновідомих і зрозумілих інформаційних технологій відносяться такі.

1. Інформаційна технологія обробки даних призначена для рішення добре структурованих задач, алгоритми рішення яких добре відомі і для рішення яких існують усі необхідні дані. Ця технологія застосовується на рівні виконавчої діяльності персоналу невисокої кваліфікації в цілях автоматизації певних рутинних, постійно повторюваних операцій управлінської праці.

2. Інформаційна технологія управління призначена для інформаційного обслуговування всіх працівників виробництв, зв'язаних з прийняттям керівних рішень. Тут інформація, зазвичай, представляється в вигляді регулярних чи спеціальних керівних звітів і включає в себе відомості про минуле, теперішнє, і можливим майбутнім виробництва.

3. Інформаційна технологія автоматизованого офісу призначена доповнити існуючу систему зв'язку персоналу виробництва. Автоматизація офісу припускає організацію і підтримку комунікаційних процесів на фірми і з зовнішнім середовищем на базі комп'ютерних мереж та інших сучасних засобів передачі і роботи з інформацією.

4. Інформаційна технологія підтримки прийняття рішень призначена для вироблення управлінських рішень, яке виконується в результаті ітераційного процесу, в якому приймає участь система підтримки прийняття рішень (обчислювальна ланка і об'єкт управління) і людина (керуюча ланка, що задає вхідні значення і оцінює отриманий результат).

2.12 Аналіз базових моделей оптимального агрегування виробництва – динамічність, розвитку, попиту, конкуренції.

Запишемо математичні моделі оптимізації для структур класу «виробництво, розвиток, інновації». Для аналізу таких структур зручно є неперервана форма. Запис похідних в еквівалентній дискретній формі важко сприймається. Дискретні моделі для програмних модулів подаються в розділі 3.

Записуємо рівняння, які описують зміни параметрів функції виробництва: модуль розвиток перетворює ресурси в зміну параметрів функції

«виробництва». В загальному випадку змінюються всі три складових вектора параметрів ФВ. Для конкретних сегментів виробництва, таких, що стабільно розвиваються, можна виявити досить стабільну монотонну залежність між витратами і покращенням певного пара тру функції виробництва. Конкретна реалізація цього прирощення ефективності залежить від конкретного змісту розвитку виробництва.

Для кожного класу розвитку виробництва за результатами досвіду складаються свої розподіли прирощення ефективності за параметрами. Виходячи з відомих виявлених закономірностей впливів і зав'язків, виконаємо їх формалізацію.

Побудуємо спочатку формальну модель при допущенні існування неперервних похідних

$$\begin{array}{l}
 \text{а) } y_{inn}(t) = f_{inn}(x_{inn}(t), vp_{inn}(t)) \\
 \text{б) } \frac{d}{dt} vp_{rzv}(t) = \phi_{12}(y_{inn}(t)) \cdot \rho_{12} \\
 \text{в) } y_{rzv}(t) = f_{rzv}(x_{rzv}(t), vp_{rzv}(t)) \\
 \text{г) } \frac{d}{dt} vp_{prz}(t) = \phi_{23}(y_{prz}(t)) \cdot \rho_{23} \\
 \text{д) } y_{pro}(t) = f_{prz}(x_{prz}(t), vp_{prz}(t)) \\
 \text{е) } \frac{d}{dt} vp_{pro}(t) = \phi_{34}(y_{pro}(t)) \cdot \rho_{34} \\
 \text{ж) } x_{inn}(t) + x_{rzv}(t) + x_{prz}(t) \leq R(t) \\
 \text{з) } Yop(R(t)) = \max_{x1_x2_x3} (y_{pro}(t))
 \end{array} \quad (2.3)$$

В цих рівняннях $x_{inn}(t)$, $x_{rzv}(t)$, $x_{prz}(t)$ – темпи ресурсів для підсистем "інновації", "розвиток", "виробництво", тобто "входи";

$y_{inn}(t)$, $y_{rzv}(t)$, $y_{pro}(t)$ темпи "виходів" підсистем "інновації", "розвиток", "виробництво",

$vp_{inn}(t)$, $vp_{rzv}(t)$, $vp_{prz}(t)$ – вектори параметрів функцій інновацій, розвитку, виробництва;

f_{inn} , f_{rzv} , f_{prz} – узагальнені функції "виробництва – функція інновацій, функція розвитку, функція виробництва;

ϕ_{12} , ϕ_{12} , ϕ_{12} – функції відображення виходу попередньої підсистеми в ефективність наступної підсистеми;

ρ_{12} , ρ_{23} , ρ_{34} , – відображення прирощення ефективності в прирощення параметрів ФВ наступного елемента – формалізація специфіки конкретної інновації – відображення в просторі параметрів функції "вхід – вихід".

Рівняння (2.1а), (2.1в), (2.1д) – моделі відповідних підсистем, як технологічних перетворювачів ресурсів, рівняння (2.2б), (2.2г), (2.3е) – моделі параметричних зав'язків, рівняння (2.2ж) – поточне обмеження сумарних витрат ресурсу, рівняння (2.2з) – критерій і ціль оптимізації: максимізація кінцевого виходу СМЗ, змінні управління – частки ресурсу для кожної підсистеми.

Постановка і аналіз оптимізаційної задачі. Головна проблема постановки і розв'язання оптимізаційної задачі не тільки суттєві нелінійності, а відсутність математичних моделей і статистичних даних для внутрішніх зав'язків цілісної системи "інновації. розвиток., виробництво". Тому фактично єдиний шлях вирішення проблеми – урахування достовірно діючих раціональних внутрішніх зав'язків. Проаналізуємо задачу оптимізації і можливі шляхи розв'язання, записуємо відповідні рівняння з системи

$$x_{inn}(t) + x_{rzv}(t) + x_{prz}(t) \leq R(t); X_{op} = \max_{x_1, x_2, x_3} (y_{pro}(t))$$

Поставимо за мету отримання оптимальної еквівалентної функції "виробництва" для СМЗ. Задаємо інтервал зміни величини ресурсного обмеження $0 \leq R \leq Rm$. В моделі першого наближення вважаємо всі стани для обмежень ресурсу з діапазону – усталеними. В моделі другого наближення при необхідності вводимо інерційні та часові запізнення.

Таким чином, шукаємо статичну залежність оптимального темпу випуску від темпу витрат ресурсів на систему.

Отримуємо вираз для критерія як явну функцію від управлінь і міжрівневих зв'язків. Використовуємо рівняння (2.1а) – (2.18д) (умовно вважаємо інновації рівнем 1, розвиток – рівнем 2, і виробництво – рівнем 3).

$$J_{ind}(R) = y_{pro}(R) = f_{prz}(x_{prz}(t), vp_{prz}(t))$$

проінтегруємо 3.18б, 3.18г

$$vp_{rzv}(t) = vp_{rzv0} + \int_0^t \phi_{12}(y_{inn}(t)) \cdot \rho_{12} dt \quad vp_{prz}(t) = vp_{prz0} + \int_0^e \phi_{12}(y_{rzv}(t)) \cdot \rho_{23} dt \quad (2.3)$$

Підставимо (2.2) в (2.3) а (2.3) в (2.4)

$$y_{rzv}(t) = f_{rzv} \left[x_{rzv}(t), \left(vp_{rzv0} + \int_0^t \phi_{12}(y_{inn}(t)) \cdot \rho_{12} dt \right) \right] \quad (2.4)$$

$$y_{pro}(t) = f_{prz} \left[x_{prz}(t), \left(vp_{prz0} + \int_0^e \phi_{12}(y_{rzv}(t)) \cdot \rho_{23} dt \right) \right] \quad (2.5)$$

Підставимо (2.3) в (2.5)

$$y_{rzv}(t) = f_{rzv} \left[x_{rzv}(t), \left(vp_{rzv0} + \int_0^t \phi_{12}(f_{inn}(x_{inn}(t), vp_{inn}(t))) \cdot \rho_{12} dt \right) \right]$$

Узагальнені функції виробництва (f_{inn} , f_{rzv}) є нестрого монотонними і позитивними функціями визначеними на обмежених інтервалах

$$0 \leq x \leq Xm \wedge 0 \leq y \leq Ym$$

В фундаментальних статистичних дослідженнях впливу науково технічного прогресу [5, 38, 39] доведено статистично стійкі залежності між витратами на інновації та інноваційний розвиток і позитивним прирощенням ефективності виробничих систем і продуктів виробництва (в конкретних реалізаціях ця залежність може бути спадною – це інноваційні ризики, обумовлені банальними помилками проектування, виробництва, експлуатації). В області комунікаційних засобів і технологій достатньо негативних прикладів. В моделі функції інвестицій це відображено. На підставі статистичних даних і аналітичних моделей [16, 17] вважаємо функції міжрівневих параметричних впливів нестрого монотонно зростаючими. Визначимо функції впливу на випуск кінцевого продукту, змінних управління x_{inn} , x_{rzv} , x_{prz} .

Запишемо вирази (2.4), (2.5) в компактній формі, яка в середовищі пакету для моделювання є функцією користувача.

$$Y_{pro}(x_{prz}, y_{rzv}) = f_{prz} \left[x_{prz}(t), \left(vp_{prz0} + \int_0^t \phi_{12}(y_{rzv}(t)) \cdot \rho_{23} dt \right) \right] \quad (2.6)$$

$$Y_{rzv}(x_{rzv}, x_{inn}) = f_{rzv} \left[x_{rzv}(t), \left(vp_{rzv0} + \int_0^t \phi_{12}(f_{inn}(x_{inn}(t), vp_{inn}(t))) \cdot \rho_{12} dt \right) \right] \quad (2.7)$$

Наша задача – довести монотонність функції кінцевого виробництва по всіх змінних управління (це називають узагальненою адитивністю..)

$Y_{0prz}(x_{prz}, x_{rzv}, x_{inn})$ – функція кінцевого виробництва (вихід структури)

$$\eta(x_{inn}) = \frac{\partial}{\partial x_{inn}} Y_{0prz}(x_{prz}, x_{rzv}, x_{inn}); \quad \eta(x_{inn}) \geq 0; \quad 0 \geq x_{inn} \geq x_{innmax};$$

$$\eta(x_{rzv}) = \frac{\partial}{\partial x_{rzv}} Y_{0prz}(x_{prz}, x_{rzv}, x_{inn}); \quad \eta(x_{rzv}) \geq 0; \quad 0 \geq x_{rzv} \geq x_{rzvmax};$$

$$\eta(x_{prz}) = \frac{\partial}{\partial x_{prz}} Y_{0prz}(x_{prz}, x_{rzv}, x_{inn}); \quad \eta(x_{prz}) \geq 0; \quad 0 \geq x_{prz} \geq x_{przmax};$$

Проаналізуємо похідну $\eta(x_{prz})$. Це похідна від функція $f_{prz}(\blacksquare)$ є згідно визначенню нестрого монотонно зростаючою функцією від x_{prz} .

Функція впливу управління x_{prz} на критерій Y_{prz} є нестрого монотонною зростаючою функцією. Проаналізуємо похідну $\eta(x_{rzv})$. Це похідна від послідовності функцій: функція $f_{prz}(\blacksquare)$ монотонно залежить від вектору параметрів vp_{rzv} , що є монотонною вектор-функцією від $y_{rzv} = f_{rzv}(x_{rzv}, vp_{rzv})$, а y_{rzv} – за визначенням – нестрого монотонна функція від x_{rzv} . Маємо суперпозицію трьох функцій. Для знаходження похідної застосуємо "ланцюгове правило". Виконуємо порівняльний аналіз структур сучасних виробничих систем. Сьогодні закриття головного конвеєра виробничої системи веде до збурень ринку продукції. При аналізі потреб ринку необхідно враховувати визначені фактори такі як зовнішнє середовище, що здійснює безпосередній вплив на реалізаційну діяльність промислового чи іншого господарського підприємства, тому вивченню підлягають: - дійсні законодавчі акти, що

контролюють реалізаційну діяльність підприємства, та їх оцінка впливу на можливий суб'єкт господарської діяльності.

2.13. Аналіз сучасних моделей послідовних структур виробничих систем

Послідовні ресурсні структури можуть бути продуктами певного виробництва, такими що продаються і постачаються іншим профільним виробничим організаціям. Структури. На рис. 1.1 подано математичні моделі оптимального агрегування. Бачимо функціональну структуру цілеспрямованої системи, нижче загальні і конкретні математичні проблеми і задачі.

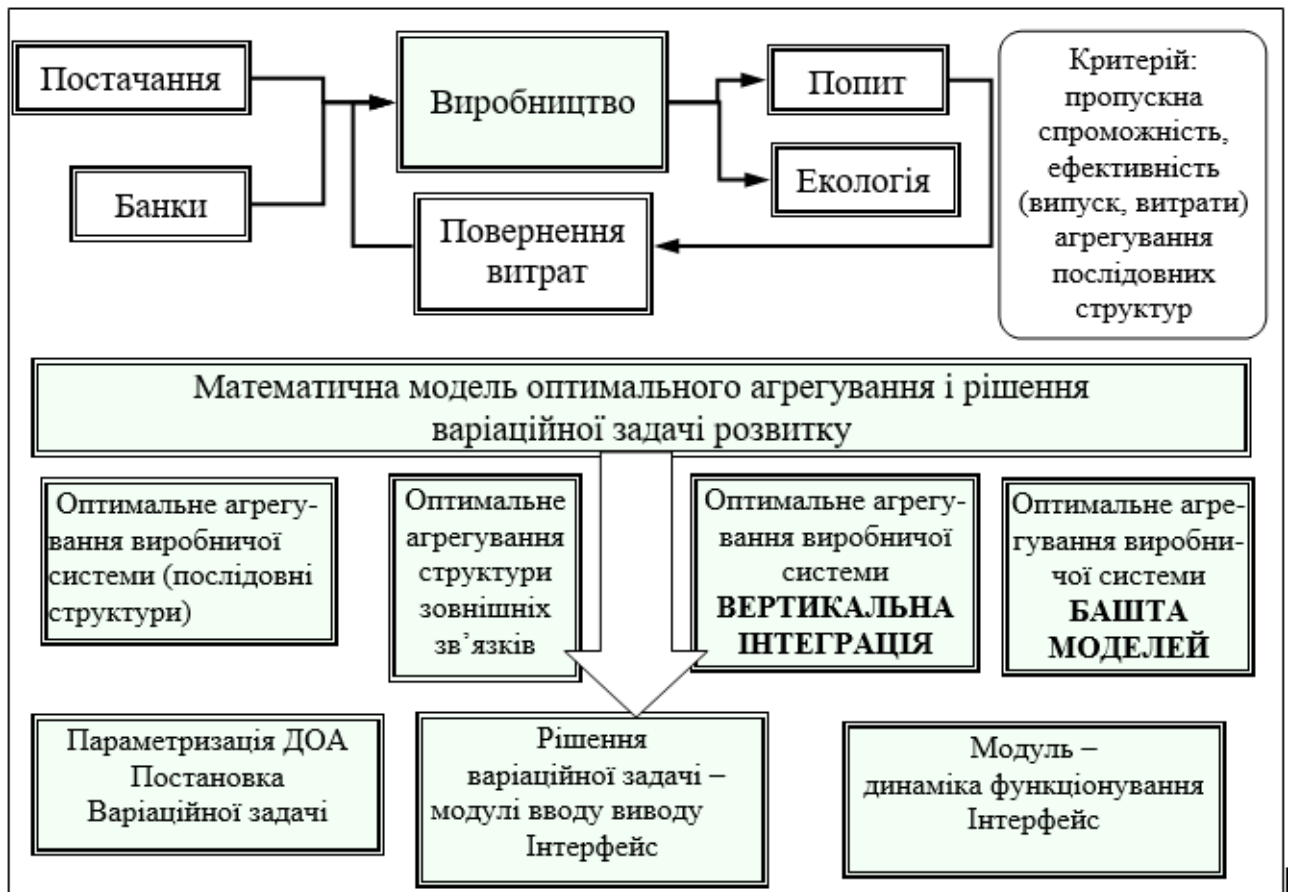


Рисунок 2.15 – Математичні моделі послідовних структур як підсистем виробництва

Висновки до розділу 2

Виконано аналіз нової актуальної для теорії і практики задачі розробки системи управління складними ресурсними структурами розвитком для виробничих систем. Досліджені і конкретизовані і узагальнені. Дана розробка

призначена для розробки і дослідження двох проблем – оптимізації інтегрованої системи «виробництво, розвиток» з довільними послідовними структурами. Проаналізовано критерії оптимізації систем в режимах статика, динаміка: оперативне і стратегічне управління. Проаналізовано ефективні ресурсні структури і системи моделей.

Елемент новизни даної розробки – послідовні структури. Відмінність послідовних ресурсних структур у введенні додаткового параметру «кількість елементів в послідовному ланцюгу». За результатами аналізу послідовних структур виявлена необхідність розпаралелювання послідовної структури для забезпечення відмовостійкості і живучості.

В даному розділі (рисунок 2.2) подано приклад розпаралелювання елементів послідовних структур класів «вертикальна інтеграція» та «башта моделей».

Проведено порівняльний варіантний аналіз альтернативних методів аналізу і синтезу систем. Вибрано методи оптимального агрегування для оптимізації паралельних і послідовних ресурсних структур системи життєвих циклів продуктів виробництва., що в сукупності є новою технічною задачею управління структурою «виробництво, розвиток, рітейл» (рис 2.13).

Потенційна перевага вибраних методів – тверда математична основа – алгебра оптимального агрегування. Виконано аналіз вибраних методів в аспекті ефективної адаптації до динаміки і розмірності об'єктів регіональних систем.

Підготовлено аналіз і обґрунтування для розробки моделей і програм в розділі 3 (рис. 2.14).

3. РОЗРОБКА ПРОГРАМНИХ МОДУЛІВ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ І ДОСЛІДЖЕННЯ ОБ'ЄКТІВ З ПОСЛІДОВНИМИ СТРУКТУРАМИ

В попередніх розділах були проаналізовані, узагальнені і доповнені технології розробки оптимальних адаптивних комп'ютерно-інтегрованих систем. Термін «комп'ютерно-інтегровані» не етикетка, а предметне рішення оптимізаційних задач для об'єктів великої розмірності на базі методології оптимального агрегування. В розділах 1, 2 виконано розвиток і узагальнення інформаційних технологій аналізу і синтезу оптимальних адаптивних систем управління. Подані там матеріали розраховані на ефективне освоєння і розуміння матеріалу .

В даному 3-му розділі на базі результатів розділів 1 і 2 виконується рішення задач аналізу і синтезу для нових таких, що поки не мають аналогів. Новими і актуальними для практики є ресурсні структури класів «вертикальна інтеграція» та «башта моделей». Особливості структур – змінна кількості елементів в послідовності і певні обмеження зв'язків між елементами. Актуальність: вертикальна структура в цукро-виробництві і нафтопереробці, башта моделей – багаторівневі екологічні і аграрні структури.

Проблеми вибраної тематики - відсутність ефективних математичних моделей.

3.1 Рішення задач «оптимальне агрегування - статика»

В розділах 1 і 2 розглянуті задачі перших кроків оптимального агрегування зміст яких: - отримання схеми «функціональна структура об'єкта», - побудова ізоморфного відображення функціональної структури в ресурсну структуру оптимального агрегування. На рис. 3.1 подаємо цю операцію для структури «вертикальна інтеграція». Для прикладу взято структуру з п'яти елементів.

Дивимось на результат виконання оптимального агрегування послідовної структури з 5-ти підсистем, а саме - на бінарне дерево оптимального агрегування.

Бачимо: послідовна система з п'яти підсистем замінена еквівалентно однією ОЕФВ (оптимальною еквівалентною функцією) $F_s(X_s, M_p)$, M_p – матриця параметрів, тобто інформація про систему її ресурсну структуру - не втрачається.

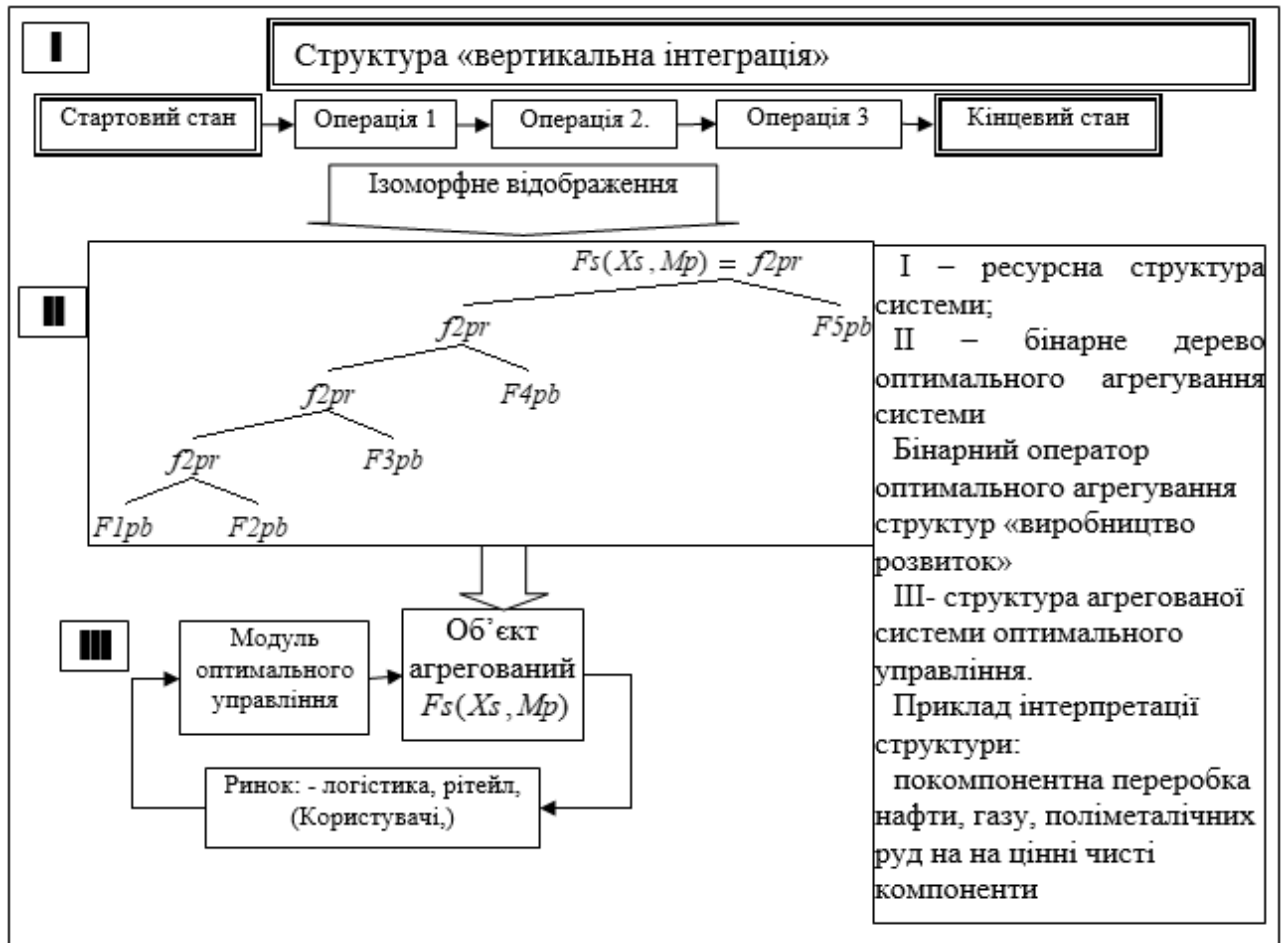


Рисунок 3.1 – Оптимальне агрегування структури «вертикальна інтеграція»

Означення на схемі: F_s , X_s , M_p – оптимальна еквівалентна функція системи, вектор стану системи, матриця параметрів системи

F_{1pb} - F_{5pb} – функції «витрати, випуск» підсистем

f_{2pr} - бінарний оператор послідовної структури

Аналогічно виконуємо операцію оптимального агрегування для структури «башта моделей». На рис. 3.2 подано операцію оптимального агрегування цієї структури. Порівнюємо рис. 3.1 і 3.2. Бачимо: різниця в структурі – вихід певної підсистеми є параметричним входом наступної.

На рис. 3.1 бінарний оператор – мультиплікативний, а на рис. 3.2 подано - оператор модифікований, класу «виробництво, розвиток». На рис. 3.2 подана

базова спрощена модель структури. Одна з інтерпретацій моделі – екологічні системи. В докомп'ютерні часи через суттєві нелінійності, можна було побудувати тільки спрощені моделі. Термін «башта моделей» походить від докомп'ютерних методів де подібну структуру розглядали як вертикальну послідовність лінійних моделей, де вихід моделі нижнього рівня подавався як параметр моделі вищого рівня. В оптимальному агрегуванні такий зв'язок реалізовано бінарним оператором оптимального агрегування структури «виробництво, розвиток». На рис. 3.2 можемо бачити цей оператор: $f2pr$.



Рисунок 3.2 – Оптимальне агрегування структури «башта моделей»

Означення на рис. 3.2: F_s , X_s , M_p – оптимальна еквівалентна функція системи, вектор стану системи, матриця параметрів системи

$F1pb - F5pb$ – функції «витрати, випуск» підсистем

$f2pr$ - бінарний оператор послідовної структури

Аналогічно виконуємо операцію оптимального агрегування для структури «башта моделей». На рис. 3.2 подано операцію оптимального агрегування цієї структури.

3.2 Розробка і тестування програмних модулів оптимального агрегування структур «вертикальна інтеграція»

В розділах 1 та 2 розглянуті абстрактні і прикладні аспекти алгебраїчних операцій оптимального агрегування бінарних структур – двох дискретизованих функцій – векторів у програмній платформі. В цьому документі робимо робочий модуль для оптимального агрегування послідовних структур розподілених систем з мультиплікативним критерієм і адитивними обмеженнями. Напрямки розвитку і застосування методу оптимального агрегування. На базі агрегування виробництво розвиток вирішені такі задачі:

- цінові стратегії - агрегування виробників і споживачів
- інформаційні стратегії - агрегування "виробництва продуктів"
- агрегування "виробництва попиту" - комплекс дій (інформаційних продуктів) що якимось підсумовуються на користувачі
- агрегування споживання різними споживачами - ідеальні корзини користувачів

Моделі: мультиплікативний критерій, адитивно-мультиплікативний критерій мультиплікативні обмеження, довільні обмеження

Моделі з урахуванням витрат на регулювання виробництва - оптимальні розподіли при невіпуклих виробничих функціях розривні - в певних умовах слід "виключити один виробничий елемент і включити інший. В реальних системах це реалізується довго і витратно.

Порядок оптимального агрегування для задачі з мультиплікативним критерієм:

1. Задаємо моделі виробничих функцій системи та параметри цих моделей.
2. Записуємо еквівалентну адитивну модель задачі - беремо логарифм від критерія.

3. Визначаємо для еквівалентної адитивної задачі оптимальну виробничу функцію та вектор-функцію оптимального розподілу ресурсу.

4. Повертаємось до мультиплікативної задачі.

Моделі з урахуванням витрат на регулювання виробництва - оптимальні розподіли при невіпуклих виробничих функціях розривні - в певних умовах слід "виключити один виробничий елемент і включити інший. В реальних системах це реалізується довго і витратно.

Порядок оптимального агрегування для задачі з мультиплікативним критерієм:

1. Задаємо моделі виробничих функцій системи та параметри цих моделей.

2. Записуємо еквівалентну адитивну модель задачі - беремо логарифм від критерія.

3. Визначаємо для еквівалентної адитивної задачі оптимальну виробничу функцію та вектор-функцію оптимального розподілу ресурсу.

4. Повертаємось до мультиплікативної задачі.

Формування моделі розподіленої виробничої системи. Робимо документ для базової задачі - агрегування системи з трьох елементів. Вводимо параметри математичних моделей виробничих функцій елементів.

$$Av := \begin{pmatrix} 0.6 \\ 0.8 \\ 1.0 \end{pmatrix}; wv := \begin{pmatrix} 0.06 \\ 0.04 \\ 0.03 \end{pmatrix}; sv := \begin{pmatrix} 6 \\ 8 \\ 10 \end{pmatrix}; \alpha v := \begin{pmatrix} 0.7 \\ 0.2 \\ 0.1 \end{pmatrix} \quad N := \text{length}(Av)$$

$$x1 := 1, 11..1600$$

Записуємо для порівняння адитивний і мультиплікативний критерії ефекту розподіленої системи

$$Js = \sum_{i=1}^N f(x_i, A_i, w_i, s_i); Jm = \prod_{i=1}^N f(x_i, A_i, w_i, s_i); Jmu = \prod_{i=1}^N f(x_i, A_i, w_i, s_i)^{\beta_i}$$

Використаємо символний процесор для отримання потрібного нам виразу - "логарифм від "добутку" (= похідної, production -П)

$$\ln \left(\prod_{i=1}^{NI} f(x_i, A_i, w_i, s_i) \right) \text{expand, } f \rightarrow \sum_{i=1}^{NI} \ln(f(x_i, A_i, w_i, s_i))$$

Введемо означення:

$$F4l(x, Av, wv, sv) := \ln(F4l(x, Av, wv, sv))$$

і запишемо вираз для критерія еквівалентної задачі

$$Jml(R, \alpha) = \sum_{i=1}^N F4l(R \cdot \alpha_i, A_i, w_i, s_i)$$

Сформулюємо оптимізаційну задачу: для кожного заданого R -обмеження по ресурсу системи, знайти такий розподіл цього ресурсу $(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3)$, $\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1$, що максимізує значення критерія $Jml(R, \alpha)$

Пряма і спряжена оптимізаційні задачі.

Пряма задача: знайти розподіл ресурсу (x_1, x_2, \dots, x_N) , що максимізує

$$\text{критерій } F(x) = \prod_{i=1}^N f_i(x_i, Vp_i) \text{ при обмеженні } G(x) = \sum_{i=1}^N x_i - R_{ogr} = 0$$

Спряжена задача: знайти розподіл ресурсу (x_1, x_2, \dots, x_N) , що мінімізує критерій

$$G(x) = \sum_{i=1}^N x_i \quad \text{при} \quad \text{обмеженні} \quad F(x) = \prod_{i=1}^N f_i(x_i, Vp_i) - Xtreb = 0 \quad .$$

Інтерпретація спряженої задачі - мінімізація сумарних витрат на заданий випуск продукції вертикально інтегрованою системою.

Модуль оптимального агрегування двох елементів. Беремо одну з версій документа оптимального агрегування. Ця версія бере і повертає дискретизовані виробничі функції (функції розвитку, корисності, надійності та ін.). Задаємо Кількість точок дискретизації: $Kto := 200$. При відсутності необхідності закриваємо зону з програмами агрегування. Центральна програма нашого методу - $f2c$ бере два масиви, що описують виробничі функції елементів (все одно - монолітних чи агрегованих), і повертає масив, де міститься оптимальна виробнича функція та відповідна вектор-функцію оптимального розподілу ресурсу.

```

f2o(mf1, mf2) :=
  Xto ← rows(mf1)
  dλ ← 1 ÷ Xto
  klev ← cols(mf1)
  kpra ← cols(mf2)
  rlev ← submatrix(mf1, 1, Xto, 2, klev)
  rpra ← submatrix(mf2, 1, Xto, 2, kpra)
  for i ∈ 1.. Xto
    mak ← 0
    for j ∈ 1.. Xto
      i1 ← max( round( (j·i) / Xto, 0 ), 1 )
      i2 ← max[ (i - i1), 1 ]
      Vs ← mf1i1, 1 + mf2i2, 1
      if Vs > mak
        jm ← j
        mak ← Vs
    Vyxod⟨i⟩ ← stack(mak, jm·dλ)
  Vyx ← VyxodT
  rnlev ← dop(rlev, Vyx⟨2⟩)
  rnpra ← dop[rpra, (1 - Vyx⟨2⟩)]
  Vyd ← augment(Vyx⟨1⟩, rnlev, rnpra)
  Vyd

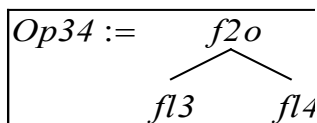
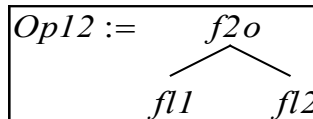
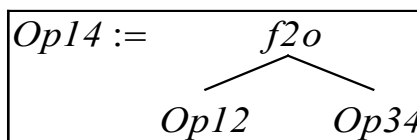
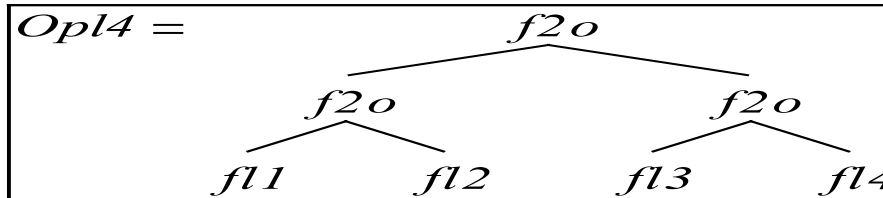
```

Рисунок 3.3 – Модуль «бінарний оператор оптимального агрегування»

Візуальний аналіз задачі розподілу ресурсу в системі з двома елементами. В середовищі математичного пакету іноді буває дуже легко зробити графічне подання певних математичних об'єктів. Це дає краще розуміння задачі проблеми, дозволяє уникнути помилок і робить "очевидними" властивості математичних об'єктів, дозволяє висунути гіпотези. Однак звичайно це не може бути строгим доведенням (приблизні дискретизовані обчислення та ін.) -

згадаємо давні часи, коли за допомогою геометрії вчені шукали кінцеве значення числа.

Робимо стенд для візуального аналізу розподілів ресурсів в системі з двох елементів з ВФ довільних класів. Розділимо це дерево на три частини і побудуємо для кожної графік цільової функції, а на цей графік накладемо лінію оптимального розподілу ресурсу.



Задаємо дані для тривимірних графіків: індекси $Mt := Kto \cdot i := 1..Mt$;

$j := 1..Mt$;

кроки обчислень $hx := 100 \div Mt$; $h\lambda := 1 \div Mt$;

Записуємо вирази для матриці $efd2$.

$$ef12_{i,j} := \ln(F4(h\lambda \cdot j \cdot hx \cdot i, A1, W1, S1)) + \ln[F4[(1 - h\lambda \cdot j) \cdot hx \cdot i, A2, W2, S2] + 0.01]$$

$$ef14_{i,j} := \ln(F4(h\lambda \cdot j \cdot hx \cdot i, A3, W3, S3)) + \ln[F4[(1 - h\lambda \cdot j) \cdot hx \cdot i, A4, W4, S4] + 0.01]$$

$$Opf12 := Op12^{\langle 1 \rangle} \quad Opf34 := Op34^{\langle 1 \rangle}$$

$$Opf14_{i,j} := Opf12_i \cdot hx \cdot h\lambda \cdot j + Opf34_i \cdot hx \cdot (1 - h\lambda \cdot j)$$

$QRa(f1, f2) :=$	<pre> for i ∈ 1..Mt mak ← 0 for j ∈ 1..Mt V1 ← F4(hλ·j·hx·i, Am1, wm1, sm1) V2 ← F4[(1 - hλ·j)·hx·i, Am2, wm2, sm2] Vs ← V1 + V2 if Vs > mak im ← i jm ← j mak ← Vs ZZ ← F4(hλ·jm·hx·i, Am1, wm1, sm1) Vsm ← ZZ + F4[(1 - hλ·jm)·hx·im, Am2, wm2, sm2] Vyxodⁱ ← stack(im, jm, Vsm) Vyxod </pre>
------------------	---

Рисунок 3.4 – Бінарний оператор оптимального агрегування послідовної структури

Будуємо параметричний графік ліній розподілу ресурсу на поверхні цільової функції. Якщо всі модулі коректні, то ці лінії пройде через максимуми. Координата $X1_i := i \cdot hx$ - незалежна змінна, координата $Y1_i := (Op12^{\langle 2 \rangle})_i$ - координата розподілу ресурсу;

$$jm1_i := \max(\text{round}(Y1_i \div h\lambda, 0), 1)$$

$$Z1_i := \text{efl}2_{i, jm1_i}$$

$$X2_i := i \cdot hx; Y2_i := (Op34^{\langle 2 \rangle})_i;$$

$$jm2_i := \max(\text{round}(Y2_i \div h\lambda, 0), 1)$$

$$Z2_i := \text{efl}4_{i, jm2_i}; X3_i := i \cdot hx;$$

$$\overrightarrow{Prop} := (Op14^{\langle 2 \rangle} + Op14^{\langle 3 \rangle})$$

$$Y3_i := Prop_i;$$

$$jm3_i := \max(\text{round}(Prop_i \div h\lambda, 0), 1)$$

$$Z3_i := Opf14_{i, jm3_i}$$

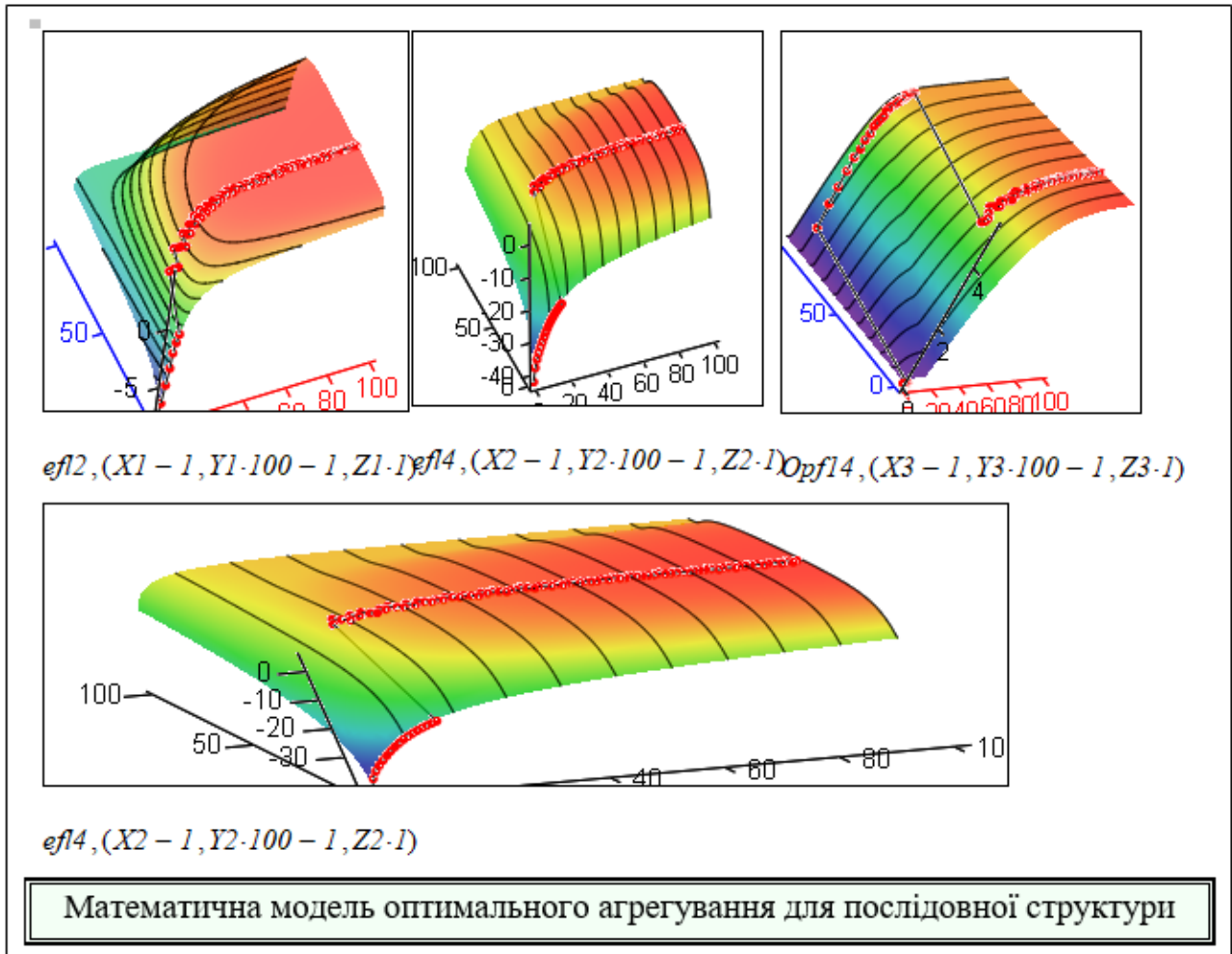


Рисунок 3.5 – Однорівневе оптимальне агрегування для послідовних структур

Висновки до розділу 3

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

базі оптимального агрегування і можливості рішення варіаційних задач розвитку систем з послідовними структурами.

Як підсумок розділу 3 і роботи в цілому, отримано модель оптимального управління інноваційними структурами ринковими вікнами на базі оптимального агрегування послідовних ресурсних структур з підсистем «виробництво, ритейл (ринок)» і паралельна структура з отриманням і тестуванням цілісної, оптимальної, адаптивної системи управління..

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Покращено модель оптимального агрегування «башта моделей». На відміну від аналогів певні рівні башти моделей можуть мати «розгалуження» – альтернативні технології переробки ресурсу. Приклади – екологічні системи; «вовки, зайці», «вовки, зайці, трава». В техніці приклади більш складні.

2. Покращено бінарний оператор оптимального агрегування послідовної структури «вертикально інтегрована структура». На відміну від аналогів певні рівні вертикальної структури можуть мати паралельні елементи.

4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Виконання науково-дослідної роботи завжди передбачає отримання певних результатів і вимагає відповідних витрат. Результати виконаної роботи завжди дають нам нові знання, які в подальшому можуть бути використані для удосконалення та/або розробки (побудови) нових, більш продуктивних зразків техніки, процесів та програмного забезпечення.

Дослідження на тему «Розробка і дослідження математичних моделей і програм оптимального управління розвитком виробництва для об'єктів з вертикально інтегрованими структурами» може бути віднесено до фундаментальних і пошукових наукових досліджень і спрямоване на вирішення наукових проблем, пов'язаних з практичним застосуванням. Основою таких досліджень є науковий ефект, який виражається в отриманні наукових результатів, які збільшують обсяг знань про природу, техніку та суспільство, які розвивають теоретичну базу в тому чи іншому науковому напрямку, що дозволяє виявити нові закономірності, які можуть використовуватися на практиці.

Для цього випадку виконаємо такі етапи робіт:

- 1) здійснимо проведення наукового аудиту досліджень, тобто встановлення їх наукового рівня та значимості;
- 2) проведемо планування витрат на проведення наукових досліджень;
- 3) здійснимо розрахунок рівня важливості наукового дослідження та перспективності, визначимо ефективність наукових досліджень.

4.1 Оцінювання наукового ефекту

Основними ознаками наукового ефекту науково-дослідної роботи є новизна роботи, рівень її теоретичного опрацювання, перспективність, рівень розповсюдження результатів, можливість реалізації. Науковий ефект НДР на тему «Розробка і дослідження математичних моделей і програм оптимального управління розвитком виробництва для об'єктів з вертикально інтегрованими

структурами» можна охарактеризувати двома показниками: ступенем наукової новизни та рівнем теоретичного опрацювання.

Значення показників ступеня новизни і рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи в балах наведені в табл. 4.1 та 4.2.

Таблиця 4.1 – Показники ступеня новизни науково-дослідної роботи виставлені експертами

Ступінь новизни	Характеристика ступеня новизни	Значення ступеня новизни, бали		
		Експерти (ПБ, посада)		
		1	2	3
Принципово нова	Робота якісно нова за постановкою задачі і ґрунтується на застосуванні оригінальних методів дослідження. Результати дослідження відкривають новий напрям в даній галузі науки і техніки. Отримані принципово нові факти, закономірності; розроблена нова теорія. Створено принципово новий пристрій, спосіб, метод	0	0	0
Нова	Отримана нова інформація, яка суттєво зменшує невизначеність наявних значень (по-новому або вперше пояснені відомі факти, закономірності, впроваджені нові поняття, розкрита структура змісту). Проведено суттєве вдосконалення, доповнення і уточнення раніше досягнутих результатів	54	56	45
Відносно нова	Робота має елементи новизни в постановці задачі і методах дослідження. Результати дослідження систематизують і узагальнюють наявну інформацію, визначають шляхи подальших досліджень; вперше знайдено зв'язок (або знайдено новий зв'язок) між явищами. В принципі відомі положення розповсюджені на велику кількість об'єктів, в результаті чого знайдено ефективне рішення. Розроблені більш прості способи для досягнення відомих результатів. Проведена часткова раціональна модифікація (з ознаками новизни)	0	0	0
Традиційна	Робота виконана за традиційною методикою. Результати дослідження мають інформаційний характер. Підтверджені або поставлені під сумнів відомі факти та твердження, які потребують перевірки. Знайдено новий варіант рішення, який не дає суттєвих переваг в порівнянні з існуючим	0	0	0
Не нова	Отримано результат, який раніше зафіксований в інформаційному полі, та не був відомий авторам	0	0	0
Середнє значення балів експертів		51,7		

Згідно отриманого середнього значення балів експертів ступінь новизни характеризується як нова, тобто отримана нова інформація, яка суттєво зменшує невизначеність наявних знань (по-новому або вперше пояснені відомі факти, закономірності, впроваджені нові поняття, розкрита структура змісту) та проведено суттєве вдосконалення, доповнення і уточнення раніше досягнутих результатів.

Таблиця 4.2 – Показники рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи виставлені експертами

Характеристика рівня теоретичного опрацювання	Значення показника рівня теоретичного опрацювання, бали		
	Експерт (ПІБ, посада)		
	1	2	3
Відкриття закону, розробка теорії	0	0	0
Глибоке опрацювання проблеми: багатоаспектний аналіз зв'язків, взаємозалежності між фактами з наявністю пояснень, наукової систематизації з побудовою евристичної моделі або комплексного прогнозу	0	0	0
Розробка способу (алгоритму, програми), пристрою, отримання нової речовини	50	54	50
Елементарний аналіз зв'язків між фактами та наявною гіпотезою, класифікація, практичні рекомендації для окремого випадку тощо	0	0	0
Опис окремих елементарних фактів, викладення досвіду, результатів спостережень, вимірювань тощо	0	0	0
Середнє значення балів експертів	51,3		

Згідно отриманого середнього значення балів експертів рівень теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи характеризується як розробка способу (алгоритму, програми), пристрою, отримання нової речовини.

Показник, який характеризує рівень наукового ефекту, визначаємо за формулою [54]:

$$E_{\text{нау}} = 0,6 \cdot k_{\text{нов}} + 0,4 \cdot k_{\text{теор}}, \quad (4.1)$$

де $k_{\text{нов}}, k_{\text{теор}}$ - показники ступеня новизни та рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи, $k_{\text{нов}} = 51,7, k_{\text{теор}} = 51,3$ балів;

0,6 та 0,4 – питома вага (значимість) показників ступеня новизни та рівня теоретичного опрацювання науково-дослідної роботи.

$$E_{\text{нау}} = 0,6 \cdot k_{\text{нов}} + 0,4 \cdot k_{\text{теор}} = 0,6 \cdot 51,7 + 0,4 \cdot 51,33 = 51,53 \text{ балів.}$$

Визначення характеристики показника $E_{\text{нау}}$ проводиться на основі висновків експертів виходячи з граничних значень, які наведені в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Граничні значення показника наукового ефекту

Досягнутий рівень показника	Кількість балів
Високий	70...100
Середній	50...69
Достатній	15...49
Низький (помилкові дослідження)	1...14

Відповідно до визначеного рівня наукового ефекту проведеної науково-дослідної роботи на тему «Розробка і дослідження математичних моделей і програм оптимального управління розвитком виробництва для об'єктів з вертикально інтегрованими структурами», даний рівень становить 51,53 балів і відповідає статусу - середній рівень. Тобто у даному випадку можна вести мову про потенційну фактичну ефективність науково-дослідної роботи.

4.2 Розрахунок витрат на здійснення науково-дослідної роботи

Витрати, пов'язані з проведенням науково-дослідної роботи на тему «Розробка і дослідження математичних моделей і програм оптимального управління розвитком виробництва для об'єктів з вертикально інтегрованими структурами», під час планування, обліку і калькулювання собівартості науково-дослідної роботи групуємо за відповідними статтями.

4.2.1 Витрати на оплату праці

До статті «Витрати на оплату праці» належать витрати на виплату основної та додаткової заробітної плати керівникам відділів, лабораторій, секторів і груп, науковим, інженерно-технічним працівникам, конструкторам, технологам, креслярам, копіювальникам, лаборантам, робітникам, студентам, аспірантам та іншим працівникам, безпосередньо зайнятим виконанням конкретної теми, обчисленої за посадовими окладами, відрядними розцінками, тарифними ставками згідно з чинними в організаціях системами оплати праці.

Основна заробітна плата дослідників

Витрати на основну заробітну плату дослідників (Z_o) розраховуємо у відповідності до посадових окладів працівників, за формулою [54]:

$$Z_o = \sum_{i=1}^k \frac{M_{ni} \cdot t_i}{T_p}, \quad (4.2)$$

де k – кількість посад дослідників залучених до процесу досліджень;

M_{ni} – місячний посадовий оклад конкретного дослідника, грн;

t_i – число днів роботи конкретного дослідника, дн.;

T_p – середнє число робочих днів в місяці, $T_p=21$ дні.

$$Z_o = 13500,00 \cdot 32 / 21 = 20571,43 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 4.4 – Витрати на заробітну плату дослідників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн	Оплата за робочий день, грн	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн
Керівник проекту	13500,00	642,86	32	20571,43
Аналітик з розробки систем автоматизованого управління розвитком виробництва	13000,00	619,05	10	6190,48
Інженер-програміст 1-ї категорії	12600,00	600,00	21	12600,00
Консультант (виробничий менеджер)	11550,00	550,00	4	2200,00
Всього				41561,90

Основна заробітна плата робітників

Витрати на основну заробітну плату робітників (Z_p) за відповідними найменуваннями робіт НДР на тему «Розробка і дослідження математичних моделей і програм оптимального управління розвитком виробництва для об'єктів з вертикально інтегрованими структурами» розраховуємо за формулою:

$$Z_p = \sum_{i=1}^n C_i \cdot t_i, \quad (4.3)$$

де C_i – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, за виконану відповідну роботу, грн/год;

t_i – час роботи робітника при виконанні визначеної роботи, год.

Погодинну тарифну ставку робітника відповідного розряду C_i можна визначити за формулою:

$$C_i = \frac{M_M \cdot K_i \cdot K_c}{T_p \cdot t_{зм}}, \quad (4.4)$$

де M_M – розмір прожиткового мінімуму працездатної особи, або мінімальної місячної заробітної плати (в залежності від діючого законодавства), прийmemo $M_M=2379,00$ грн;

K_i – коефіцієнт міжкваліфікаційного співвідношення для встановлення тарифної ставки робітнику відповідного розряду (табл. Б.2, додаток Б) [54];

K_c – мінімальний коефіцієнт співвідношень місячних тарифних ставок робітників першого розряду з нормальними умовами праці виробничих об'єднань і підприємств до законодавчо встановленого розміру мінімальної заробітної плати.

T_p – середнє число робочих днів в місяці, приблизно $T_p = 21$ дн;

$t_{зм}$ – тривалість зміни, год.

$$C_1 = 2379,00 \cdot 1,10 \cdot 1,65 / (21 \cdot 8) = 25,70 \text{ грн.}$$

$$З_{pl} = 25,70 \cdot 6,00 = 154,21 \text{ грн.}$$

Таблиця 4.5 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт	Тривалість роботи, год	Розряд роботи	Тарифний коефіцієнт	Погодинна тарифна ставка, грн	Величина оплати на робітника грн
Установка обчислювального обладнання для проведення досліджень	6,00	2	1,10	25,70	154,21
Підготовка робочого місця розробника програмного забезпечення	4,00	3	1,35	31,54	126,17
Інсталяція програмного забезпечення проведення аналітичного дослідження та розробки програмних засобів	5,00	4	1,50	35,05	175,24
Підготовка дослідних баз даних роботи	12,00	3	1,35	31,54	378,52

виробничого підприємства					
Ведення характеристик базових модулів аналізу моделей	8,00	5	1,70	39,72	317,77
Компіляція програмних модулів системи управління розвитком виробництва	3,00	5	1,70	39,72	119,16
Налагодження блоків системи управління	10,00	6	2,00	46,73	467,30
Всього					1738,37

Додаткова заробітна плата дослідників та робітників

Додаткову заробітну плату розраховуємо як 10 ... 12% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$Z_{\text{доп}} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{\text{доп}}}{100\%}, \quad (4.5)$$

де $H_{\text{доп}}$ – норма нарахування додаткової заробітної плати. Прийmemo 10%.

$$Z_{\text{доп}} = (41561,90 + 1738,37) \cdot 10 / 100\% = 4330,03 \text{ грн.}$$

4.2.2 Відрахування на соціальні заходи

Нарахування на заробітну плату дослідників та робітників розраховуємо як 22% від суми основної та додаткової заробітної плати дослідників і робітників за формулою:

$$Z_n = (Z_o + Z_p + Z_{\text{доп}}) \cdot \frac{H_{zn}}{100\%} \quad (4.6)$$

де H_{zn} – норма нарахування на заробітну плату. Приймаємо 22%.

$$Z_n = (41561,90 + 1738,37 + 4330,03) \cdot 22 / 100\% = 10478,67 \text{ грн.}$$

4.2.3 Сировина та матеріали

До статті «Сировина та матеріали» належать витрати на сировину, основні та допоміжні матеріали, інструменти, пристрої та інші засоби і предмети праці, які придбані у сторонніх підприємств, установ і організацій та витрачені на проведення досліджень за темою «Розробка і дослідження математичних моделей і програм оптимального управління розвитком виробництва для об'єктів з вертикально інтегрованими структурами».

Витрати на матеріали на даному етапі проведення досліджень в основному пов'язані з використанням моделей елементів та моделювання роботи і досліджень за допомогою комп'ютерної техніки та створення експериментальних математичних моделей або програмного забезпечення, тому дані витрати формуються на основі витратних матеріалів характерних для офісних робіт.

Витрати на матеріали (M), у вартісному вираженні розраховуються окремо по кожному виду матеріалів за формулою:

$$M = \sum_{j=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j - \sum_{j=1}^n B_j \cdot C_{ej}, \quad (4.7)$$

де H_j – норма витрат матеріалу j -го найменування, кг;

n – кількість видів матеріалів;

C_j – вартість матеріалу j -го найменування, грн/кг;

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

B_j – маса відходів j -го найменування, кг;

C_{ej} – вартість відходів j -го найменування, грн/кг.

$$M_1 = 3,00 \cdot 96,00 \cdot 1,11 - 0,000 \cdot 0,00 = 319,68 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 4.6 – Витрати на матеріали

Найменування матеріалу, марка, тип, сорт	Ціна за 1 кг, грн	Норма витрат, кг	Величина відходів, кг	Ціна відходів, грн/кг	Вартість витраченого матеріалу, грн
Багатофункціональний білий офісний папір OFFICE-500 A4	96,00	3,00	-	-	319,68
Папір для записів OFFICE 70 A5-250	45,00	3,00	-	-	149,85
Органайзер офісний OFFICE 100	182,00	2,00	-	-	404,04
Набір офісний DATUM 300	205,00	3,00	-	-	682,65
Картридж для принтера HP-5500	1010,00	1,00	-	-	1121,10

Всього	2677,32
--------	---------

4.2.4 Розрахунок витрат на комплектуючі

Витрати на комплектуючі (K_e), які використовують при проведенні НДР на тему «Розробка і дослідження математичних моделей і програм оптимального управління розвитком виробництва для об'єктів з вертикально інтегрованими структурами» відсутні.

4.2.5 Спецустаткування для наукових (експериментальних) робіт

До статті «Спецустаткування для наукових (експериментальних) робіт» належать витрати на виготовлення та придбання спецустаткування необхідного для проведення досліджень, також витрати на їх проектування, виготовлення, транспортування, монтаж та встановлення.

Балансову вартість спецустаткування розраховуємо за формулою:

$$B_{\text{спец}} = \sum_{i=1}^k C_i \cdot C_{\text{пр.і}} \cdot K_i, \quad (4.9)$$

де C_i – ціна придбання одиниці спецустаткування даного виду, марки, грн;

$C_{\text{пр.і}}$ – кількість одиниць устаткування відповідного найменування, які придбані для проведення досліджень, шт.;

K_i – коефіцієнт, що враховує доставку, монтаж, налагодження устаткування тощо, ($K_i = 1, 10 \dots 1, 12$);

k – кількість найменувань устаткування.

$$B_{\text{спец}} = 15400,00 \cdot 1 \cdot 1,11 = 17094,00 \text{ грн.}$$

Отримані результати зведемо до таблиці:

Таблиця 4.8 – Витрати на придбання спецустаткування по кожному виду

Найменування устаткування	Кількість, шт	Ціна за одиницю, грн	Вартість, грн
Фізичне обладнання серверу бази даних	1	15400,00	17094,00
Всього			17094,00

4.2.6 Програмне забезпечення для наукових (експериментальних)

робіт

До статті «Програмне забезпечення для наукових (експериментальних) робіт» належать витрати на розробку та придбання спеціальних програмних засобів і програмного забезпечення, (програм, алгоритмів, баз даних) необхідних для проведення досліджень, також витрати на їх проектування, формування та встановлення.

Балансову вартість програмного забезпечення розраховуємо за формулою:

$$B_{\text{прог}} = \sum_{i=1}^k C_{\text{прог}} \cdot C_{\text{прог.і}} \cdot K_i, \quad (4.10)$$

де $C_{\text{прог}}$ – ціна придбання одиниці програмного засобу даного виду, грн;

$C_{\text{прог.і}}$ – кількість одиниць програмного забезпечення відповідного найменування, які придбані для проведення досліджень, шт.;

K_i – коефіцієнт, що враховує інсталяцію, налагодження програмного засобу тощо, ($K_i = 1,10 \dots 1,12$);

k – кількість найменувань програмних засобів.

$$B_{\text{прог}} = 6900,00 \cdot 1 \cdot 1,11 = 7659,00 \text{ грн.}$$

Отримані результати зведемо до таблиці:

Таблиця 4.9 – Витрати на придбання програмних засобів по кожному виду

Найменування програмного засобу	Кількість, шт	Ціна за одиницю, грн	Вартість, грн
Програмне забезпечення розробки та аналізу математичних моделей	1	6900,00	7659,00
Програмне забезпечення розробки систем АСУ	1	7600,00	8436,00
Всього			16095,00

4.2.7 Амортизація обладнання, програмних засобів та приміщень

В спрощеному вигляді амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання, приміщень та програмному забезпеченню тощо, розраховуємо з використанням прямолінійного методу амортизації за формулою:

$$A_{\text{обл}} = \frac{C_{\text{обл}}}{T_{\text{г}}} \cdot \frac{t_{\text{вик}}}{12}, \quad (4.11)$$

де C_b – балансова вартість обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, які використовувались для проведення досліджень, грн;

$t_{вик}$ – термін використання обладнання, програмних засобів, приміщень під час досліджень, місяців;

$T_в$ – строк корисного використання обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, років.

$$A_{обл} = (25125,00 \cdot 2) / (2 \cdot 12) = 2093,75 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 4.10 – Амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання, місяців	Амортизаційні відрахування, грн
Персональний комп'ютер	25125,00	2	2	2093,75
Обчислювально-графічна система програмної розробки	22498,00	2	2	1874,83
Робоче місце розробника програмного забезпечення	9580,00	5	2	319,33
Пристрій виводу інформації HP-5500	8765,00	4	2	365,21
Оргтехніка	8925,00	4	2	371,88
Приміщення лабораторії	25500,00	25	2	1703,33
ОС Windows 11	5645,00	3	2	313,61
Прикладний пакет Microsoft Office 2019	5155,00	3	2	286,39
Прикладний пакет моделювання процесів	7646,00	3	2	424,78
Всього				7753,11

4.2.8 Паливо та енергія для науково-виробничих цілей

Витрати на силову електроенергію (B_e) розраховуємо за формулою:

$$B_e = \sum_{i=1}^n \frac{W_{yi} \cdot t_i \cdot C_e \cdot K_{eni}}{\eta_i}, \quad (4.12)$$

де W_{yi} – встановлена потужність обладнання на визначеному етапі розробки, кВт;

t_i – тривалість роботи обладнання на етапі дослідження, год;

C_e – вартість 1 кВт-години електроенергії, грн; (вартість електроенергії визначається за даними енергопостачальної компанії), прийmemo $C_e = 4,50$ грн;

K_{eni} – коефіцієнт, що враховує використання потужності, $K_{eni} < 1$;

η_i – коефіцієнт корисної дії обладнання, $\eta_i < 1$.

$$B_e = 0,25 \cdot 240,0 \cdot 4,50 \cdot 0,95 / 0,97 = 270,00 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 4.11 – Витрати на електроенергію

Найменування обладнання	Встановлена потужність, кВт	Тривалість роботи, год	Сума, грн
Персональний комп'ютер	0,25	240,0	270,00
Обчислювально-графічна система програмної розробки	0,25	240,0	270,00
Робоче місце розробника програмного забезпечення	0,13	150,0	87,75
Пристрій виводу інформації HP-5500	0,20	40,0	36,00
Оргтехніка	0,60	25,0	67,50
Фізичне обладнання серверу бази даних	0,16	240,0	172,80
Всього			904,05

4.2.9 Службові відрядження

До статті «Службові відрядження» дослідної роботи на тему «Розробка і дослідження математичних моделей і програм оптимального управління розвитком виробництва для об'єктів з вертикально інтегрованими структурами» належать витрати на відрядження штатних працівників, працівників організацій, які працюють за договорами цивільно-правового характеру, аспірантів, зайнятих розробленням досліджень, відрядження, пов'язані з проведенням випробувань машин та приладів, а також витрати на

відрядження на наукові з'їзди, конференції, наради, пов'язані з виконанням конкретних досліджень.

Витрати за статтею «Службові відрядження» розраховуємо як 20...25% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$B_{cv} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{cv}}{100\%}, \quad (4.13)$$

де H_{cv} – норма нарахування за статтею «Службові відрядження», прийmemo $H_{cv} = 22\%$.

$$B_{cv} = (41561,90 + 1738,37) \cdot 22 / 100\% = 9526,06 \text{ грн.}$$

4.2.10 Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації

Витрати за статтею «Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації» розраховуємо як 30...45% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$B_{cn} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{cn}}{100\%}, \quad (4.14)$$

де H_{cn} – норма нарахування за статтею «Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації», прийmemo $H_{cn} = 30\%$.

$$B_{cn} = (41561,90 + 1738,37) \cdot 30 / 100\% = 12990,08 \text{ грн.}$$

4.2.11 Інші витрати

До статті «Інші витрати» належать витрати, які не знайшли відображення у зазначених статтях витрат і можуть бути віднесені безпосередньо на собівартість досліджень за прямими ознаками.

Витрати за статтею «Інші витрати» розраховуємо як 50...100% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$I_s = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{is}}{100\%}, \quad (4.15)$$

де H_{is} – норма нарахування за статтею «Інші витрати», прийmemo $H_{is} = 57\%$.

$$I_e = (41561,90 + 1738,37) \cdot 57 / 100\% = 24681,16 \text{ грн.}$$

4.2.12 Накладні (загальнопромислові) витрати

До статті «Накладні (загальнопромислові) витрати» належать: витрати, пов'язані з управлінням організацією; витрати на винахідництво та раціоналізацію; витрати на підготовку (перепідготовку) та навчання кадрів; витрати, пов'язані з набором робочої сили; витрати на оплату послуг банків; витрати, пов'язані з освоєнням виробництва продукції; витрати на науково-технічну інформацію та рекламу та ін.

Витрати за статтею «Накладні (загальнопромислові) витрати» розраховуємо як 100...150% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$B_{нзв} = (З_o + З_p) \cdot \frac{H_{нзв}}{100\%}, \quad (4.16)$$

де $H_{нзв}$ – норма нарахування за статтею «Накладні (загальнопромислові) витрати», прийmemo $H_{нзв} = 115\%$.

$$B_{нзв} = (41561,90 + 1738,37) \cdot 115 / 100\% = 49795,32 \text{ грн.}$$

Витрати на проведення науково-дослідної роботи на тему «Розробка і дослідження математичних моделей і програм оптимального управління розвитком виробництва для об'єктів з вертикально інтегрованими структурами» розраховуємо як суму всіх попередніх статей витрат за формулою:

$$B_{заг} = З_o + З_p + З_{одд} + З_n + M + K_в + B_{спец} + B_{прз} + A_{обл} + B_e + B_{св} + B_{сп} + I_в + B_{нзв}. \quad (4.17)$$

$$\begin{aligned} B_{заг} &= 41561,90 + 1738,37 + 4330,03 + 10478,66632 + 2677,32 + 0,00 + 17094,00 + \\ &16095,00 + 7753,11 + 904,05 + 9526,06 + 12990,08 + 24681,16 + 49795,32 = \\ &= 199625,06 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Загальні витрати $ЗВ$ на завершення науково-дослідної (науково-технічної) роботи та оформлення її результатів розраховується за формулою:

$$ЗВ = \frac{B_{заг}}{\eta}, \quad (4.18)$$

де η - коефіцієнт, який характеризує етап (стадію) виконання науково-дослідної роботи, прийmemo $\eta = 0,85$.

$$ЗВ = 199625,06 / 0,85 = 234853,01 \text{ грн.}$$

4.3 Оцінювання важливості та наукової значимості науково-дослідної роботи

Оцінювання та доведення ефективності виконання науково-дослідної роботи фундаментального чи пошукового характеру є достатньо складним процесом і часто базується на експертних оцінках, тому має вірогідний характер.

Для обґрунтування доцільності виконання науково-дослідної роботи на тему «Розробка і дослідження математичних моделей і програм оптимального управління розвитком виробництва для об'єктів з вертикально інтегрованими структурами» використовується спеціальний комплексний показник, що враховує важливість, результативність роботи, можливість впровадження її результатів у виробництво, величину витрат на роботу.

Комплексний показник K_p рівня науково-дослідної роботи може бути розрахований за формулою:

$$K_p = \frac{I^n \cdot T_c \cdot R}{B \cdot t}, \quad (4.19)$$

де I – коефіцієнт важливості роботи. Прийmemo $I = 4$;

n – коефіцієнт використання результатів роботи; $n = 0$, коли результати роботи не будуть використовуватись; $n = 1$, коли результати роботи будуть використовуватись частково; $n = 2$, коли результати роботи будуть використовуватись в дослідно-конструкторських розробках; $n = 3$, коли результати можуть використовуватись навіть без проведення дослідно-конструкторських розробок. Прийmemo $n = 3$;

T_c – коефіцієнт складності роботи. Прийmemo $T_c = 2$;

R – коефіцієнт результативності роботи; якщо результати роботи плануються вище відомих, то $R = 4$; якщо результати роботи відповідають відомому рівню, то $R = 3$; якщо нижче відомих результатів, то $R = 1$. Прийmemo $R = 3$;

B – вартість науково-дослідної роботи, тис. грн. Прийmemo $B = 234,8$ тис. грн;

t – час проведення дослідження. Прийmemo $t = 0,17$ років, (2 міс.).

Визначення показників I , n , T_C , R , B , t здійснюється експертним шляхом або на основі нормативів [54].

$$K_p = \frac{I^n \cdot T_C \cdot R}{B \cdot t} = 4^3 \cdot 2 \cdot 3 / 235 \cdot 0,17 = 9,81.$$

Якщо $K_p > 1$, то науково-дослідну роботу на тему «Розробка і дослідження математичних моделей і програм оптимального управління розвитком виробництва для об'єктів з вертикально інтегрованими структурами» можна вважати ефективною з високим науковим, технічним і економічним рівнем.

4.4 Висновки до розділу 4

Витрати на проведення науково-дослідної роботи на тему «Розробка і дослідження математичних моделей і програм оптимального управління розвитком виробництва для об'єктів з вертикально інтегрованими структурами» складають 234853,01 грн. Відповідно до проведеного аналізу та розрахунків рівень наукового ефекту проведеної науково-дослідної роботи на тему «Розробка і дослідження математичних моделей і програм оптимального управління розвитком виробництва для об'єктів з вертикально інтегрованими структурами» є середній, а дослідження актуальними, рівень доцільності виконання науково-дослідної роботи $K_p > 1$, що свідчить про потенційну ефективність з високим науковим, технічним і економічним рівнем.

ВИСНОВКИ

Магістерська кваліфікаційна робота присвячена «розробці і дослідженню нових і покращених математичних моделей і програм оптимального управління виробництвом розвитком виробництва для об'єктів з послідовними структурами».

В першому розділі конкретно – з моделями і прикладами проаналізовані базові однорівневі і однокрокові задачі оптимального агрегування. Новизна роботи у виборі малодосліджених складних структур з параметричними зв'язками актуальним для практики - системами класів «вертикальна інтеграція» і «башта моделей». Особливість таких структур - суттєво нелінійні і нестационарні параметричні зв'язки – коли вхід змінює параметри підсистеми «витрати, випуск». Елементом новизни є параметр «число елементів в послідовній структурі».

В другому розділі виконано узагальнення і аналіз типових задач динаміки оптимального агрегування, які повинна виконувати система з послідовними ресурсними структурами, а саме: - задача оптимального оперативного управління, - варіаційні задачі з інтегральними критеріями «сумарне накопичення», «сумарні витрати для послідовних структур заданих класів».

В третьому розділі виконана постановка задач оптимального агрегування структур з вибраними ресурсними зв'язками «послідовні» і «виробництво, розвиток». Розроблені узагальнені бінарні оператори оптимального агрегування послідовних структур. Виконана вертикальна інтеграція та опис оптимального агрегування. Тому вибрано шлях виконання розробки на базі побудови інтегрованої технології розробки оптимальних адаптивних агрегованих систем управління.

Поставлена мета суттєвого підвищення ефективності процесів функціонування і розвитку сучасних систем за рахунок розробки і покращення оптимально агрегованої регіональної системи систем проєктів оптимізації за критеріями ефективності і оптимальності на базі методології оптимального агрегування.

Для досягнення необхідної мети були поставлені і виконані такі задачі:

- проведено аналіз існуючих методів оптимального управління послідовними структурами як складними багаторівневими процесами розвитку і функціонування ;

- покращено математичні моделі управління не тільки станом, але і часом виконання, що важливо в мовах узгодження підсистем в часі, в стані процесів функціонування, розвитку і адаптації.

Вибрано методи управління для задач оперативного і стратегічного управління послідовною структурою. Розроблено метод управління розвитком з урахуванням стану ринку. Таким чином отримана оптимальна адаптивна безпошукова комп'ютерно-інтегрована система. Виконано тестування всіх програмних модулів системи управління і підтверджено їх коректність і ефективність.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

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. Методологічні основи створення математичних моделей розвитку розподілених виробничих систем [Текст]: автореф. дис.... канд. техн. наук: 01.05.02 / Таїса Миколаївна Боровська; Вінницький національний технічний університет. – Вінниця, 2016. – 46 с. - Бібліогр.: с. 37-41 (53 назви). – Режим доступа: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/9362>
3. Боровська Т.М. Технології розробки імітаційних моделей класу "n виробників, m продуктів, k споживачів" / Т. М. Боровська, П. В. Северілов // Матеріали НПК «Наука і навчальний процес. Дослідження нових інформаційних технологій». – Вінниця: ВСЕІ Університету "Україна", 2008. – С. 119–121.
4. Боровська Т.М. Моделювання задач управління інвестиціями: [навчальний посібник для студ. вищ. навч. закл.] / Боровська Т.М, Северілов В.А, Бадьора С.П., Колесник І.С.: М-во освіти і науки України. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 178 с. – ISBN 978-966-641-311-9.
5. Боровська Т.М. Основи теорії управління та дослідження операцій: [навчальний посібник для студ. вищ. навч. закл.] / Т. М. Боровська, І.С. Колесник, В.А. Северілов: М-во освіти і науки України. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. – 242 с. – ISBN 978-966-641-275-4.
6. 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.
7. Боровська Т.М. Розробка узагальнених моделей оптимального управління виробництвом і ритейлом з урахуванням систем "базовий основний дохід" / Боровська Таїса Миколаївна, Колесник Ірина Сергіївна, Шаповал Денис Ігорович, Северілов Віктор Андрійович // Матеріали “XII International Scientific-Practical Conference INTERNET-EDUCATION-SCIENCE-2020” — Вінницький національний технічний університет, 2020 с.— 150-153.

8. Боровська Т.М. Декомпозиційний підхід до прямої оцінки ризиків ринку / Т. М. Боровська, І. С. Колесник // Матеріали V Міжнародної НПК „Економічна безпека сучасного підприємства”. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2008 – С. 80–86.

9. Боровська Т. М. Узагальнення методу оптимального агрегування виробничих систем із довільними структурами [Текст] / Т. М. Боровська, Г. Ю. Дерман, П. В. Северілов // Наукові праці ВНТУ. - 2011. - № 4. - С. 1-9.

10. Дерман Г. Ю. Розробка системи оптимального управління розвитком за наявності невизначеностей [Електронний ресурс] / Г. Ю. Дерман, Т. М. Боровська, В. А. Северілов // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. - 2011. - № 1. - Режим доступу: <http://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/247>.

11. Колесник І. С. Узагальнені моделі розподілених систем на базі методу оптимального агрегування [Текст] / І. С. Колесник, Г. Ю. Дерман // Вісник Вінницького політехнічного інституту. - 2009. - № 2. - С. 99-102.

12. Боровська Т. М. Оптимізація стратегій розвитку розподілених виробничих систем на базі агрегування виробничих функцій [Текст] / Т. М. Боровська, І. С. Колесник, В. А. Северілов // Вісник Вінницького політехнічного інституту. - 2005. - № 5. - С. 88-94.

13. Фрадков А.Л. Адаптивное управление в сложных системах: беспысковые методы. — М.: Наука, 1990.

14. Боровська Т. М. Моделі ефективності і живучості технічних систем [Текст] / Т. М. Боровська, Є. П. Хомин, П. В. Северілов // Вісник Вінницького політехнічного інституту. - 2011. - № 1. - С. 89-95.

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

16. Опойцев В. И. Равновесие и устойчивость в моделях коллективного поведения / В. И. Опойцев – М.: Наука, 1977. – 346 с.

17. Бурков В. Н. Большие системы: моделирование организационных механизмов / В. Н. Бурков – М.: Наука, 1989. – 246 с.

18. Берзин Е.А. Оптимальное распределение ресурсов и элементы синтеза систем / Е.А. Берзин – М.: Советское радио, 1974. – 304 с.
19. Бадьора С. П. Імовірнісна модель для прогнозування розвитку розподілених систем [Текст] / С. П. Бадьора, Т. М. Боровська // Вісник Вінницького політехнічного інституту. - 2006. - № 1. - С. 45-61.
20. Т. Боровська, Д. Гришин, І. Колесник, і В. Северілов, Розробка моделей і методів оптимального управління системами проектів на базі методів оптимального агрегування, Вісник Вінницького політехнічного інституту, № 1, с. 61-76, Лют 2020.
21. Taisa M. Borovska et al.,—Adaptive production control system based on optimal aggregation methods,”Proc. SPIE 10808, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2018, 108086O (1 October 2018).<https://doi.org/10.1117/12.2501520>.
22. Т. М. Боровська, В. А. Северілов, С. П. Бадьора, та І. С. Колесник, Моделювання задач управління інвестиціями. Вінниця, Україна: ВНТУ, 2009, 178с.
23. P. V. Severilov., T. N. Borovska, Yu.N. Dmytryk, and E. P. Khomyn, —Modeling and optimization of agrarian systems with waste recycling in bioreactors, „Nauka i studia (Poland), No 16 (126), pp. 42-50, 2014. ISSN 1561-6894.
24. R. Bellman, I. Glikhsberg, and O. Gross, Certain problems of mathematical control theory. Moscow, USSR: Publishing House of Foreign Literature, 1962, 233 p.
25. Р. Беллман, и Р. Калаба, Динамическое программирование и современная теория управления. М., Россия: Наука, 1969, 131 с.
26. Андреев О. А. Региональное развитие и социальная политика: зарубежный опыт / О. А. Андреев, М. Тьюкюлайнен. - Режим доступа: <http://www.rusrand.ru/Dokladi3/Andreev.pdf>
27. N. J. Nersessian, and S. Chandrasekharan, —Hybrid analogies in conceptual innovation in science, „Cognitive Systems Research, no. 10(3), pp. 178-188, 2009.
28. М. Месарович, Д. Мако, и И. Такахара, Теория иерархических многоуровневых систем. М., Россия: Мир, 1973, 344 с.
29. James Pollock, Jon Coffman, Sa V. Ho, and Suzanne S. Farid, —Integrated Continuous Bioprocessing: Economic, Operational, and Environmental Feasibility

- for Clinical and Commercial Antibody Manufacture. *Biotechnol. Prog.*, The Global House of Chemical Engineers, vol. 33, no. 4, 2017, <https://doi.org/10.1002/btpr.2492>.
30. Simone Brethauer and Michael Hanspeter Studer, —Consolidated bioprocessing of lignocellulose by a microbial consortium. *Energy Environ. Sci.*, The Royal Society of Chemistry, no. 7, pp. 1446–1453. 2014. <https://doi.org/10.1039/c3ee41753k>.
31. J. Forrester, *Basics of Cybernetics enterprises (Urban Dynamics)*. Moscow, USSR: Progress, 1971.
32. Т.Н. Боровская, И.С. Колесник, В.А. Северилов, и И.В. Шульган,—Оптимальное агрегирование интегрированных систем "производство-развитие", *Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія*, No2(30), с. 18-28, 2014. ISSN1999-9941.
33. Т. М. Боровська, І. С. Колесник, В. А. Северілов, та П. В. Северілов, «Моделі оптимального інноваційного розвитку виробничих систем» *Східно-Європейський журнал передових технологій: Математичне та інформаційне забезпечення комп'ютерно-інтегрованих систем управління*, т. 5, No 2(71), с. 42-50, 2014. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.28030>.
34. V. I. Opoitsev, *Equilibrium and stability in models of collective behavior*. Moscow, USSR: World, 1977.
35. W. Leontiev, —Theoretical assumptions and nonobservable facts, *The American economic review*, no. 9 (4), pp. 1-7, December, 1970.
36. Bruno G. Rüttimann, *Introduction to Modern Manufacturing Theory*. Zürich, Switzerland: Springer International Publishing AG, 2018, 149 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-58601-4>
37. М. В. Васильська, І. С. Колесник, та В. А. Северілов «Моделі-предиктори: проблеми розробки і адекватності» *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, No 4, с. 114-121, 2011.
38. М. Пешель, *Моделирование сигналов и систем*. М., Россия: Мир, 1981, 302с.
39. R. Fagin, R. Kumar, and D. Sivakumar, —Efficient similarity search and classification via rank aggregation, *Proceedings of the 2003 ACM SIGMOD international Conference on Management of Data (San Diego, California)*.

- SIGMOD '03. ACM Press, New York, NY, pp.301-312, 2003.
<https://doi.org/10.1145/872794.872795>.
40. Т. Н. Боровська, «Оптимальне агрегування виробничих систем з параметричними зв'язками» Східно-Європейський журнал передових технологій, т. 4, No 11(70), с.9-19. 2014. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.26306>.
41. Taisa M. Borovska, Inna V.Vernigora, Dmitry I.Grishin, Victor A. Severilov, KonradGromaszek, et al., —Adaptive production control system based on optimalaggregation methods, Proc. SPIE 10808, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2018, 108086O (1 October 2018). <https://doi.org/10.1117/12.2501520>.
42. Taisa Borovska, Inna Vernigora, Irina Kolesnyk, and Andriy Kushnir, —Control of multi-channel multiphase queuing system based on optimal aggregation methodology, Proceedings of the 13th International Scientific and Technical Conference “Computer science and information technologies” CSIT'2018, Lviv, Ukraine, 11-14 September 2018, vol. 1, pp. 259-265.
43. Geoff R. Maths for Economics / Geoff R – New York: Oxford University Press, 2005, – 516 p.
44. Borovska, T. N. (2014). Optimal aggregation of production systems with parametric connections. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4 (11(70)), 9-19. DOI: 10.15587/1729-4061.2014.26306.
45. Бобылев С.Н., Ходжаев А.Ш. Экономика природопользования. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1997.
46. Коляденко С. В. Структурні зміни в економіці регіонів як запорука економічного зростання [Електронний ресурс]/ С. В. Коляденко // Ефективна економіка. – 2011. – № 7 – Режим доступу:
<http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=675>
47. Гранберг А.Г. Основы региональной экономики/А.Г. Гранберг.– М.:Тасис,2000. – 493 с.
48. Андреев О. А. Региональное развитие и социальная политика: зарубежный опыт / О. А. Андреев, М. Тьюкюлайнен. - Режим доступа: <http://www.rusrand.ru/Dokladi3/Andreev.pdf>

49. Верланов Ю. Ю. Регіональна динаміка, нерівномірність та економічне зростання / Ю. Ю. Верланов, К. Л. Нетудихата. - Режим доступу: <http://bibl.kma.mk.ua/pdf/naukpraci/economy/2001/9-1-2pdf>
50. Голиков А. П. Сучасний стан і перспективи регіональної політики в Україні / А. П. Голиков, Ю. Г. Прав // Формування механізму регіонального управління в Україні: матеріали наук.-практ. конф. (Харків, 29 листоп. 2001 р.). - Х.: Вид-во ХарПІ УАДУ "Магістр", 2002. - С. 22-24.
51. Мамонова В. В. Перспективи регіонального управління в Україні / В. В. Мамонова // Формування механізму регіонального управління в Україні: матеріали наук.-практ. конф. (Харків, 29 листоп. 2001 р.). - Х.: Вид-во ХарПІ УАДУ "Магістр", 2002. - С. 5-10.
52. Методичні вказівки до виконання студентами-магістрами наукового напрямку економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад В.О.Козловський – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 22 с.
53. Боровська Т. Оптимальне управління продажами з урахуванням ефектів освоєння та масштабів виробництва на базі методів оптимального агрегування Розробка оптимальної системи масового обслуговування з ідентифікатором стану та зовнішнього оточення / Т. Боровська, Г. Гришин, А. Андрюшкін, І. Колесник, В. Северілов, С. Юзва // «ИНТЕРНЕТ–ОСВИТА–НАУКА–2020», XII Міжнародна науково-практична конференція ІОН-2020, 26-29 травня, 2020: Збірник праць. – Вінниця: ВНТУ, 2020 – С. 10–12. Режим доступу: http://ies.vntu.edu.ua/ru/ies2020/report/proceedings_2020.
54. Методичні вказівки до виконання економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. : В. О. Козловський, О. Й. Лесько, В. В. Кавецький. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 42 с.
55. Пешко І., Боровська Т., Демчуков О. Розробка і дослідження математичних моделей і програм оптимального управління розвитком для об'єктів з узагальненими послідовними структурами / Пешко І., Боровська Т., Демчуков О. // Науково-технічна конференція факультету комп'ютерних систем та автоматики ВНТУ (2021). Отримано з <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fksa/all-fksa-2021/paper/view/12665/10609>

56. Демчуков О., Боровська Т., Пешко І. Розробка і дослідження математичних моделей і програм оптимального управління розвитком для об'єктів з узагальненими паралельними структурами / Демчуков О., Боровська Т., Пешко І. // Науково-технічна конференція факультету комп'ютерних систем та автоматики ВНТУ (2021). Отримано з <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fksa/all-fksa-2021/paper/view/12733>
57. Боровська Т. Розробка і дослідження багаторесурсної та багатопродуктової підсистеми рециклінгу / Т. Боровська, І. Колесник, В. Северілов, І. Пешко // Тези доповідей XV міжнародної конференції «Контроль і управління в складних системах (КУСС-2020)», м. Вінниця, Україна, 8-10 жовтня 2020 р.– Вінниця : ВНТУ, 2020. – С. 108–109. – ISBN 978-966-641-818-3. Режим доступу: <http://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/30569>
58. Боровська Т., Пешко І., Андрюшкін А. Система управління розвитком підприємства з урахуванням моментів запуску окремих виробництв. Факультет комп'ютерних систем і автоматики. / Боровська Т., Пешко І., Андрюшкін А. // Ukraine, mar. 2020. Available at: <<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fksa/all-fksa-2020/paper/view/9071/7471>>

Додатки

Додаток А(обов'язковий)

Технічне завдання

ВНТУ

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри КСУ ВНТУ,
д.т.н., проф. Володимир Дубовой

_____ 30.09.2021 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на виконання магістерської кваліфікаційної роботи

«Розробка і дослідження математичних моделей і програм оптимального управління розвитком виробництва для об'єктів з вертикально інтегрованими структурами»

08-01.МКР.011.00.000 ТЗ

Керівник магістерської кваліфікаційної

роботи: д.т.н., професор

Таїса Боровська

“ ___ ” _____ 2021 р.

Виконавець: ст. гр. 2АКІТ-20м

Іван Пешко

“ ___ ” _____ 2021 р.

Вінниця 2021

1. Назва та галузь застосування

1.1. Назва – «Розробка і дослідження математичних моделей і програм оптимального управління розвитком виробництва для об'єктів з вертикально інтегрованими структурами»

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

2. Підстава для проведення розробки.

Тема магістерської кваліфікаційної роботи затверджена наказом по ВНТУ № 277 від “24” 09 2021 р.

3. Мета та призначення розробки.

Метою роботи є підвищення ефективності управління сучасними інтегрованими виробництвами за рахунок розробки і використання узагальнених моделі і методів оптимального агрегування.

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. Вимоги до розробки.

5.1. Перелік головних функцій:

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

5.2. Основні технічні вимоги до розробки.

5.2.1. Вимоги до програмної платформи:

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

5.2.2. Умови експлуатації системи:

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

6. Економічні показники

До економічних показників входять:

- оцінка наукового ефекту 51,53 балів;
- витрати на сировину та матеріали не більше 2677,32 грн..;
- загальновиробничі витрати не менше 234853,01 грн..;
- комплексний показник рівня наукової роботи 9,81;
- інші економічні переваги у порівнянні з аналогами.

7. Стадії та етапи розробки.

7.1 Пояснювальна записка:

вступ	2021р.
аналіз методів оптимального розподілу ресурсів на виробництво і розвиток	2021р.
розробка математичних моделей «вертикально інтегровані структури	2021р.
розробка і тестування програмного модуля для системи з урахуванням впливу процесів розвитку	2021р.
Захист МКР	2021р.

7.2 Графічні матеріали:

- Інформаційна взаємодія об'єкту розробки і його імітаційної моделі: метамодель. 2021 р
- Агрегована метамодель: система «модель - об'єкт». 2021 р
- Структура «вертикальна інтеграція». 2021 р
- Структура «башта моделей». 2021 р
- Класи бінарних структур оптимального агрегування. 2021 р
- Ізоморфне відображення ресурсної структури в бінарне дерево оптимального агрегування. 2021 р

8. Порядок контролю і приймання.

- 8.1. Хід виконання магістерської кваліфікаційної роботи контролюється керівником роботи, консультантами з економічної частини. Рубіжний контроль провести до «15» грудня 2021 р.
- 8.2. Атестація проекту здійснюється на попередньому захисті. Попередній захист магістерської кваліфікаційної роботи провести до «15» грудня 2021 р.
- 8.3. Підсумкове рішення щодо оцінки якості виконання магістерської кваліфікаційної роботи приймається на засіданні ДЕК. Захист магістерської кваліфікаційної роботи провести «22» грудня 2021 р.

Додаток Б (лістинг програми)

(обов'язковий)

<pre> KM (F, pr, pd, Tpl) :- Δt ← Tpl ÷ Kk x1 1 ← X1o borg 1 ← brgo Okp ← X1o u1op ← 1 xkrop ← 20 u1 ← 1 z1 1 ← 0 sdox ← 0 skred ← 0 vskrd ← 0 Δu ← 1 ÷ Sit Δkr ← Ymx ÷ sithr for k ∈ 1 .. Kk t ← Δt · (k - 1) maHm ← 0 xs ← (x1 k - borg k) for q ∈ 1 .. sithr Xkr ← Δkr · (q - 1) xv ← xs + Xkr for i ∈ 1 .. Sit + 1 ui ← (i - 1) · Δu борсS ← Xkr · [1 + pr · (Tpl - t)] Futу ← min (F (xv - ui), F (Rma)) fH1 ← Futу · (Tpl - t + prcv) · e^{-pd·t} fHm ← fH1 + (1 - ui) · xv - борсS γm ← maHm < fHm maHm ← maHm · (1 - γm) + fHm · γm u1op ← u1op · (1 - γm) + ui · γm xkrop ← xkrop · (1 - γm) + Xkr · γm u_{k+1} ← u1op xkr k+1 ← xkrop borg k+1 ← borg k + $\frac{xkr k [1 + pr · (Tpl - t)]}{Tpl - t} · Δt$ Okp ← x1 k + xkr k+1 - borg k x1 k+1 ← x1 k + F (Okp · u_{k+1}) · Δt z1 k+1 ← Okp · (1 - u_{k+1}) sdox ← sdox + z1 k+1 · Δt skred ← skred + xkr k · Δt vskrd ← vskrd + borg k · Δt γs ← (u_k x1 k z1 k xkr k - borg k) γx (k) ← γs^T γs ← (γx sdox skred vskrd) γx ← γs^T </pre>	<p>ВХОДИ – ПАРАМЕТРИ: (оптимально агреговане) (виробництво, розвиток, рі- тейл) = оптимальна еквівален- тна <i>Fm</i> функція витрати-випуск <i>pr</i> - ціна продукту <i>pd</i> - дисконт <i>Tpl</i> - тривалість процесу роз- витку</p> <p>Обчислення і максимізація функції Гамільтона</p> <p>Кредитування і повернення боргів</p> <p>Доходи</p>
--	---

Додаток В (ілюстративна частина)
(обов'язковий)
ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

Розробка і дослідження математичних моделей і програм оптимального управління розвитком виробництва для об'єктів з вертикально інтегрованими структурами

Перелік ілюстративних матеріалів:

1. Постановка задачі дослідження.
2. Мета і завдання дослідження.
3. Порядок рішення задачі оптимального агрегування виробничих систем як об'єктів управління.
4. Об'єкт оптимального управління: система виробників сегменту виробництва.
5. Інформаційна взаємодія об'єкту розробки і його імітаційної моделі: метамодель.
6. Агрегована метамодель: система «модель - об'єкт».
7. Структура «вертикальна інтеграція».
8. Структура «башта моделей».
9. Класи бінарних структур оптимального агрегування.
10. Ізоморфне відображення ресурсної структури в бінарне дерево оптимального агрегування.
11. Оптимальне агрегування довільних ресурсних структур. Приклад.
12. Оператор оптимального агрегування довільних ресурсних структур.
13. Оптимальне агрегування послідовної структури приклади.
14. Висновок.

Виконав: студент 2-го курсу, групи 2АКІТ-20м
спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(шифр і назва спеціальності)

Іван Пешко
(ім'я та прізвище)

Керівник: д.т.н., професор каф. КСУ

Таїса Боровська
(ім'я та прізвище)

« ____ » _____ 2021 р.

Опонент: к.т.н., доцент каф. АІТ

Ольга Софіна
(ім'я та прізвище)

« ____ » _____ 2021 р.

1. Постановка задач дослідження

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ДОСЛІДЖЕННЯ 1

Розглядається актуальна для практики і нова для теорії задача оптимального управління процесами оптимального розвитку виробничої системи з **вертикально інтегрованими структурами**. В роботі досліджуються два класи вертикально інтегрованих структур - з параметричними і ресурсними зв'язками», що характеризуються відповідними функціями виробництва - «витрати, випуск» і функціями розвитку – «витрати, приріст виробничої потужності». Математична модель динаміки оптимального функціонування і розвитку виробничої системи складається з математичної моделі оперативного управління (однокрокової) і математичної моделі стратегічного управління (варіаційної задачі розвитку). Рішення задачі оптимального управління виробничою системою базоване на методах оптимального агрегування, що відрізняються від класичних методів розробки САУ тим, що метод оптимального агрегування базується на еквівалентній заміні багатовимірної задачі оптимізації системою одновимірних задач. Рішення задачі оптимізації складається з трьох задач.

НОВИЗНА – після перших дисертацій в області оптимального агрегування коло бінарних операторів оптимального агрегування залишалось обмеженим (паралельна, послідовна, зворотний зв'язок). Розвиток технологій вимагає розширення «твердої математичної платформи», для комп'ютерно інтегрованих систем. Завдання даної роботи розробка і дослідження послідовних структур класів «вертикальна інтеграція» і «башта моделей». Приклади практичного застосування: цукропереробна, глибока переробка нафти та ін., природні і штучні екосистеми (класична модель – «трава, зайці, вовки»). Задачі суттєво нелінійні.

2. Мета і завдання дослідження

МЕТА І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ. 2

Метою роботи - підвищення ефективності управління сучасними інтегрованими виробництвами за рахунок розробки і використання узагальнених і ефективних моделей і методів оптимального агрегування. Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі задачі:

- **провести аналіз** стану розробки моделей систем проектів як динамічних систем і методів оптимального управління системними проектами розвитку виробництва;
- **виконати аналіз** типових систем проектів як динамічних структур з урахуванням специфіки виробництва і ритейлу, доведення продуктів виробництва до кінцевого користувача, та методів рециклінгу – ефективного використання відходів виробництва і використання;
- **виконати аналіз** моделей сучасних ринків, зокрема з неповною інформацією і обмеженнями попиту і конкуренцією;
- **розробити узагальнену параметризовану модель** «виробництво, розвиток», модель оптимального агрегування вертикально інтегрованих структур;

Об'єкт дослідження – процеси функціонування виробничої системи з вертикально інтегрованими технологічними структурами.

Предмет дослідження – методи оптимального адаптивного управління на базі оптимального агрегування вертикальних ресурсних структур.

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

Наукова новизна одержаних результатів

1. Покращено модель оптимального агрегування «башта моделей» .

На відміну від аналогів певні рівні башти моделей можуть мати «розгалуження» – альтернативні технології переробки ресурсу. Приклади – екологічні системи; «вовки, зайці», «вовки, зайці, трава». В техніці приклади більш складні.

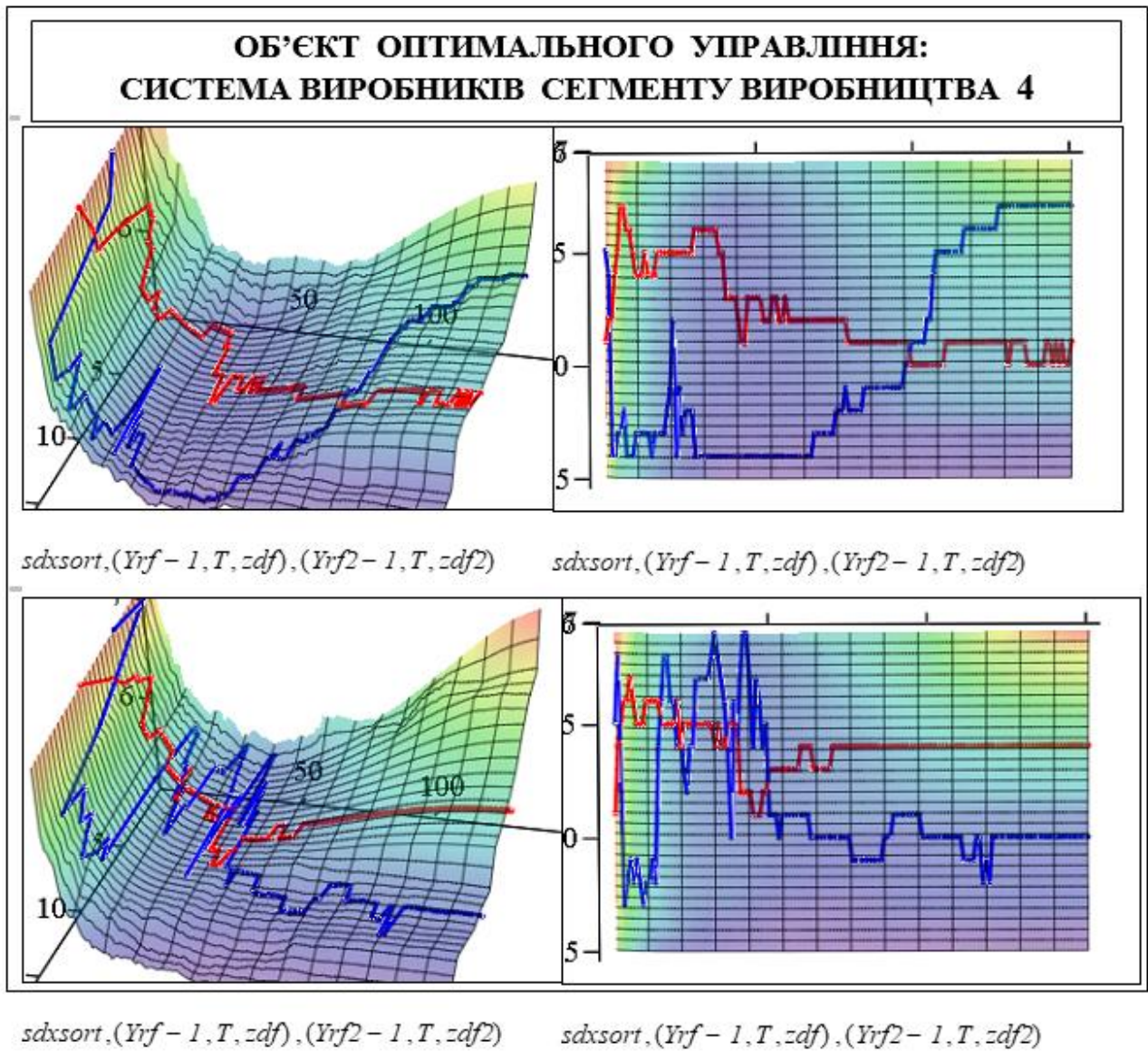
2. Покращено бінарний оператор оптимального агрегування послідовної структури «вертикально інтегрована структура». На відміну від аналогів певні рівні вертикальної структури можуть мати паралельні елементи.

3. Порядок рішення задачі оптимального агрегування виробничих систем, як об'єктів управління

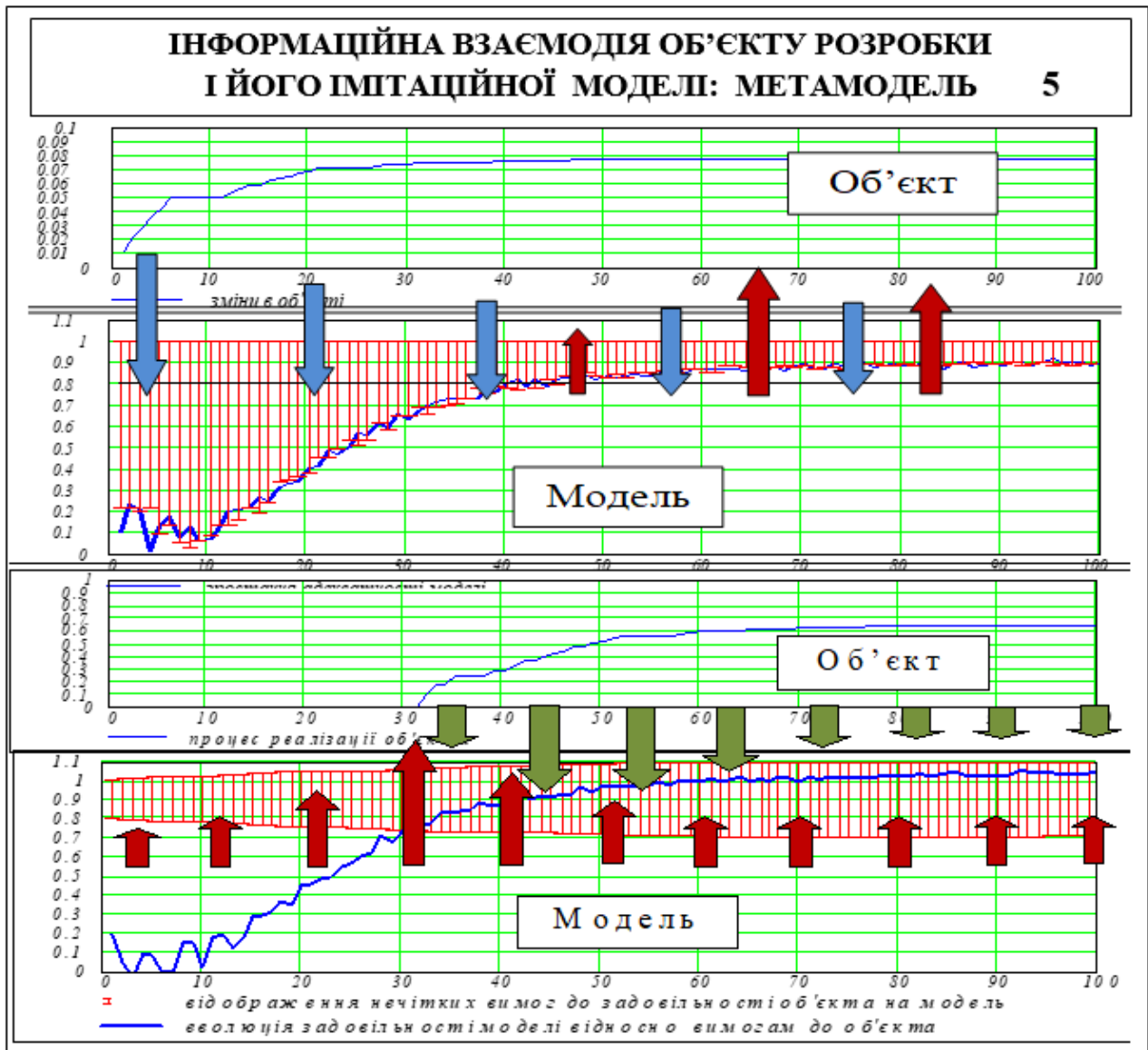
**ПОРЯДОК РІШЕННЯ ЗАДАЧІ ОПТИМАЛЬНОГО АГРЕГУВАННЯ
ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ ЯК ОБ'ЄКТІВ УПРАВЛІННЯ 3**

1. Розробка базових структур об'єкта
(функціональна, структурна, ресурсна)
2. Модифікація відомих і розробка нових бінарних операторів оптимального агрегування.
3. Ізоморфне відображення ресурсної структури в бінарне дерево оптимального агрегування - ДОА
4. Постановка і рішення варіаційних задач стратегічного управління системою
5. Рішення задачі оптимального оперативного управління системою
6. Розробка (вибір) комплексу спеціалізованих моделей виробничої системи
 - 6.1 Імітаційна модель «віртуальна реальність»
 - 6.2 Імітаційна модель «предиктор»
 - 6.3 Імітаційна модель «спостерігач»
 - 6.4 Агрегована модель «термінальне управління»»
 - 6.5 Метамоделі – взаємодія моделей

4. Об'єкт оптимального управління: система виробників сегменту виробництва



5. Інформаційна взаємодія об'єкту розробки і його імітаційної моделі:
 метамодель



6. Агрегована метамодель: система «Модель-Об'єкт»



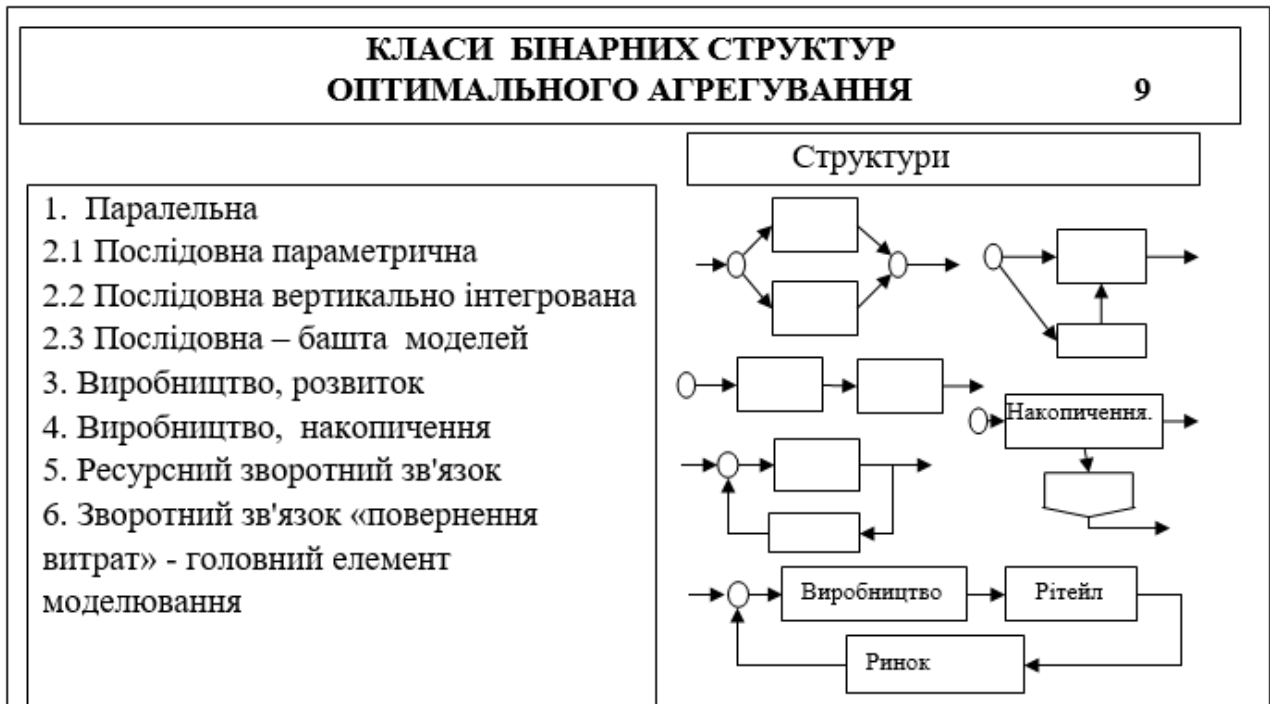
7. Структура «вертикальна інтеграція»



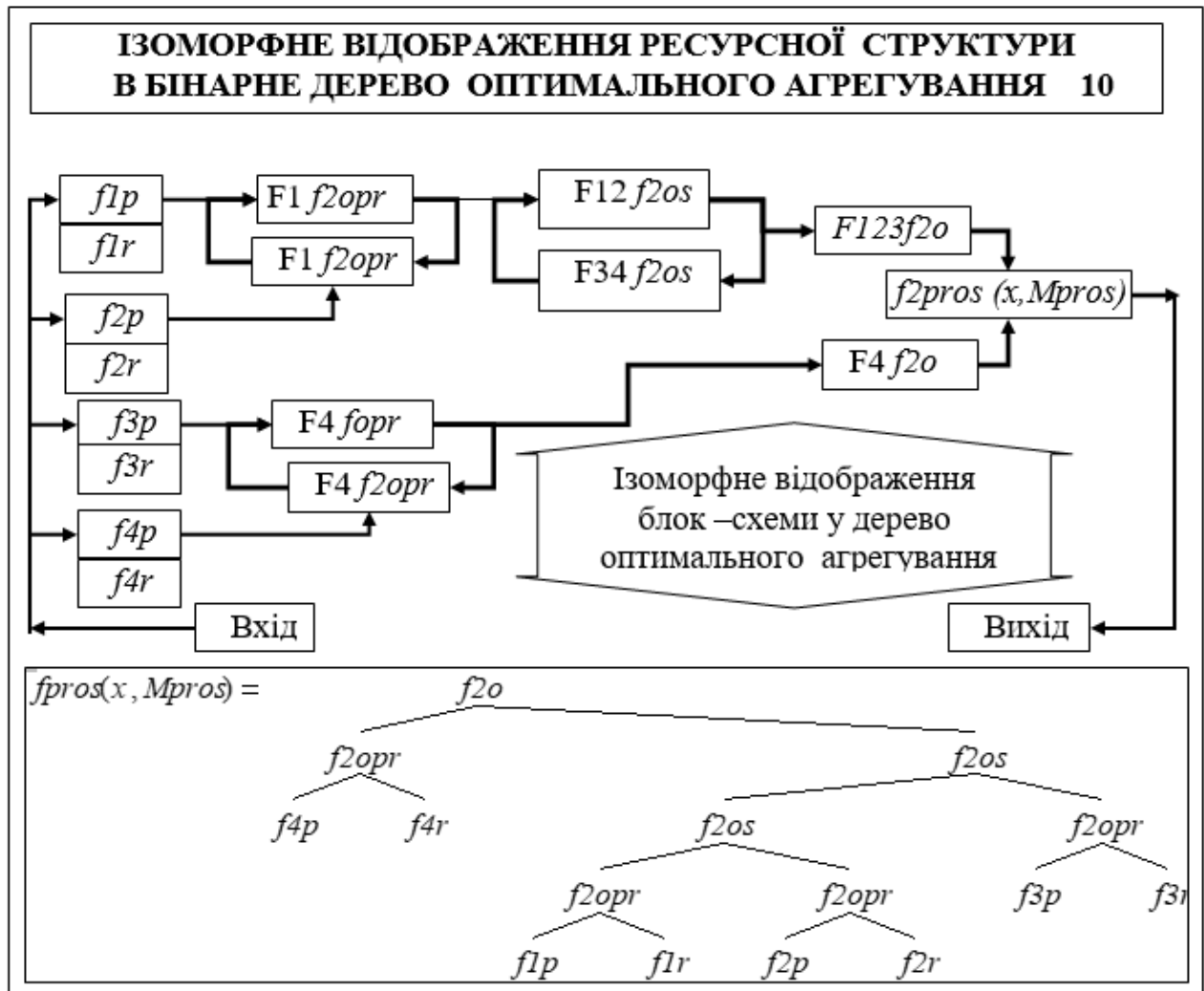
8. Структура «башта моделей»



9. Класи бінарних структур оптимального агрегування



10. Ізоморфне відображення ресурсної структури в бінарне дерево оптимального агрегування



11. Оптимальне агрегування довільних ресурсних структур

ОПТИМАЛЬНЕ АГРЕГУВАННЯ ДОВІЛЬНИХ РЕСУРСНИХ СТРУКТУР. ПРИКЛАД

11

Формування моделі розподіленої виробничої системи

Робимо документ для базової задачі - агрегування системи з трьох елементів. Вводимо параметри математичних моделей виробничих функцій елементів.

$$Av := \begin{pmatrix} 0.6 \\ 0.8 \\ 1.0 \end{pmatrix}; \quad wv := \begin{pmatrix} 0.06 \\ 0.04 \\ 0.03 \end{pmatrix}; \quad sv := \begin{pmatrix} 6 \\ 8 \\ 10 \end{pmatrix}; \quad \alpha v := \begin{pmatrix} 0.7 \\ 0.2 \\ 0.1 \end{pmatrix} \quad N := \text{length}(Av) \quad x1 := 1, 11 \dots 1600$$

Записуємо для порівняння адитивний і мультиплікативний критерії ефекту розподіленої системи

$$Js = \sum_{i=1}^N f(x_i, A_i, w_i, s_i); \quad Jm = \prod_{i=1}^N f(x_i, A_i, w_i, s_i); \quad Jmu = \prod_{i=1}^N f(x_i, A_i, w_i, s_i)^{\beta_i}$$

Використаємо символний процесор для отримання потрібного нам виразу - "логарифм від добутку" (= похідна, production -П)

$$\ln \left(\prod_{i=1}^{NI} f(x_i, A_i, w_i, s_i) \right) \text{ expand } f \rightarrow \sum_{i=1}^{NI} \ln(f(x_i, A_i, w_i, s_i))$$

Введемо означення: $F4l(x, Av, wv, sv) := \ln(F4l(x, Av, wv, sv))$ і запишемо вираз для критерію еквівалентної задачі $Jml(R, \alpha) = \sum_{i=1}^N F4l(R \cdot \alpha_i, A_i, w_i, s_i)$

Сформулюємо оптимізаційну задачу: для кожного заданого R - обмеження по ресурсу системи, знайти такий розподіл цього ресурсу $(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3)$, $\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1$, що максимізує значення критерія $Jml(R, \alpha)$ Пряма і спряжена оптимізаційні задачі

Пряма задача: знайти розподіл ресурсу $(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_N)$, що максимізує критерій

$$F(x) = \prod_{i=1}^N f(x_i, Vp_i) \text{ при обмеженні } G(x) = \sum_{i=1}^N x_i - R_{ogr} = 0$$

Спряжена задача: знайти розподіл ресурсу $(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_N)$, що мінімізує критерій

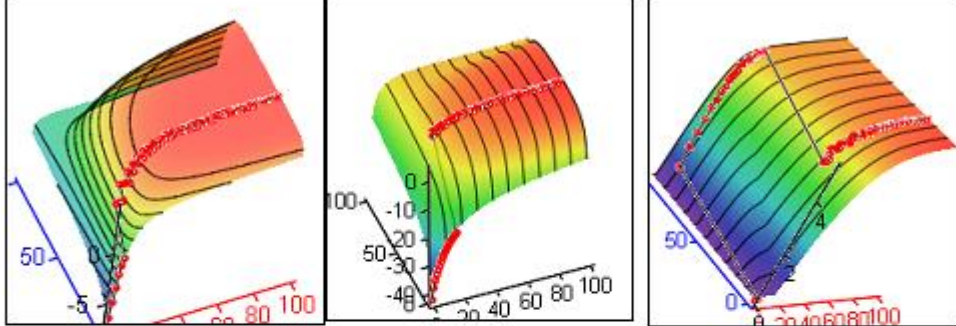
$$G(x) = \sum_{i=1}^N x_i \text{ при обмеженні } F(x) = \prod_{i=1}^N f(x_i, Vp_i) - Xtreb = 0$$

12. Оператор оптимального агрегування довільних ресурсних структур

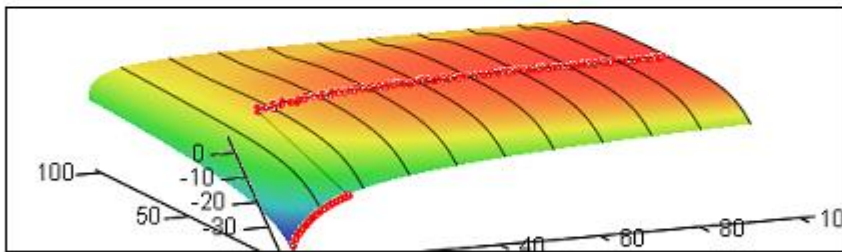
ОПЕРАТОР ОПТИМАЛЬНОГО АГРЕГУВАННЯ ДОВІЛЬНИХ РЕСУРСНИХ СТРУКТУР. ПРИКЛАД		12
<p>Модуль оптимального агрегування двох елементів</p> <p>Беремо одну з версій документа оптимального агрегування. Ця версія бере і повертає дискретизовані виробничі функції (функції розвитку, корисності, надійності та ін.). Задаємо Кількість точок дискретизації: $Kto = 200$. При відсутності необхідності закриваємо зону з програмами агрегування. Центральна програма нашого методу - $f2o$ бере два масиви, що описують виробничі функції елементів (всеодно - монолітних чи агрегованих), і повертає масив, де міститься оптимальна виробнича функція та відповідна вектор-функція оптимального розподілу ресурсу.</p>	$f2o(mf1, mf2) :=$	<pre> Xto ← rows(mf1) dλ ← 1 ÷ Xto klev ← cols(mf1) kpra ← cols(mf2) rlev ← submatrix(mf1, 1, Xto, 2, klev) rpra ← submatrix(mf2, 1, Xto, 2, kpra) for i ∈ 1..Xto mak ← 0 for j ∈ 1..Xto i1 ← max(round((j-i)/Xto, 0), 1) i2 ← max[(i-i1), 1] Vs ← mf1_{i1, 1} + mf2_{i2, 1} if Vs > mak jm ← j mak ← Vs Vyxod⁽¹⁾ ← stack(mak, jm · dλ) Vyx ← Vyxod^T rmllev ← dop(rlev, Vyx⁽²⁾) rnp_{pra} ← dop[rpra, (1 - Vyx⁽²⁾)] Vyd ← augment(Vyx⁽¹⁾, rmllev, rnp_{pra}) Vyd </pre>

13. Оптимальне агрегування послідовної структури

ОПТИМАЛЬНЕ АГРЕГУВАННЯ ПОСЛІДОВНОЇ СТРУКТУРИ
ПРИКЛАДИ **13**



$\varphi_{12}, (X1 - 1, Y1 \cdot 100 - 1, Z1 \cdot 1)$ $\varphi_{14}, (X2 - 1, Y2 \cdot 100 - 1, Z2 \cdot 1)$ $\varphi_{14}, (X3 - 1, Y3 \cdot 100 - 1, Z3 \cdot 1)$



$\varphi_{14}, (X2 - 1, Y2 \cdot 100 - 1, Z2 \cdot 1)$

Математична модель оптимального агрегування для послідовної
структури

14. Висновки

ВИСНОВКИ**14**

На базі аналізу відомих рішень варіаційної задачі оптимального розвитку виконано дослідження функціональних можливостей структури: параметризована модель оптимального агрегування і модель оптимального функціонування і розвитку об'єктів.

Поставлені конкретні завдання розробки і виконано обґрунтування вибору методології оптимального агрегування. Методи оптимального агрегування типових ресурсних структур виробничої системи дозволяють забезпечити настроювання розробленої моделі на нові об'єкти управління за рахунок параметризації операндів і функцій.

Відмінність методу оптимального агрегування від аналогів в тому, що він дає не точкове рішення оптимізаційної задачі, а «оптимальну еквівалентну функцію виробництва агрегованої системи, а також створення математичної моделі на базі оптимального агрегування і можливості рішення варіаційних задач розвитку систем з послідовними структурами.

Отримано модель оптимального управління інноваційними структурами ринковими вікнами на базі оптимального агрегування ресурсних структур послідовна структура з підсистем «виробництво, ритейл (ринок)» і паралельна структура з отриманням і тестуванням цілісної, оптимальної, адаптивної системи управління.

Наукова новизна одержаних результатів.

Покращено модель оптимального агрегування «башта моделей». На відміну від аналогів певні рівні башти моделей можуть мати «розгалуження» – альтернативні технології переробки ресурсу. Приклади – екологічні системи; «вовки, зайці», «вовки, зайці, трава». В техніці приклади більш складні.

Покращено бінарний оператор оптимального агрегування послідовної структури «вертикально інтегрована структура». На відміну від аналогів певні рівні вертикальної структури можуть мати паралельні елементи.