

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інформаційних технологій і комп'ютерної інженерії

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра обчислювальної техніки

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до магістерської кваліфікаційної роботи

магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: Розробка моделей сучасних комп'ютерних систем для  
обслуговування об'єктів з невизначеностями

Виконав: студент 2 курсу групи ІКІ-18м  
спеціальності

123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва напрямку підготовки)

Закордонець А.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. Колесник І.С.

(прізвище та ініціали)

Рецензент: д.т.н, проф.Поплавський А.В.

(прізвище та ініціали)

Вінниця ВНТУ – 2019 року



Моделі сучасних комп'ютерних систем для обслуговування об'єктів з  
невизначеностями  
АНОТАЦІЯ

Дослідження присвячено актуальній темі – управління обслуговуванням об'єктів з урахуванням внутрішніх невизначеностей на невизначеностей зовнішнього оточення

Головні пункти новизни в роботі: - новий підхід до аналізу невизначеностей і збурень на базі ресурсних імітаційних моделей об'єктів невизначеностей; - новий підхід до аналізу і синтезу складних систем виробництва і розвитку на базі методології оптимального агрегування. Методологія оптимального агрегування дозволяє звести типову для виробничих систем задачу оптимального розподілу ресурсів - матеріальних, інтелектуальних, інформаційних між елементами великої складної системи до еквівалентної одновимірної задачі. Оптимальне агрегування великих і складних – нелінійних і нестационарних систем дає можливість працювати з підсистемами різних ієрархічних рівнів складних систем як з «цифровою копією об'єкту» в реальному часі і в режимі моделі предиктора або генератора статистики. Проведене моделювання тестової системи обслуговування підтвердило коректність і переваги нової моделі системи обслуговування, що дозволяє оцінювати ризики.

## ABSTRACT

This master's qualification work is devoted to developing models of optimal aggregation of distributed production system with stochastic elements, based on the use of optimal control theory and methodology of optimal aggregation.

In the master's qualification work has been improved model and algorithm simulation convolution of probability distributions for the optimal aggregate production systems by tracing calculations of two-dimensional probability distribution function of the output of the production system to speed up the calculation of convolution. Based on the developed model was established algorithms and software for modeling the functioning of stochastic manufacturing systems, which allows to study ways to reduce systemic risk.



## ЗМІСТ

ВСТУП	... 8
1 АНАЛІЗ СТАНУ ПРОБЛЕМИ УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТАМИ ПРИ НАЯВНОСТІ НЕВИЗНАЧЕНОСТЕЙ І ВИПАДКОВИХ ЗБУРЕНЬ	11
1.1 Огляд об'єктів практичного використання і аналогів розробки	11
1.2 Аналіз невизначеностей в сучасних об'єктах обслуговування	15
1.3 Інтеграція управління підсистемами сучасних об'єктів в цілсну адаптивну комп'ютерну систему	20
1.4 Висновки до першого розкладу	22
2 ІНТЕГРАЦІЯ УПРАВЛІННЯ ПІДСИСТЕМАМИ СУЧАСНИХ ОБ'ЄКТІВ В ЦІЛСНУ АДАПТИВНУ КОМП'ЮТЕРНУ СИСТЕМУ	23
2.1 Джерела ризиків в сучасних системах виробництва і обслуговування	22
2.2 Аналіз особливостей погнозування на базі моделей	27
2.3 Детерміновані моделі статички і динаміки	32
2.4 Розробка модулів нелінійних перетворень випадкових процесів	35
2.5 Задачі ідентифікації розподілів ймовірностей в компютерних системах	57
2.6 Висновки до другого розділу	65
3 РОЗРОБКА І ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛІЗУ НЕВИЗНАЧЕНОСТЕЙ І ЗБУРЕНЬ СИСТЕМИ ОБСЛУГОВУВАННЯ	66
3.1 Постановка задачі оптимального агрегування стохастичних систем	66
3.2 Розробка модуля оптимального агрегування	69
3.3 Розробка альтернативних варіантів модуля згортки	83
3.4 Вибір структури оператора бінарної згортки розподілів ймовірностей для оптимального агрегованої пари елементів	93
3.5 Висновки до третього розділу	68
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	99
4.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки	99
4.2 Прогнозування витрат на виконання наукової роботи та впровадження результатів	105
4.3 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки	110
4.4 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності	112
4.5 Висновки до четвертого розділу	116
ВИСНОВКИ	118
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	119
ДОДАТКИ	12

## ВСТУП

**Актуальність проблеми.** На сьогоднішній день концепції класичної науки про управління виробничими системами відстають не тільки від потреб розвитку і підвищення ефективності, але і від досягнутого рівня в реальних комплексах виробництва і постачання практичних досягнень. Зокрема, нова теорія виробництва будується на базі досвіду та емпіричних правил корпорації Тойота. Сучасна Тойота це фактично комплекс конвеєрів – від цехових до міжконтинентальних. Ці конвеєри повинні функціонувати за правилом «точно в термін». Однак, такі системи чутливі до невизначеностей і збурень. Між іншим, в публікаціях з менеджменту стверджується, що менеджмент, який не має «твердої» математичної основи не може бути ефективним. Дана робота базується на роботах наукового керівника в області невизначеностей в процесах масового обслуговування і має «тверду» математичну основу – алгебру оптимального агрегування. Тобто робота актуальна, нова і потенційно результативна.

Тема даної роботи – розробка моделей комп'ютерних систем для обслуговування об'єктів з невизначеностями. Причина розробки саме моделей а не реальних систем в тому, що складні комп'ютерні системи можуть роками випробуватись в усіх заданих номінальних і неномінальних режимах функціонування – довго, дорого і безрезультатно. Головний тренд в проектування і виробництві комп'ютерних систем – створення «цифрової копії» реального об'єкта. Якщо така копія створена – на ній виконуються довгі статистичні випробування, апаратні і програмні покращення.

Оптимізація виробництва ускладнюється високою розмірністю, динамічністю і суттєвою нелінійністю характеристик виробничих систем. Це потребує нових моделей, методів і програм для систем великої розмірності і з великими невизначеностями. Такі моделі створені і використовуються, це методи оптимального агрегування і методи побудови моделей великих систем на базі концепції метамоделі. Головний недолік штучних

інтелектуальних і нейромережових методів – комбінаторне зростання обчислювальних витрат при зростанні розмірності задачі оптимізації, жорсткі вимоги до функцій «витрати, випуск» і пошуковий характер алгоритмів.

**Мета і завдання дослідження.** Метою роботи є підвищення ефективності управління сучасними комп'ютерними системами для обслуговування при наявності довільних невизначеностей і збурень.

Відповідно до поставленої мети потрібно розв'язати такі задач:

- провести аналіз стану розробки моделей систем обслуговування об'єктів з невизначеностями і випадковими збуреннями;
- виконати аналіз типових ресурсних структур об'єктів – послідовних, паралельних з ресурсними і часовими зв'язками між підсистемами;
- розробити узагальнену модель оптимального управління процесами функціонування систем обслуговування;
- проаналізувати альтернативи оптимального агрегування систем обслуговування з урахуванням зв'язків в часі;
- виконати моделювання тестової структури комп'ютерної системи.

**Об'єктом дослідження** є процеси функціонування тестової системи проектів з альтернативними методами управління.

**Предметом дослідження** є методи оптимального агрегування комп'ютерних систем обслуговування з урахуванням невизначеностей і часових зв'язків між фазами обслуговування.

**Методи дослідження:** методи прикладного системного аналізу в побудові моделей проектів і методи оптимального агрегування в моделюванні систем з невизначеностями

**Наукову новизну** магістерської роботи становлять:

- покращено модель узагальненої системи масового обслуговування з невизначеностями, де на відміну від існуючих моделей СМО виконується оптимальне агрегування каналів і фаз, що дає змогу підвищити ефективність управління;
- покращено бінарний оператор оптимального агрегування структури

системи обслуговування, де в оператори оптимального агрегування вводяться параметри ефективностей і цін виконавчих підсистем, що дає змогу підвищити адаптацію системи до невизначеностей і збурень.

**Практичне значення одержаних результатів:**

- отримані програмні системи для вивчення і дослідження систем даного класу.
- в склад розробки нової системи управління включать програмні засоби для отримання знань на «віртуальній реальності» - імітаційних моделях

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

«Інтернет-Освіта-Наука-2018», Одинадцята міжнародна науково-практична конференція ІОН-2018, 22-25 травня, 2018 року;

- XLVII Науково-технічна конференція факультету комп'ютерних систем і автоматики, 21-23 березня, 2018 року;

- XLVIII Науково-технічна конференція факультету інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, 22-23 березня, 2019 року;

Публікації. Результати теоретичних і експериментальних досліджень викладені і опубліковані в 5 друківаних працях.

За тематикою проекту отримано авторське свідоцтво на програму.

# 1 АНАЛІЗ СТАНУ ПРОБЛЕМИ УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТАМИ ПРИ НАЯВНОСТІ НЕВИЗНАЧЕНОСТЕЙ І ВИПАДКОВИХ ЗБУРЕНЬ

В розділі виконується аналіз публікацій з проблем управління об'єктами на базі сучасних комп'ютерних систем при наявності невизначеностей та випадкових збурень. Розглядаються дві групи проблем: - ефективні методи оперативної оцінки ризиків: сучасна технологічна система (ТС) як об'єкт обслуговування; задачі розвитку сучасних ТС та моделі процесів функціонування і розвитку

## 1.1 Огляд об'єктів практичного використання і аналогів розробки

Метод оптимального агрегування зводить оптимізаційну задачу функціонування об'єкту, який обслуговує комп'ютерна система до рівня звичайної алгебраїчної, з певною відмінністю – вбудованою оптимізацією розподілу узагальненого ресурсу (ресурсу часу та пристроїв) між операндами. Головна перевага методу — обсяг обчислень зростає з ростом розмірності задачі лінійно, відсутні обмеження на вид цільових функцій і функцій обмежень. Метод оптимального агрегування дозволяє замінювати багатовимірні системи з паралельно і послідовно працюючими елементами еквівалентною оптимальною одновимірною системою. В підсумку метод оптимального агрегування не стільки дає рішення класичної оптимізаційної задачі, а породжує задачі оптимізації, що навіть неможливо було поставити в рамках класичних методів лінійного і нелінійного програмування. Оптимальне агрегування дозволяє перейти до високоефективних технологій виробництва і обслуговування, а також до високоефективних інформаційних структур на базі сучасних комп'ютерних систем. На рис. 1.1 подано дві базових для СМО схеми агрегування - багатофазних і багатоканальних.

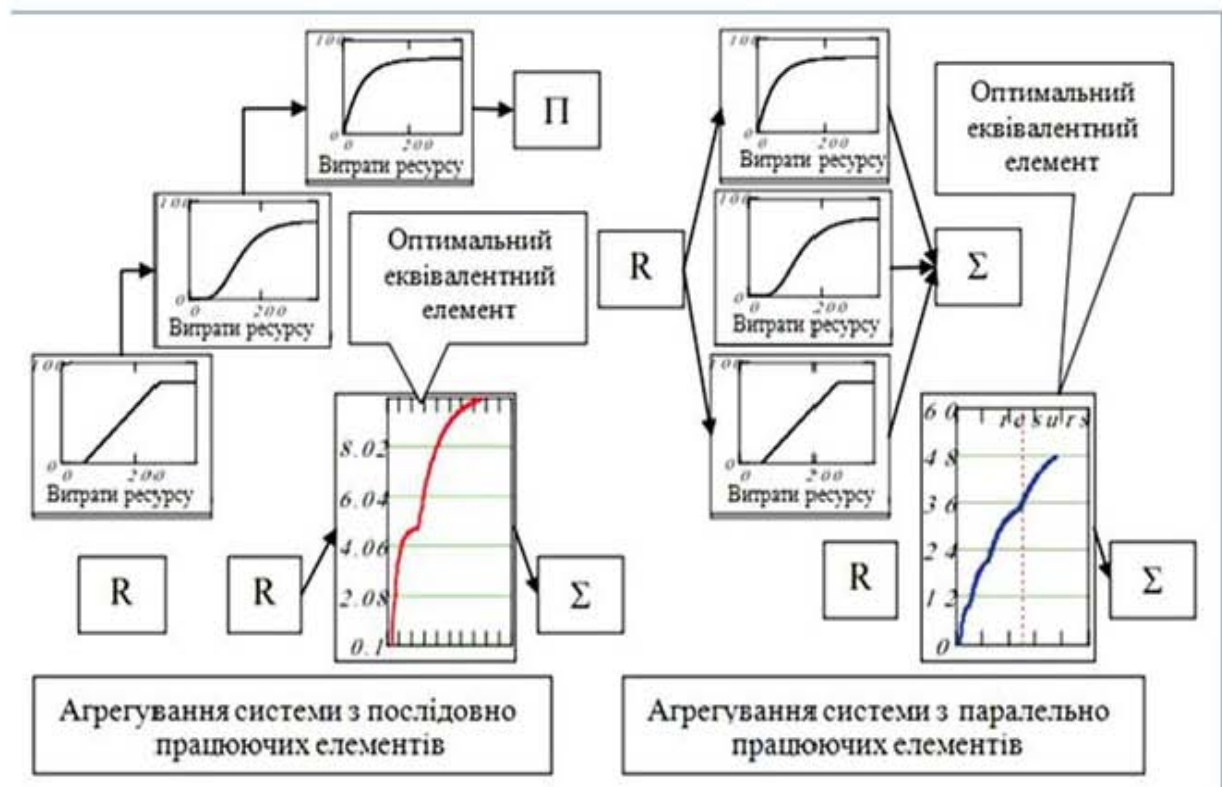


Рисунок 1.1 - Базові схеми оптимального агрегування розподілених систем

Головний структурний пункт оптимального агрегування – еквівалентна заміна певної структури (послідовної, паралельної та ін.) оптимальним еквівалентним елементом. Друга особливість алгебри оптимального агрегування - операндами є функції класу «витрати, результат». Покажемо це на демо-прикладі:

Визначимо оператор "сума чисел"  $sum(x1, x2) := x1 + x2$ ,

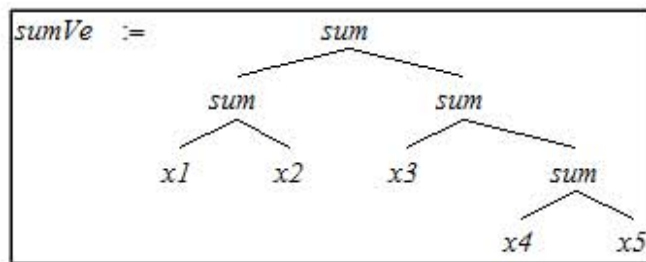
Визначимо оператор "максимум"  $XTO(x1, x2) := max(x1, x2)$ ,

Задаємо набір чисел для тестування  $x1 := 23, x2 := 4, x3 := 17,$   
 $x4 := 15, x5 := 7.$

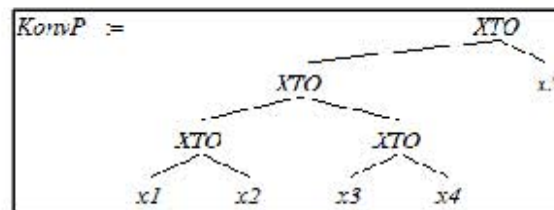
Записуємо і обчислюємо структурні формули для цих двох операторів.

Бачимо:

- перша формула обчислила суму чисел, друга - знайшла максимальне число.



$sumVe = 70$



$KomP = 23$  |

Ми розглянули занадто прості приклади бінарних структур і алгебр агрегування – абстракцій подібних звичній операції суми.

Тепер запишемо оператор і програмний модуль, що реалізує функції алгебри оптимального агрегування. Програмний модуль подаємо без виконання - нові і реальні задачі наведені в розділах 2 і 3 даної роботи.



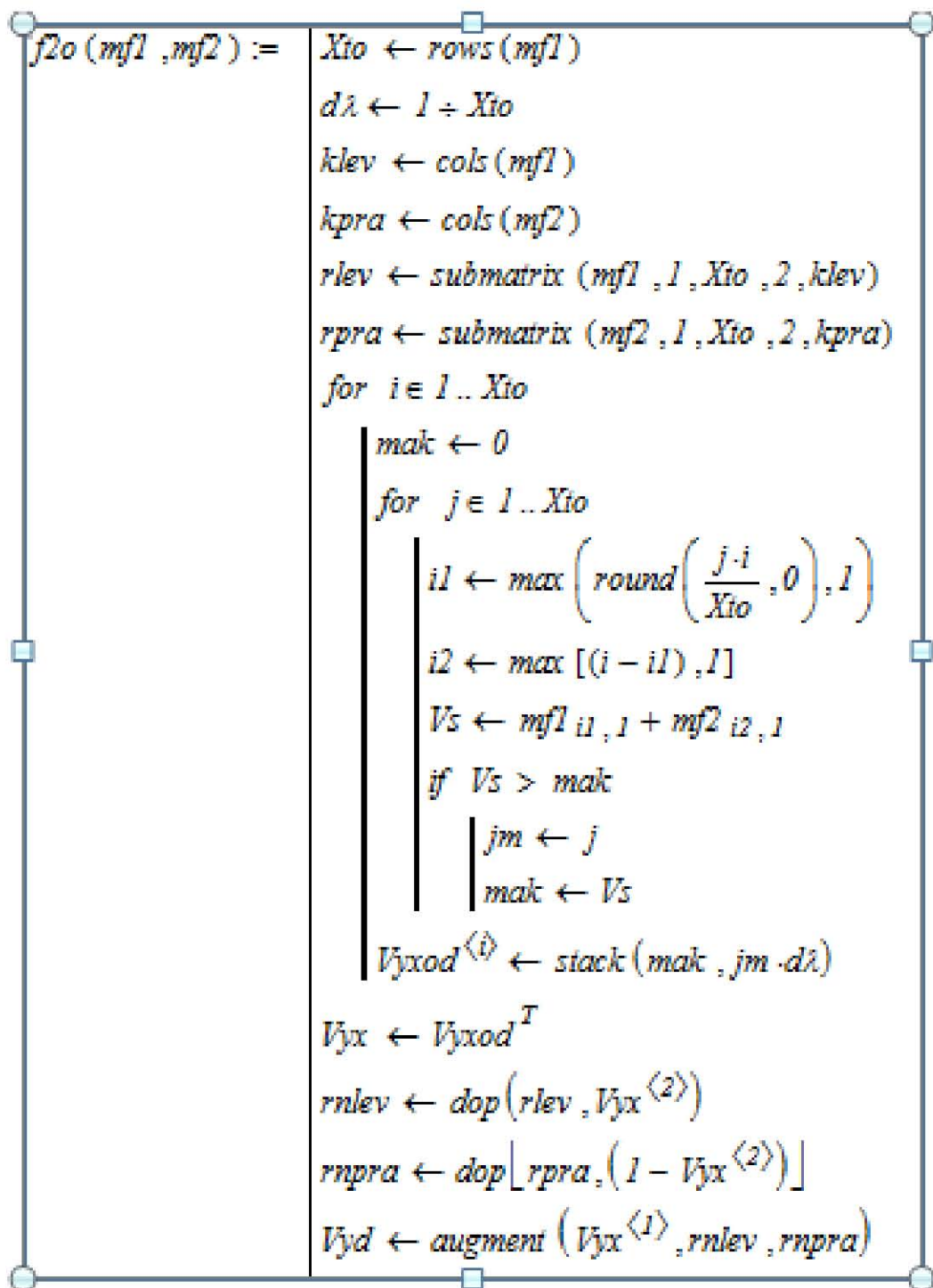


Рисунок 1.2 - Модуль оптимального агрегування паралельних ресурсних структур

Актуальність даної роботи, в новому напрямку – методології оптимального агрегування та в новій інформаційній технології конструюванню робочих математичних моделей розподілених технічних систем. Ефективне управління сучасною виробничою системою можливе



тільки, якщо контролюються всі етапи функціонування і обслуговування, які повинні складатись з частин - оптимальних оперативного і стратегічного управління з урахування надійних оцінок невизначеностей.

## 1.2 Аналіз невизначеностей в сучасних об'єктах обслуговування

Розглянемо загальні ризики сучасної індустрії від аграрного сектору та сектору обслуговують комп'ютерні системи. При цьому береться до уваги, що збурення можуть виникати як в самих об'єктах обслуговування, так і в комп'ютерних системах, що їх обслуговують. Зокрема, в КС присутні технічні ризики, що виникають завдяки незадовільній роботі апаратних засобів, використанню нелегального програмного забезпечення, невідповідністю характеристик апаратного і програмного забезпечення, їх несумісністю відсутністю належного технічного обслуговування і контролю. Ризик аудиту підвищується, якщо комп'ютерна система децентралізована, комп'ютерні пристрої географічно рознесені.

Що стосується об'єктів обслуговування, то в залежності від специфіки функціонування ризики можуть бути такими:

- Природні ризики - ризики рециклінгу та відновлення зовнішнього середовища;
- Ризики сезонності ризики кліматичних характеристик регіонів – аномалії температури та опадів;
- Ризики збоїв запланованих науково-технічних інновацій;
- Ризики неадекватного, загальмованого реагування на «стихію ринку, трансформацію попиту – «примхи» користувачів і покупців;
- Ризики зниження міжнародної конкурентоспроможності відповідного сегменту виробництва та послуг;

Найбільш складний і проблемний сегмент ризиків – ризики в соціальних структурах – шкільній, професійній, університетській освітах через бідність в бідних країнах і необґрунтовані соціальні експерименти. - в багатих.

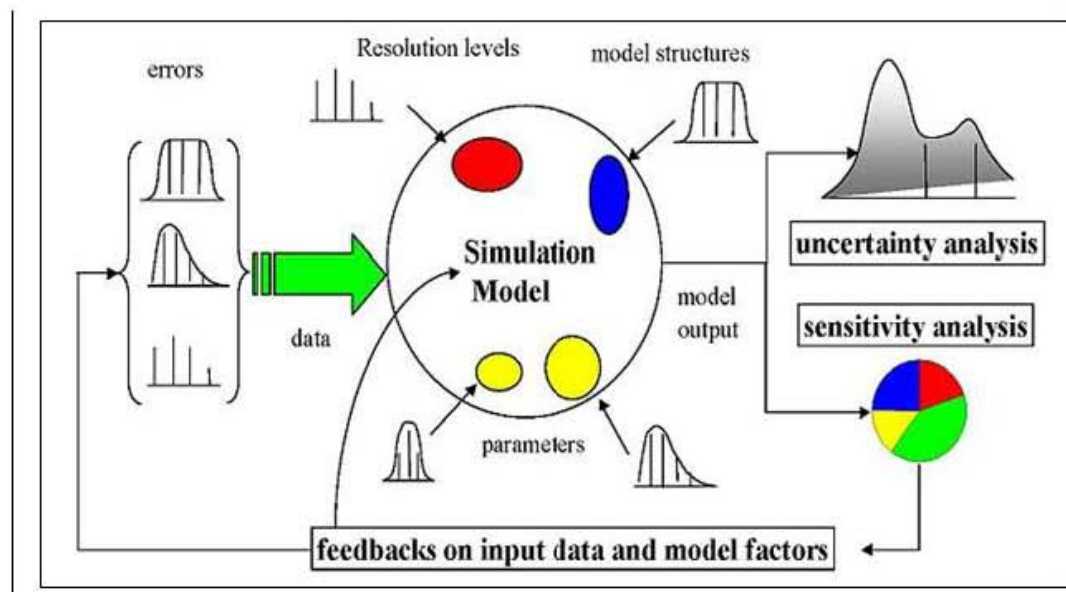
Це, можливо, найбільш вагомі, але незрозумілі, не прогнозовані і некеровані ризики, але їх аналіз не входять в завдання роботи. Конкретна проблема для даної роботи – дефіцит ефективних математичних моделей і комп'ютерних програм.

Порівняємо класичний підхід до аналізу впливу невизначеностей з тим, що пропонується в даній роботі.

Розглянемо продуктивну концепції моделей ризиків [18,4] – це роботи групи Сальтеллі, яка певним чином перемістилась в США. Сьогодні особливо актуальними стають моделі для оцінки ризиків, спричинених зовнішніми та внутрішніми невизначеностями і збуреннями.

Наводимо з цих робіт схему, що найкраще відображує саме концепцію аналізу чутливості і невизначеностей, базованого на імітаційній моделі (рис. 1.3). Особливість концепції, поданої на рисунку 1.3 – базування на вибірках аналізу чутливості.

Невизначеність, що є результатом різноманітних джерел помилки в даних, відображується в процедурах оцінки параметру. Це альтернативні вибіркові структури, що вбудовані в модель. Таким чином аналіз відносної важливості невизначеностей виконується кількісно через аналіз чутливості. Знайдені також інші прикладні роботи цієї групи (аналіз ризиків хімкомбінатів). Там нова концепція базована на класичній гаусівській статистиці, а не на імітаційних моделях стохастичних процесів.



### Рисунок 1.3 - Концепція аналізу ризиків на імітаційній моделі та приклади її реалізації

В даній роботі подібна концепція реалізована на базі нових імітаційних моделей. Розроблений підхід до реалізації є покращенням відносно аналогу [18], де імітаційні моделі - лінійні. Нова модель враховує нелінійності. Результати імітаційного моделювання показують, що розподіли ймовірностей у виробничих системах за рахунок нелінійних зв'язків майже завжди - негаусівські. На рис. 1.3 це подано як двомодовий розподіл. При урахуванні нелінійних перетворень випадкових потоків вихідні розподіли можуть бути багатомодальними, гостровершинними і чутливими до малих змін параметрів: багатомодальний розподіл може стрибком перейти в одномодовий.

На рис. 1.4 подано порівняння класичної схеми аналізу невизначеностей і вибраної для розробки в даній роботі. Представлена модель – імітаційна, вона виконує обчислення для випадків нелінійних зв'язків і гаусівської статистики. Нагадаємо, що в технічних і природних системах зустрічаються об'єкти і процеси з гаусівською статистикою і об'єкти з так званою гіперболічною статистикою.

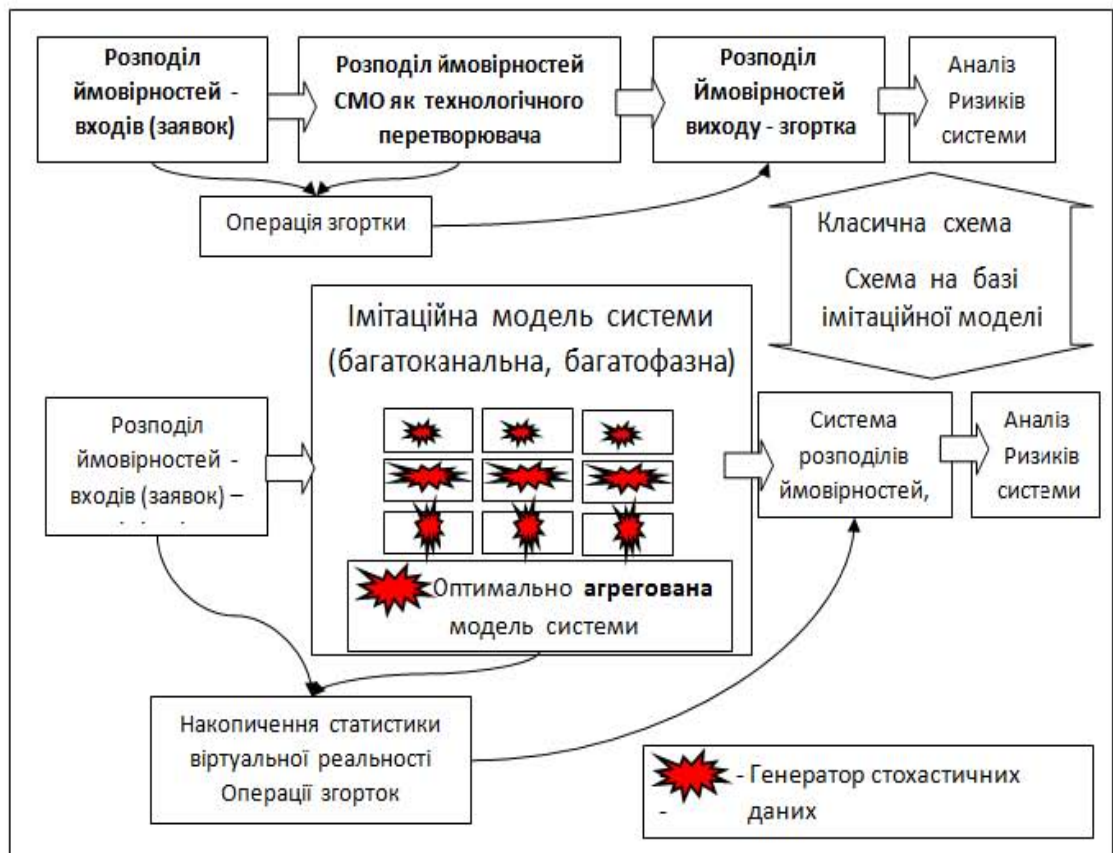


Рисунок 1.4 – Концепція аналізу ризиків об’єкта на імітаційній моделі системи - повній та агрегованій

Особливість імітаційної моделі системи – вона реалізована в програмному середовищі, в підсистемах де є невизначеності, також використано сервіс програмних платформ – стохастичні генератори, що видають випадкові числа і вектори з певними розподілами ймовірностей і параметрами. Тобто, при наявності вмінь, розробки ресурсних моделей, можливо розробити «цифрову копію» реального об’єкту з урахуванням невизначеностей та збурень.

На відміну від класичної статистики розробник може розраховувати вплив збурень на об’єкт від кожної конкретної підсистеми. В реальних ситуаціях такі впливи вимірюють в довгих і витратних (3- 8 років) випробуваннях реальної системи.

В розділі 2 ми розглянемо типові для конкурентних систем виробників полімодальні розподіли. Змістовна інтерпретація полімодальних

розподілів: ймовірність забрати ринок кращого продукту, гіршого, декількох продуктів. Кожній такій ситуації відповідає пік – максимум ймовірності.

Розглядаємо дві альтернативи такого еквівалентного перетворення моделі «процеси» в модель «розподіли ймовірностей»:

$$hvy = Conv1(hvv), \quad (1.1)$$

$$hvy = Conv2(hvv, hvs),$$

де  $hvy$  - розподіл (емпіричний) ймовірностей виходу (довжина черги, час очікування в черзі та ін.);  $hvv$  - розподіл ймовірностей вхідного потоку;  $hvs$  - розподіл ймовірностей часу обробки запитів (потреб). Залежності виходу від параметрів системи та її зовнішнього оточення, а всі введені оператори є результатом застосування параметризованих числових методів. З цієї причини вирази (1.1) - неконструктивні. Усі введені вирази є також іменами і параметрами певних програм. Тому записуємо вирази (1.1) в параметризованій формі:

$$hvy(y, Vpm, V) = Cnv1(hvv(x, Ve)), \quad (1.2)$$

$$hvy(y, Vpm, V) = Cnv2(hvv(x, Ve), hvs(\tau, Vpm, Vi)). \quad (1.3)$$

Конкретизуємо структуру об'єкта досліджень – системи обслуговування з невизначеностями (рис. 1.3). Після порівняльного аналізу управління системами обслуговування при невизначеностях і збуреннях (рис. 1.3) перейдемо до комплексу функціональних модулів аналізу і управління при наявності ризиків.

Ризики поділяються на внутрішні і зовнішні, одне це не завжди очевидне. Наприклад ризики технологічного процесу можуть бути обумовлені як внутрішніми причинами так і зовнішніми – постачальниками, виконавцями окремих операцій обслуговування. Останній модуль на рис. 1.5 - підсистема підтримки рішень для аналізу ризиків є модулем підсистеми підтримки рішень для «що буде якщо», тому що проблеми, що виникають в сучасних системах не можуть бути віддані автоматичним системам.



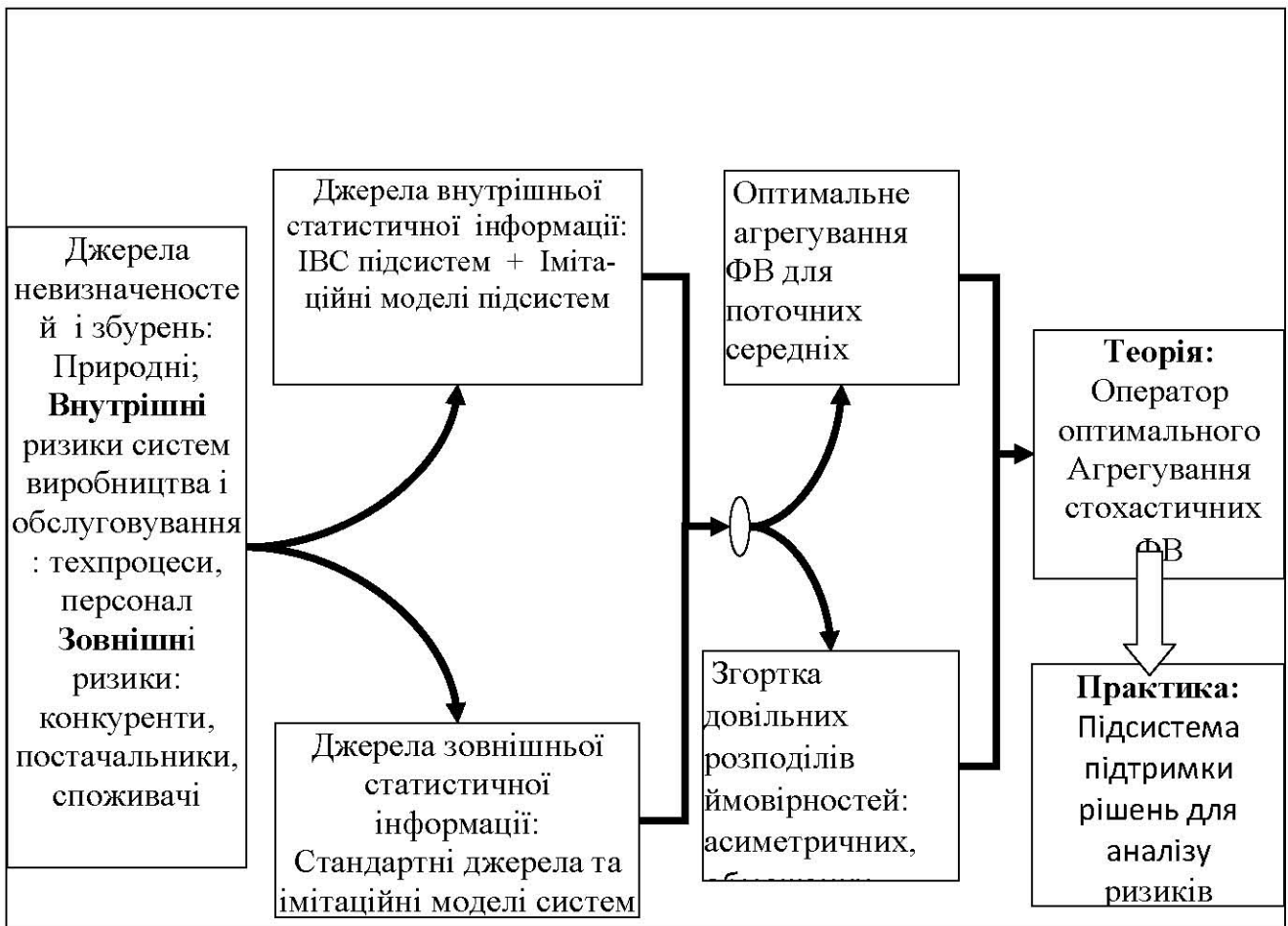


Рисунок 1.5 – Структура комплексу для оптимального управління ризиковими виробництвами.

### 1.3. Інтеграція управління підсистемами сучасних об'єктів в цілісну адаптивну комп'ютерну систему

Класична наука складається з відокремлених областей, що утворилися навколо певних математичних «острівців», наприклад методи на базі пуасонівського розподілу, методи лінійного програмування, абстрактні моделі.

Виникають нові підходи до аналізу і синтезу комп'ютерних систем управління, однак вони вимагають досить довгого вивчення і освоєння. Щодо методології оптимального агрегування, то вона легша і допомагає при вивченні і практичному освоєнні класичного варіаційного числення. Ще одне ускладнення нових наукових методів – їх неможливо ізолювати від методів прикладного системного аналізу. У випадку тематики даної

магістерської роботи позитивні результати можна отримати на базі побудови цілісних моделей і методів.

На рис. 1.6 наведена цілісна система моделей побудована на базі посібників і монографій [8].

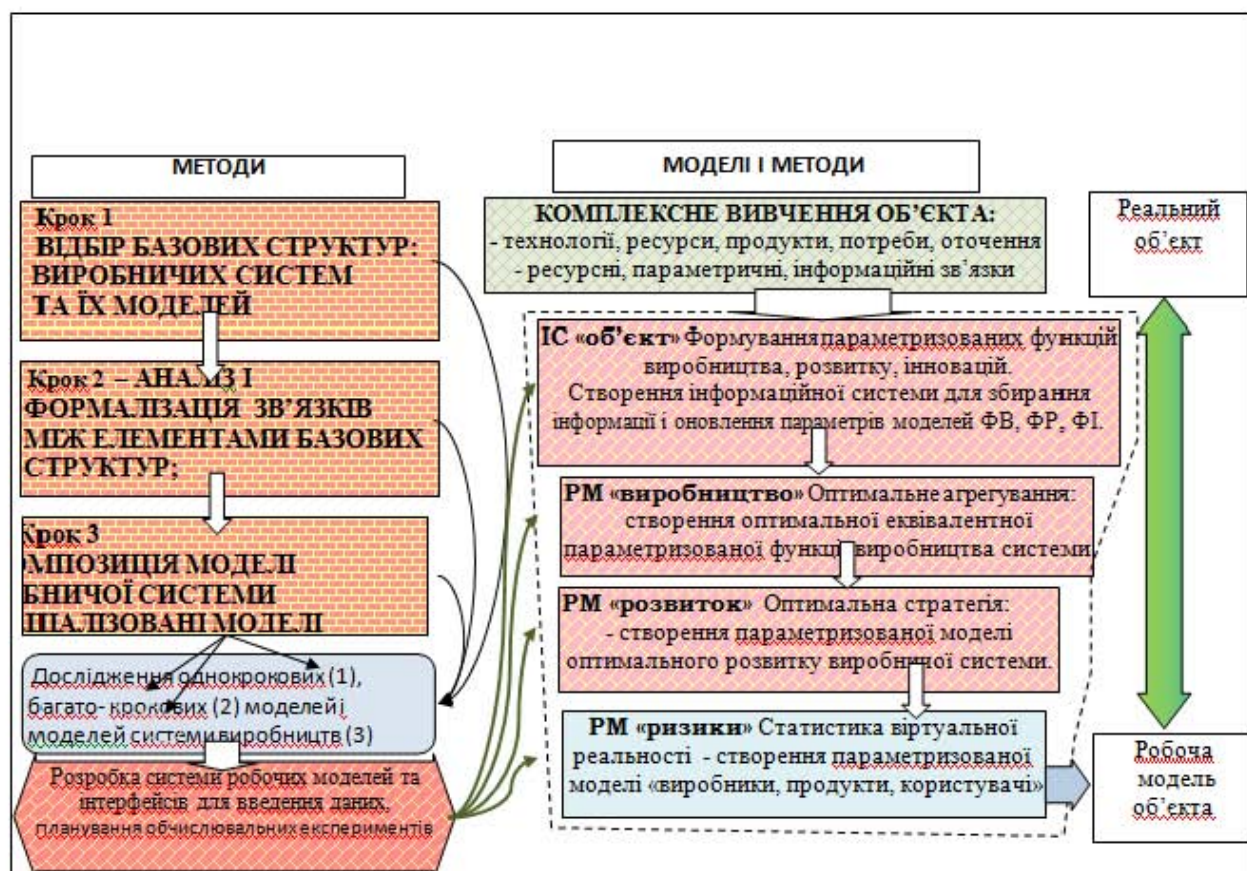


Рисунок 1.6 - Цілісна система математичних і робочих моделей сучасного виробництва

Термін робоча модель - математична модель програмно реалізована.

На рис. 1.6 подані такі робочі моделі, які входять в розробку:

- об'єкт агрегований; виробництво продукції і послуг;
- розвиток (розширення, модернізація);
- управління ризиками – цілеспрямовані зміни в об'єкті.

Особливості останнього пункту - не зміни на базі норм та емпіричних правил, а зміни в обчисленні за допомогою імітаційних моделей витрат для змін та модифікацій об'єкту і ризики втрат.

#### 1.4 Висновки до розділу

В розділі проведено аналіз публікацій, які стосуються управління об'єктами, щообслуговують сучасні комп'ютерні системи при наявності невизначеностей та випадкових збурень. При цьому розглянуто дві групи проблем: - ефективні методи оперативної оцінки ризиків: сучасна технологічна система як об'єкт обслуговування; задачі розвитку сучасних технічних систем та моделі процесів функціонування і розвитку при невизначеностях і збуреннях як об'єктів обслуговування, так і комп'ютерних систем.



## РОЗДІЛ 2

### РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ І ПРОГРАМ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ ОБСЛУГОВУВАННЯМ З УРАХУВАННЯМ НЕВИЗНАЧЕНОСТЕЙ

В цьому розділі виконуємо аналіз і розробку моделей і методи оцінки ризиків в системах виробництва і обслуговування, по можливості – управління ризиками на базі імітаційних моделей. Моделі повинні давати рішення системних задач вибору базового виробника: - між власною системою торгівлі (рітейлу) і оптовими системами; - між власною системою оптових поставок рітейлерам і незалежними системами обслуговування. Надійне рішення можна отримати тільки на базі імітаційних моделей та оптимального агрегування.

#### 2.1 Джерела ризиків в сучасних системах виробництва і обслуговування

Розглянемо приклад виробництва, базованого на первинних природних ресурсів.

На рис. 2.1 подано альтернативні схеми сучасних агровиробництв як першоджерел побудови імітаційних моделей. Розглядаємо реальний приклад обґрунтування ризиків функціонування нового підприємства. Дві альтернативи комплексного підприємств, що об'єднує функції вирощування первинних ресурсів, багатоступінчатої переробки, що забезпечує екологізоване повернення кінцевих відходів в природний цикл. Комплексно оцінюються альтернативи.

Альтернатива А1 на рис. 1: на базі неперервно вирощуваної цукросировини функціонують два окремих підприємства – цукро завод і спирто завод. Відходи виробництв утилізуються зовнішнім середовищем.

Альтернатива А2 – спиртозавод працює на відходах цукрозаводу, відходи виробництва переробляються в біореакторах, головний продукт яких – біогумус. Альтернатива А2 потенційно краща А1.

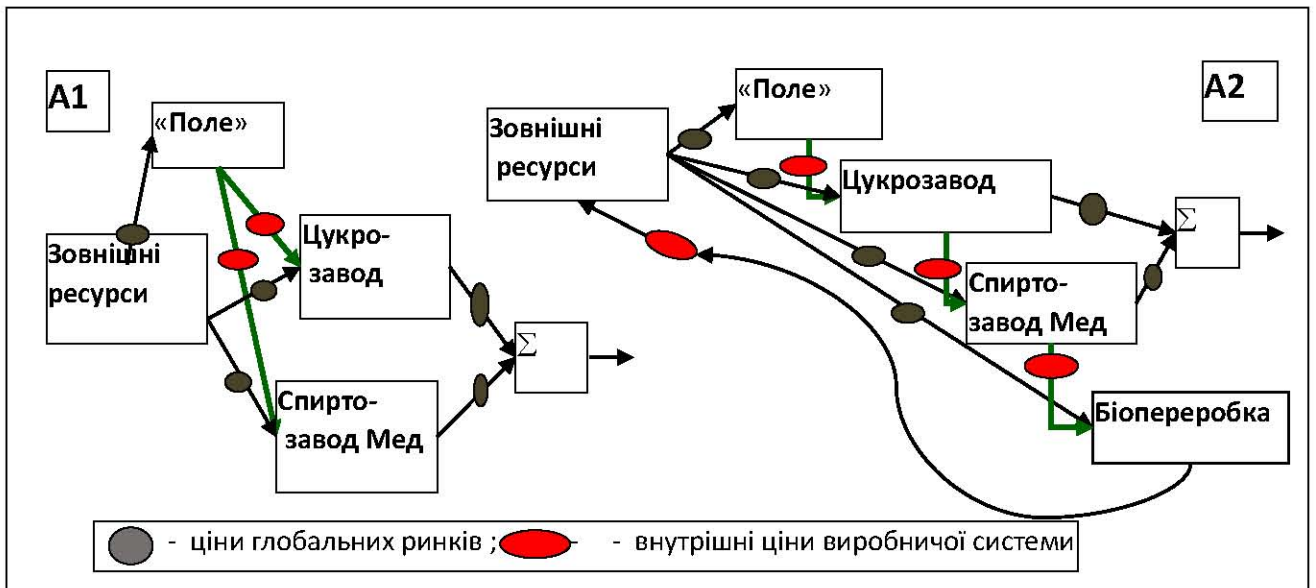


Рисунок 2.1 - Альтернативні структури і технології сучасної системи.

Порівняємо альтернативи А1 і А2 в аспекті ризиків величиною, надійністю оцінок і, нарешті – можливостями мінімізації. Сучасні технології та обладнання екологізованої переробки знаходяться на початковій стадії подібного розвитку, успіхи в значній мірі виявляються просто рекламою за кошти, що виділяються на розвиток «зелених технологій» та ін. Проблеми обґрунтування «зелених» проектів не вирішуються засобами ефективного менеджменту та інтелектуальних інформаційних технологій. Потрібні принципово нові математичні моделі і методи з ефективною програмною реалізацією, зокрема, методи оптимального агрегування.

Результатом застосування методу оптимального агрегування є не точечне рішення задачі нелінійного агрегування, а отримання системи («бінарного дерева») «оптимальних еквівалентних функцій виробництва (ОЕФВ).

Надійність систем обслуговування. Перший фактор надійності для підприємства - організаційно фінансове забезпечення від надійної

посередницької організації, що бере на себе постачання засобами агровиробництва, розрахунки з постачальниками і клієнтами. Це не «фінанси», а оптимальний розподіл джерел усіх видів ресурсів підприємства

Надійне забезпечення транзакційної діяльності – необхідна умова надійності і ефективності системи виробництва і обслуговування. Теорема Коуза стверджує, що предметом економічної науки і практики є транзакційні витрати, що можуть досягати 80% загальних витрат фірми. Термін транзакційні витрати введений раніше в роботі Коуза «Природа фірми» і означає витрати, що виникають у зв'язку з укладенням контрактів, тобто витрати на збір і обробку інформації, на проведення переговорів і прийняття рішень, на контроль і юридичний захист виконання контрактів [Coase, Ronald H. «The Problem of Social Cost», *Journal of Law and Economics* 3 (1960), 1-44 ]. Урахування повного комплексу витрат - необхідна умова дослідження. Саме це забезпечує метод оптимального агрегування що дозволяє інтегрувати всі види ресурсів. Техніко-економічне обґрунтування, моделі і аналіз ризиків – це сфера технічних наук.

Важливий фактор в організаційно-фінансовому сервісі, це коли керівництво сервісної організації завжди йде назустріч агрофірмі у випадку необхідності, тому що розуміє: сільське господарство – ризикова справа. В певних ситуаціях повинна бути проста в оформленні, за умови обґрунтованості, система кредитування.

Тут ми бачимо конкретне джерело ефективності даного дослідження: проценти кредиту об'єктивно залежать від якості аналізу ризиків.

Ризикове виробництво і послуги. Це є активним підходом в аналізі ризиків – не тільки оцінювати ризики, але і формувати управління, яке забезпечує потрібні темпи виробництва при мінімальних ризиках. За даними передових агрогосподарств Полтавщини собівартість пшениці складає 1000 грн/т.

Розглянемо загальні ризики сільського господарства, характерні для всіх країн:

- Природні ризики: ризики низької та тривалої окупності вкладень, недоотримання прибутку; ризики швидкого зносу основних фондів через негативний вплив кліматичного чинника;

- Ризики самовідтворення;

- Ризики сезонності агровиробництва: ризики фізіологічних властивостей тварин; ризики кліматичних характеристик регіонів із суттєвою диференціацією по природних зонах;

- Ризики нерівномірності кругообігу оборотних коштів агропідприємств у зв'язку з сезонністю виробництва (ризики неотримання позикового фінансування);

- Ризики меншої ефективності сільськогосподарського виробництва порівняно з іншими галузями економіки;

- Ризики низької конкурентоспроможності сільгоспвиробництва і ризики неможливості для агропідприємств на рівні брати участь в міжгалузевій та міжнародній конкуренції; - Ризики повільного впровадження науково-технічних інновацій порівняно з промисловістю;

- Ризики неадекватного, нешвидкого, консервативного реагування на мінливі умови ринку, трансформацію попиту на продукцію: ризики природної обмеженості сільськогосподарських угідь при необхідності збільшення випуску продукції; ризики тривалості відтворювального циклу;

- Ризики диспаритету цін між вартістю сільськогосподарської продукції і вартістю ресурсів, необхідних для її виробництва;

Існують також специфічні сільськогосподарські ризики аграрної галузі, які характеризують її кризовий стан:

- Ризики скорочення посівних площ і зниження родючості ґрунтів;

- Природно-кліматичні ризики, які виражаються в тому, що певна частина території знаходиться в зоні ризикованого землеробства;

- Ризики зниження міжнародної конкурентоспроможності виробництва;

- Ризики фінансової неспроможності агропідприємств;
- Ризики недостатності бюджетної підтримки держави;
- Соціальні ризики населення в селах, пов'язані з низьким рівнем заробітної плати при несвоєчасних її виплати, відсутністю сільської інфраструктури, деградацією сільських територій, міграцією найбільш працездатної та кваліфікованої його частини.

## 2.2 Аналіз особливостей прогнозування на базі моделей

В певних умовах прогноз ризиків майбутнього для певної системи виробництва і обслуговування може змінювати результати розвитку системи в майбутньому. Така концепція активного прогнозування набула широкого розповсюдження, зокрема у формі так званого «що буде якщо аналізу».

Прогнозування розвитку техніко-економічних систем принципово відрізняється від прогнозів еволюції сонячної системи тим, що можемо, свідомо, чи не свідомо, змінювати майбутнє своїми діями. Тобто сам прогноз створює варіанти дійсності (прогнозування виборів створює результат виборів). Це не раз відзначалось в історії людства, особливо сьогодні. Вплив прогнозів і певних дій дослідив в теорії і практиці відомий фінансист і філантроп Дж. Сорос. Теж саме стверджував засновник індустріальної динаміки Д. Форрестер. Академік Н.Н. Моїсєєв писав, що сьогодні майбутнє не прогнозується, а конструюється, і вкрай незадовільно [18].

"Що\_буде\_якщо" аналіз може бути активним прогнозуванням - моделюємо на комп'ютері різні варіанти майбутнього, відбираємо сприятливі для нас варіанти майбутнього і дивимось, що треба зробити сьогодні, щоб настало бажане завтра. Іноді для цього достатньо найменшого поштовху.

Відомо, що моделі складних систем ніколи не бувають абсолютно ідентичними і остаточними, тому стратегічна ціль даного проекту - на прикладі розробки моделі системи виробників продукції певного класу і проведення досліджень дати можливість користувачу освоїти технологію розробки і використання моделей для прийняття рішень [6].

Виробничі системи являють собою ієрархічні структури великої розмірності. Імітаційні моделі ВС повинні задовільно відображати структуру і функції елементів і системи в цілому. Для подальшого розгляду важливо відзначити, що поняття «елемент ВС» ситуативно і динамічно: технологічний процес виробництва деякого продукту - автомобіля, мікропроцесора, хліба опарного з метою оптимізації може розбиватися на субпроцеси і відповідні підсистеми, або, навпаки субпроцеси і підсистеми можуть агрегуватися.

Природно, що і система моделей ВС повинна бути гнучкою для відображення цієї структурної динамічності. Елемент ВС також розглядаємо як технологічний перетворювач ресурсів у продукт. Для цілей даної роботи важливо, щоб моделі елементів і системи в цілому належали до одного класу об'єктів, для яких можна створити алгебру. Аналогом такої алгебри може бути алгебра для лінійних динамічних систем. Довільні структури із елементів динамічних систем заданих передавальними функціями і з'єднаних паралельно, послідовно і зворотними зв'язками можуть бути перетворені в еквівалентний по входу-виходу елемент. У даній роботі використовується аналогічна (ізоморфна) алгебра виробничих систем з доповненням – вбудованою оптимізацією .

На рисунку 2.2 представлені моделі виробничого елемента і базових структур з'єднань елементів.



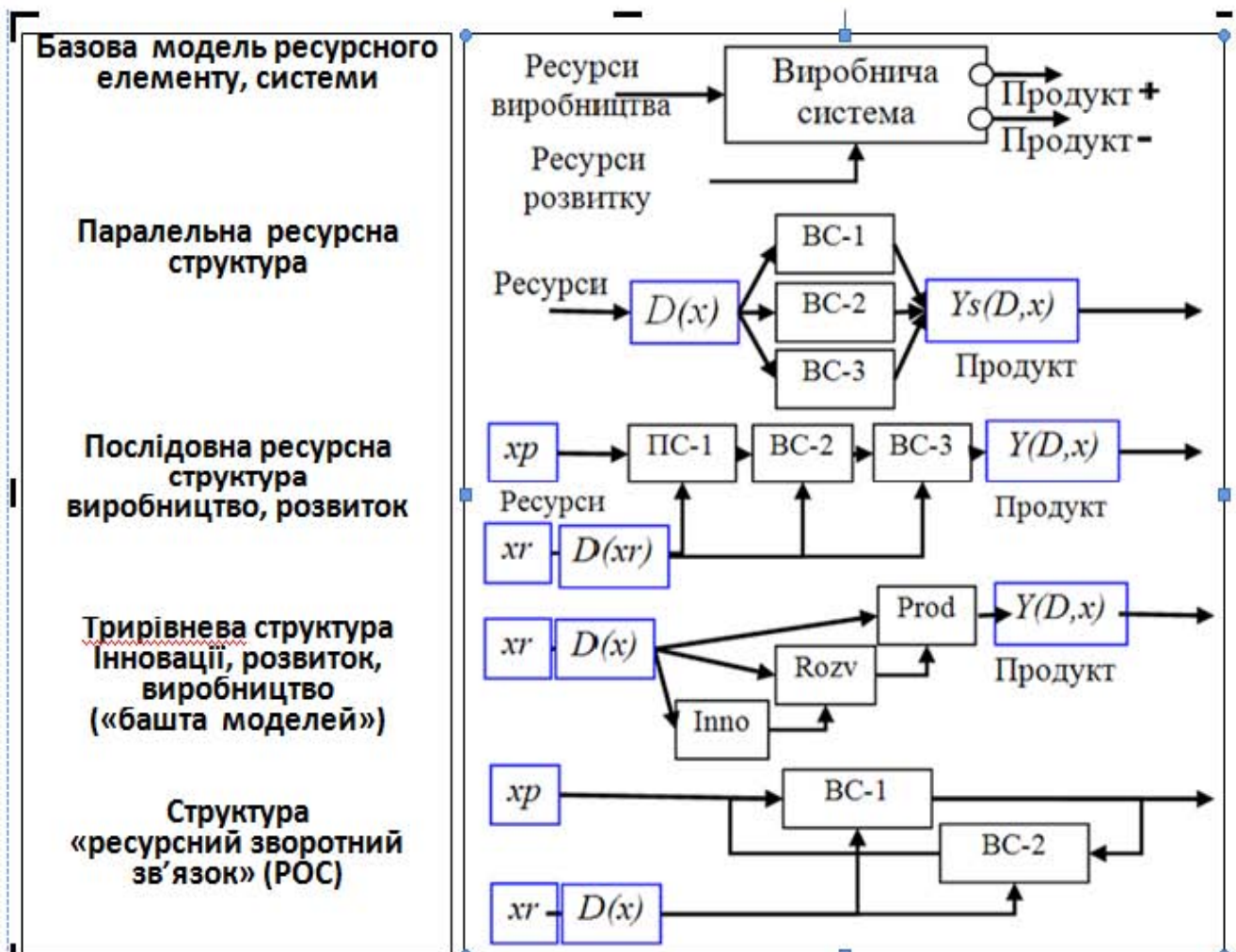


Рисунок 2.2 – Базові ресурсні структури виробничих систем

Формально моделі статички і динаміки систем виробничих рівня «підприємство» мають високу розмірність. Високу розмірність мають і оптимізаційні задачі. Проте урахування властивостей структур і функцій виробничих систем дозволяє зменшувати розмірність оптимізаційних задач. У практиці і теорії широко використовується агрегування у виробничих системах для випадку паралельно працюючих елементів.

Типовий приклад - агрегування до рівня сумарного виробництва держави. Математичним моделям виробництва більше 200 років. Були розроблені статистичні методи агрегування на базі простого підсумовування. Потім під можливістю арифмометрів розробили лінійне програмування, яке досі є здоровою, безвідмовною базою автоматизованих систем. Головні недоліки таких моделей – апроксимація статистичних даних

неадекватними моделями - статичними, логарифмічними функціями; агрегування для стихійно сформованих розподілів ресурсів або навантаження виробничих потужностей [3].

Методологія та конкретні методи оптимального агрегування не вирішують проблеми «прокляття розмірності», негладких функцій, гіперболічних розподілів ймовірностей і пошуках в локальних екстремумах [4].

Принципова відмінність методу оптимального агрегування від аналогів в тому, що воно виконується виходячи з умови максимізації сумарного випуску (для базової задачі) випуску. Змінна управління - вектор розподілу ресурса. Можна сказати, що для кожного значення ресурсу системи шукаємо максимум, її можливість - вбудовуємо задачу оптимізації в завдання еквівалентного перетворення виробничої системи.

Принципова відмінність від класики нелінійного програмування в тому, що при оптимізації шукається не точкове рішення (оптимальний розподіл обмеженого ресурсу і сумарний випуск), а функції від величини обмеження по ресурсах.

Принципова відмінність алгебри виробничих елементів від алгебр чисел, розподілів ймовірностей, передаточних функцій лінійних систем - збереження «пам'яті» попередніх операцій.

Головний практичний висновок за результатами розглянутої методології оптимального агрегування - можливість звести досить широкий клас виробничих систем у еквівалентні оптимальні одновимірні, не втрачаючи інформації про характеристики елементів і зв'язки між ними. Це виправдовує використання на перших етапах аналізу і синтезу одновимірних - агрегованих моделей динаміки ОС [5]. На рисунку 2.3 представлено оптимальне агрегування типових структур виробничих систем.

У даній роботі аналіз ризиків базується не тільки на статистичному аналізі, але і на ефективних моделях динаміки виробничих систем. Уточнимо розхожий термін «ефективний»: мається на увазі модель, що відтворює



реальні суттєві для задач дослідження внутрішні і зовнішні причинно-наслідкові зв'язки системи, що допускає оптимізацію без обмежень на класи залежностей типів: тільки лінійні, тільки квадратичні, «опуклі», не перервні і т.д. Особливо виділимо радикальну особливість методу оптимального агрегування» усунення проблем розмірності оптимізаційної задач

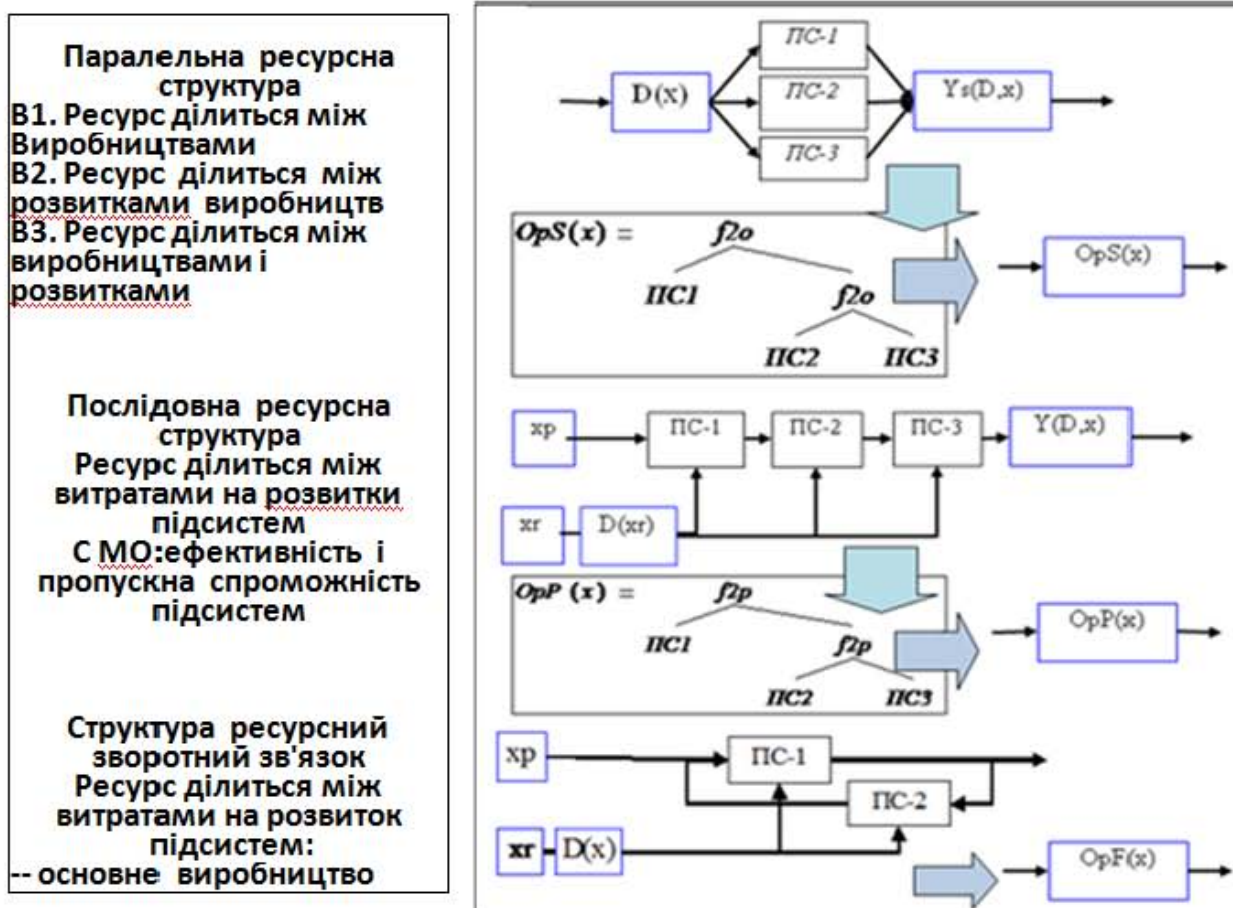


Рисунок 2.3 – Оптимальне агрегування типових структур ОС

Проблему розмірності Р. Беллман називав «прокляттям розмірності». Щоб знайти методом перебору екстремум функції однієї змінної з точністю 0.01 треба обчислити її 100 разів, а для функції від 10 змінних - вже 10010 разів. Від проблеми можна позбавитись або вирішивши її, або усунувши. В методі оптимального агрегування ця проблема саме усувається: задачу оптимізації функції 10 змінних ми розкладаємо в 10 одновимірних задач.

### 2.3 Детерміновані моделі статички і динаміки

Виконаємо короткий огляд відібраних концептуальних основ для формування моделей, орієнтованих на аналіз ризиків [6]. Інтелектуальні системи не є заміниками логіки і математиками в області побудови оптимальних і живучих комп'ютерних систем. Всі процедури там пошукові, а в сучасних компютерно інтегрованих системах всі обчислення прив'язуються до реального часу – «минулого», «поточного», «майбутнього». Проблеми узгодження процесів обслуговування, управління конвеєрами, аеропортами суттєво актуальні, рішення цих проблем відомі, але методи оптимального агрегування виконують узгодження процесів в часі не тільки з гарантованою точністю і надійністю, але і оптимально за ресурсними критеріями мінімізації витрат і втрат. Розглянемо базові моделі функціонування і розвитку ВС. Спочатку, визначимо використані терміни: - функціонування: випуск продукції при незмінних ФВ; - розвиток: зміна ФВ: підвищення ефективності, виробничих потужностей, за рахунок витрат на нове обладнання, модернізацію та ін.

Динамічні системи можна представити різними способами, в тому числі, як модулі над кільцями, але це надлишково-відносні цілі роботи. Безперервні динамічні системи можна представити звичайними нелінійними диференціальними рівняннями. Відразу будемо прив'язувати загальні моделі до конкретних задач моделювання процесів функціонування та розвитку ВС. Запишемо разом диференційні рівняння для одновимірної і багатовимірної систем:

$$\frac{d}{dt}x(t) = \text{fin}(y(t), i) - \text{одновимірна}, \quad (2.1)$$

$$\frac{d}{dt}X(t) = \text{Fin}(Y(t), i) - \text{багатовимірна система}, \quad (2.2)$$

де  $x(t)$ ,  $y(t)$  - поточні значення стану і управління;

$X(t)$ ,  $Y(t)$  - поточні стану векторів стану і управління;

$fin(y(t), i)$ ,  $Fin(Y(t), i)$  - праві частини диференціальних рівнянь - функція і вектор-функція від змінних стану та управління.

Прив'язуємо модель до задачі розвитку:  $fin(y(t), i)$  - функція розвитку (інша назва - функція віддачі інвестицій);  $y(t)$  - обсяг ресурсів за одиницю часу - крок моделювання, планування, виділених на розвиток [7]. Далі використовуються складніші структури даних, функцій і операторів. Щоб отримати конкретне рішення диференціального рівняння, слід задати граничні умови, Рішення лінійного диференціального рівняння може бути представлено у вигляді інтеграла згортки двох функцій. На рисунку 2.4 представлені базові моделі функціонування та розвитку ОС.

**Модель "задача розподілу" (Р.Беллман)**

**Модель об'єкта:**  $\frac{d}{dt}x_i(t) = Gi[x_i(t), y_i(t)]$ ;

**вихід:**  $X(t) = \sum_i x_i(t)$ ;

**управління:**  $Y(t) = \sum_i y_i(t)$

**Критерій**  $J(Y(t)) = \int_0^T F(X(t), Y(t)) dt$  (першого роду - не квадратичний)

**Управління:**  $(y_1, y_2, \dots, y_i, \dots, y_N)$ ;  $i = 1..N$ ;  $0 \leq Y(t) \leq X(t)$ ;  
де  $X(t)$ - сумарний темп виробництва;  
 $y(t)$ - сумарний темп витрат на розвиток.

**Обмеження моделі:** модель "виробництва" - лінійна, проблеми розмірності.  
**Базова агрегована модель розвитку**

**Модель об'єкта**  $\frac{d}{dt}x_i(t) = fin[x_i(t) \cdot u_i(t)]$ ;  $i = 1..N$

**Агрегування**  $\frac{d}{dt}X(t) = Fop(X(t) \cdot U(t))$ ;  $Fop(y) = Opagr(Fin(y), f2o, N)$

де  $Opagr$  - оператор оптимального агрегування виробничої системи;  
 $Fin(y)$  - вектор-функція з ФР елементів;  
 $f2o$  - бінарний оператор оптимального агрегування.

**Критерій**  $J(u(t)) = \int_0^T Fop[X(t) \cdot (1 - U(t))] dt$  - накопичення.

**Управління** -  $0 \leq U(t) \leq 1$  частка ресурсу в розвиток виробництва.  
**Деагрегування управління** - вбудоване в бінарний оператор  $f2o(f1, f2)$ .

Рисунок 2.4 - Базові моделі функціонування та розвитку ВС

Дискретизовані моделі динаміки виробничих систем. Існують дискретні моделі реальних дискретних систем (наприклад, кулемет або курка-несучка) та еквівалентні дискретні моделі безперервних систем [8-9].

Запишемо різницеві рівняння для одновимірної і багатовимірної системи:

$$x_{k+1} = fp(x_k, y_k, \Delta T) \text{ - одновимірна,} \quad (2.3)$$

$$X_{k+1} = Fp(X_k, Y_k, \Delta T) \text{ - багатовимірна система,} \quad (2.4)$$

де  $\Delta T$  - крок квантування процесу,

$x_k, y_k, X_k, Y_k$  - поточні значення стану і управління на k-му кроці процесу;

$fp(x_k, y_k, \Delta T), Fp(X_k, Y_k, \Delta T)$  - оператори переходу між сусідніми станами.

У разі багатовимірних систем оператори та стани можуть бути більш складними, ніж матриці і вектори, взаємоузгодженими структурами, наприклад куб з матриць, матриця, елемента якої – вектори і матриці.

Наведемо приклад такої структури для системи масового обслуговування з паралельними каналами. Не використовуємо те, що напрацьовано в галузі інтегральних рівнянь, зокрема інтегральні згортки. У теоретичному плані в якості побічного результату уникаємо проблеми перевірки та докази адекватності моделей функціонування та розвитку виробничих систем: якщо для техпроцесів достовірно виявлені породжуючі механізми (типу законів механіки, електро- і термодинаміки, біології, екології та психології). Сучасні моделі і методи адекватності базуються на апроксимації, статистикою і квадратичному інтегральному критерії [10].

У середовищі пакетів для моделювання завжди можна отримати робочі моделі - аналоги інтегралів згортки (перехідної функції динамічної системи і вхідного сигналу).



$$X_{k+1} = Fp(X_k, \Delta T) \quad (2.5)$$

$$KMD(N, X0, \Delta T) = \left\{ \begin{array}{l} Xx_1 \leftarrow X0 \\ \text{for } k \in 2..N \\ \quad Xx_k \leftarrow Fp(X_{k-1}, \Delta T) \\ Xx^T \end{array} \right. \quad (2.6)$$

Результат роботи наведеної програми - масив чисел: матриця з N стовпців-векторів стану системи для кожного кроку дискретизованого процесу. Для отримання конкретного процесу необхідно задати параметри системи. Це гарантовано властивостями динамічних систем і алгоритмічними методами обчислення [11].

Зауваження. Використання вбудованих методів програмних середовищ, комплексів для рішення типових задач управління обмежене спрощеними моделями і методами, закритими текстами та ін. На жаль, важкі і витратні задачі управління не можуть бути розподілені на зразок аутсорсингу: процес розробки моделей і програм повинен бути локалізованим в руках малої групи виконавців. [6]

Сучасні можливості програмування дозволяють отримувати рішення числовими методами в параметризованій формі. Результат отримується у вигляді функції користувача від змінних і параметрів. Фактично отримуємо повноцінний замінник аналітичних рішень в алгебраїчній формі.

#### 2.4 Аналіз і розробка модулів нелінійних перетворень випадкових процесів

Сучасні комп'ютерні системи працюють в умовах різноманітних невизначеностей і збурень зовнішнього і внутрішнього середовищ. Ці невизначеності мають різні джерела і різний характер. Саме невизначеності диктують методологію і технологію побудови математичних моделей обчислювальних систем, а ефективність процесів функціонування і розвитку

комп'ютерних систем суттєво буде залежати ефективності імітаційних моделей, що використовуються як інструменти тактичного і стратегічного управління комп'ютерною системою. В даній роботі використовуються інформаційні технології побудови імітаційних моделей в середовищах відповідних пакетів.

Постановка задачі. На базі проведеного в розділі 1 аналізу сучасних комп'ютерних систем виділяємо їх суттєві особливості. На цій основі робимо абстрактну модель комп'ютерної системи. Реалізуємо абстрактну модель у зручному середовищі моделювання – робочу модель комп'ютерної системи. Відлагоджуємо субмоделі невизначеностей та управління КС. В обчислювальних експериментах оцінюємо адекватність моделі на системному рівні - відтворення якісних характеристик процесів функціонування комп'ютерних систем згідно методології Д. Форрестера [11]. Після проведення етапу верифікації можна перейти до етапу розробки інтерпретацій моделі обчислювальної системи з урахуванням впливу невизначеностей. На цьому етапі потрібна повна і достовірна інформація відносно комп'ютерної системи певного класу.

Аналіз невизначеностей. Для аналізу і синтезу моделей комп'ютерних систем використовуються такі концепції: виробничі системи; системи масового обслуговування. Комп'ютерні системи мають безліч застосувань, а розробка в даному проекті повинна забезпечувати настроювання на весь їх спектр. На рис 2.4 подано класифікацію комп'ютерних систем для більш частих застосувань.



Рисунок 2.4 - Класифікація комп'ютерних систем

В даній роботі розглядати комп'ютерну систему як виробництво «багатопродуктову розподілену систему» у випадку досить стабільного потоку задач, і «багатофазну, розподілену багатоканальну систему масового обслуговування» для суттєво імовірнісного потоку задач. Робимо орієнтовану на цілі роботи класифікації комп'ютерних систем – за розмірами, призначенням і структурою. Особливість такого типу класифікації в тому, що між рівнями класифікацій існує узгодженість – для КС кожного призначення існують оптимальні масштаби і структура.

Класифікацію невизначеностей виконаємо в термінах виробничих систем: «ресурс», «продукт», функції «виробництва», «розвитку», «освоєння», «попиту». Існують інші альтернатива побудови класифікації. Розглядаємо: - невизначеність виробництва; - невизначеність ринку; - невизначеність прийняття рішень (управління).

В детермінованій моделі ресурси елементу КС виділені на розвиток виробництв ділились згідно певному критерію очікуваної ефективності. В

імовірнісній моделі даного розділу ресурси діляться між елементами теж пропорційно очікуваній ефективності, але імовірно. На рис. 2.5 подана орієнтована на побудову системи імітаційних моделей КС класифікація невизначеностей.



Рисунок 2.5- Класи невизначеностей в комп'ютерних системах

Невизначеність в прийнятті рішень може трактуватися як результат невизначеності вхідних даних для прийняття рішень, неадекватності математичних моделей процесів. <Сьогодні багато наукових робіт присвячено проблемі суб'єктивності менеджерів в прийнятті рішень, зокрема такому ефекту як намагання "відігратися" у разі програшу - у виробництві, на ринку.

Природно оцінити вплив такої випадковості, коли менеджер в середньому діє раціонально, але з певними випадковими відхиленнями. Невизначеність є одним з методів "боротьби" з невизначеністю зовнішнього оточення. Суть такого підходу в тому, щоб в умовах невизначеності робити випадкові проби, експерименти, а потім по результатам проб - коректувати імовірності певних рішень. Це відповідає природним механізмам навчання,



на цьому базується метод випадкового пошуку. Існують більш глибокі причини корисності невизначеності і ризиків у великих системах отримання інформації про динаміку об'єкта і характеристики випадкових збурень. . На рис. 2.6 подана структура типових перетворень.

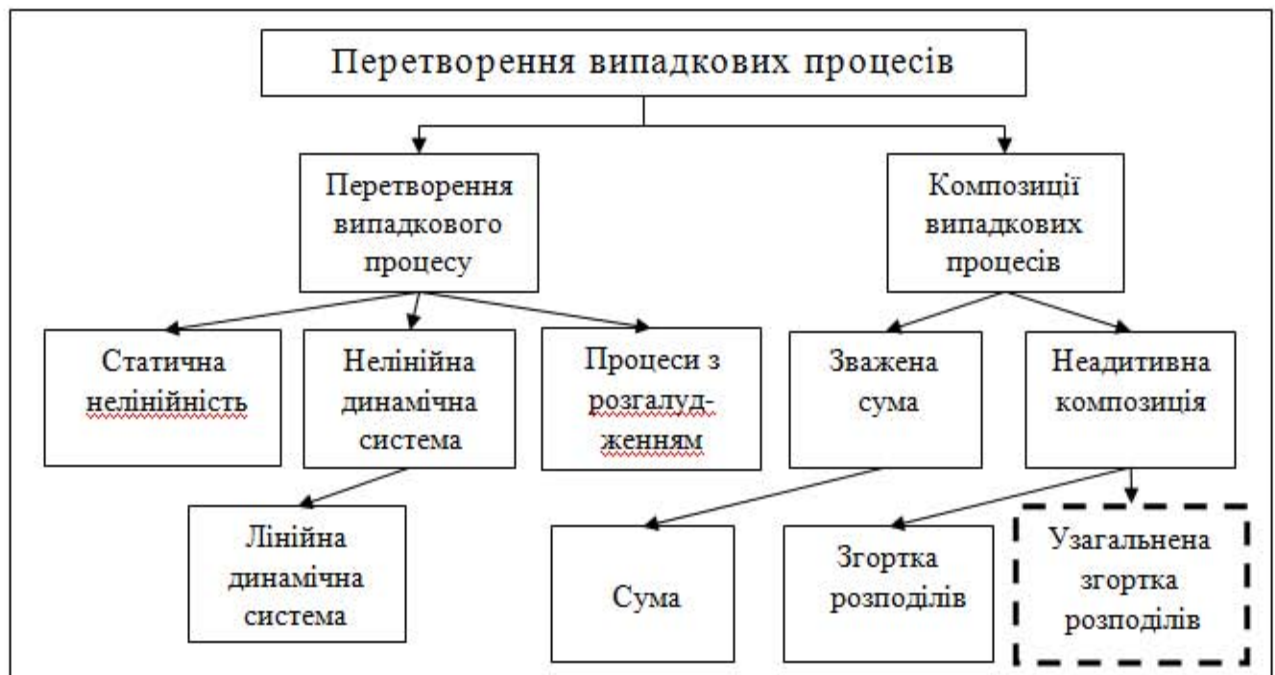


Рисунок 2.6 - Операції перетворень випадкових процесів

Кінцевий етап дослідження – виявлення та кількісна оцінка ризиків. Будемо орієнтовану на цілі дослідження класифікацію ризиків (рис. 2.7). Природно при оцінці втраг при певних порушеннях роботи КС проаналізувати порушення в роботі об'єкта управління чи обслуговування для даної. КС.

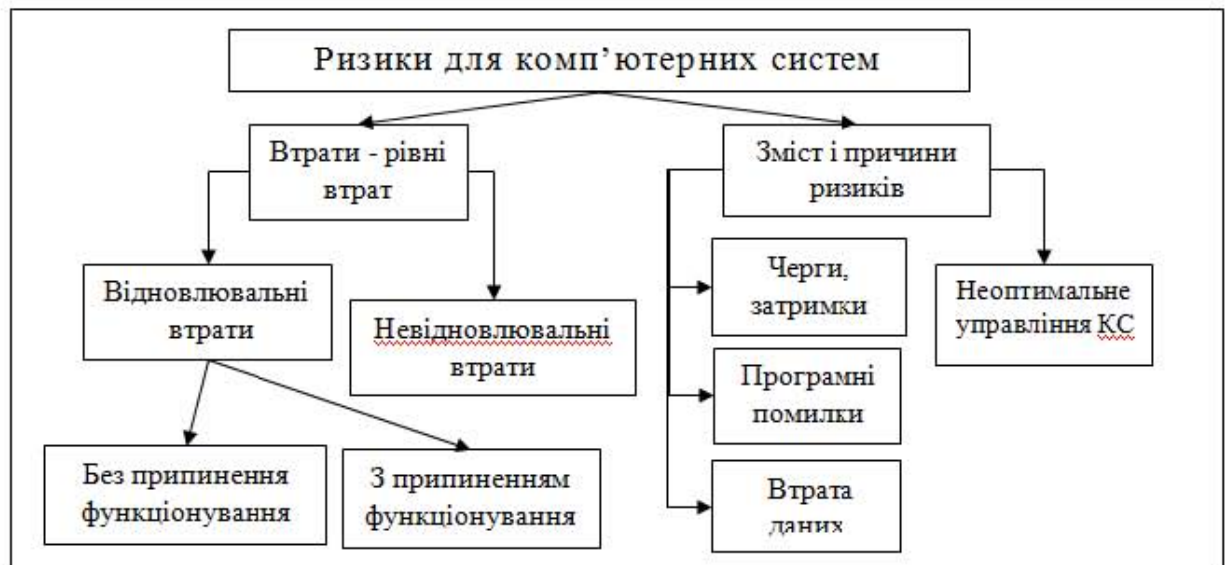
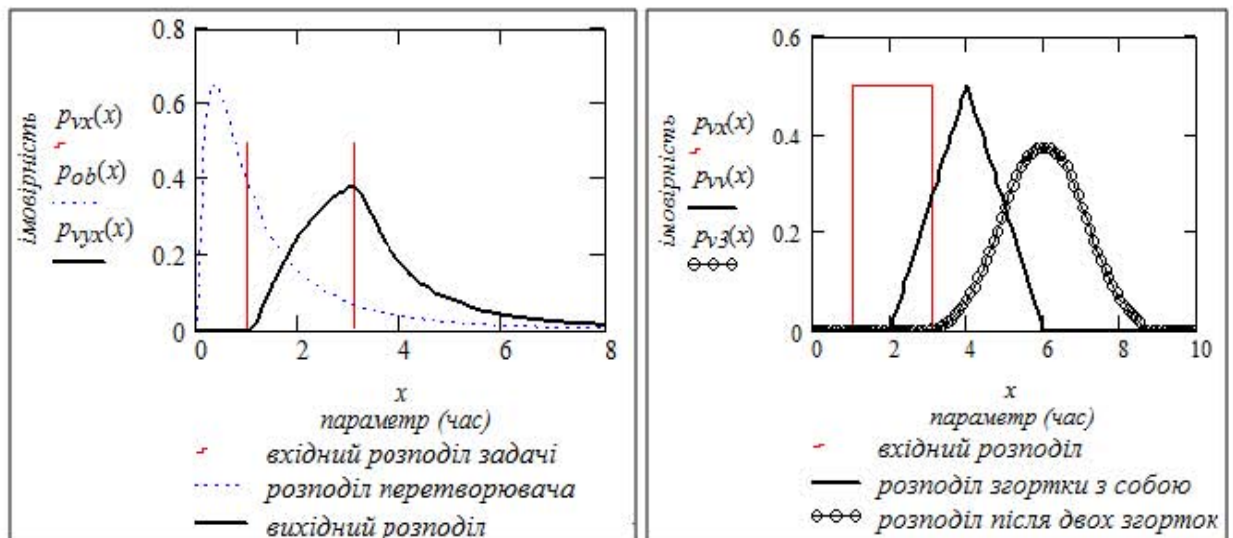


Рисунок 2.7 - Об'єкти і наслідки втрат в комп'ютерних системах

Головна задача дослідженні не стільки оцінка ризикових втрат, скільки розробка моделей і методів зменшення і усунення втрат. Як було сформульовано в розділі 1, було вибрано доповнення і розширення від статистики на базі реальних об'єктів, статистику базовану на імітаційних моделях об'єктів вибрано.

Наука і практика оперує переважно з гаусівською статистикою, основні властивості якої: згортки довільних розподілів з кінцевою дисперсією, в тому числі багаторазова згортка довільного розподілу з собою, сходяться до Гаусівського (нормального) розподілу. Центр уваги в обробці даних – обчислення критеріїв перевірки статистичних гіпотез. В даній роботі вибрано підхід на базі «породжуючих механізмів» [J. Forrester ]. Відповідь на питання, чому такий підхід не використовувався раніше? – раніше ще не було ефективних комп'ютерних систем та ІВС.

На рис.2.7 подано приклади згортки: ліворуч – логнормального і рівномірного розподілів, праворуч – рівномірного розподілу з собою: один раз - трикутне, два рази – подібній до нормального розподіл. Неважко прийти до висновку, що результатом повторення згортки з собою буде нормальний розподіл



Риснок 2.7 - Приклади згорток розподілів ймовірностей

Існує поняття «стійкий розподіл ймовірностей». Теорія ймовірності розділяється на дві частини:

- розподіли з обмеженою дисперсією – гаусівські, нормальні;
- розподіли з нескінченною дисперсією – негаусівські, гіперболічні.

Ці розподіли є зовнішніми проявами різних породжуючих механізмів:

Гіперболічні розподіли породжуються процесами зростання в біології, техніці, економіці і екології – в активних системах.

Гаусівські розподіли породжуються процесами в пасивних системах – в економіці – в рівноважних, в геології - утворення рельєфів, русел та ін.

Гаусівський розподіл має кінцеву дисперсію. Перевіряємо це експериментально, записуємо формулу для дисперсії

(середньоквадратичного відхилення від середнього), підставляємо вбудовану функцію пакету нормального розподілу з дисперсією 2. Обчислюємо вираз для двох інтервалів інтегрування.

$$disp = \int_{-DX}^{DX} (mu - dnorm(x, mu, sigma))^2 dx \quad DX1 := 10 \quad DX2 := 1000$$

$$\frac{1}{DX1} \cdot \int_{-DX1}^{DX1} (1 - dnorm(x, 1, 2))^2 dx = 1.814 \quad \frac{1}{DX2} \cdot \int_{-DX2}^{DX2} (1 - dnorm(x, 1, 2))^2 dx = 1.998$$

Гаусівські розподіли імовірностей. Існує два підходи до ідентифікації емпіричних частотних розподілів – формальний: приймається «гіпотеза про теоретичний розподіл» і за певними критеріями приймається чи не приймається ця гіпотеза; аналізуються причини, механізми породження випадкового процесу, будується модель, шукаються параметри породжуючого механізму, що генерують процес близький, за певним критерієм до реального процесу. Тобто ідентифікація проводиться не на рівні розподілів а на рівні породжуючих процесів.

Таким чином, перше що нам потрібно - мати певну базу знань про типові частотні розподіли імовірностей. За кожним розподілом ймовірностей стоїть певний породжуючий механізм. Тобто сам по собі розподіл для нас - індикатор діючих у виробничій, сервісній в обчислювальній системах механізмів. Знаючи цей механізм, ми зможемо ефективно прогнозувати стан системи, а головне ми можемо ефективно управляти системою, зокрема, змінити сам породжуючий механізм, наприклад, «механізми взаємодії виробника і користувачами».

Аналіз породжуючих механізмів теоретичних розподілів. Між емпіричними розподілами відносних частот - «гістограмами» і «теоретичними» розподілами ймовірностей має місце тісний зв'язок. Часто їх не розрізняють, але це може привести до помилок. Розподіл ймовірностей - гранична форма розподілів відносних частот при необмеженому збільшенні кількості спостережень чи експериментів. Такий розподіл прийнято називати істинним розподілом ймовірностей для генеральної сукупності даного типу експерименту. Розподіли імовірностей можуть бути дискретними і неперервними. Вивчення розподілів почнемо з неперервних розподілів імовірностей. Будуємо модуль імітації механізму породження нормального розподілу:

$$pn(x, \mu, \sigma) := \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \exp \left[ \frac{-1}{2 \cdot \sigma^2} \cdot (x - \mu)^2 \right]. \quad (2.7)$$



Нормальний розподіл. Перевіримо, що розподіл для випадкового числа, що є сумою незалежних випадкових чисел сходиться до нормального розподілу.

Задаємо: обсяг вибірки  $Nv := 10000$  ;  $i := 1..Nv$  ; кількість інтервалів гістограми  $kin := Nv + 100$  Формуємо вибірки: одне вч  $Vd1_i := 10rnd(1) - 5$ ,

два випадкових числа  $Vd2_i := \left(\frac{10}{2}\right) \cdot (rnd(1) + rnd(1)) - 5$ ,

чотири випадкових числа,

$Vd4_i := \left(\frac{10}{4}\right) \cdot (rnd(1) + rnd(1) + rnd(1) + rnd(1)) - 5$

Будуємо гістограми  $Hi1 := histogram(kin, Vd1)$  ;  $Hi2 := histogram(kin, Vd2)$

$Hi4 := histogram(kin, Vd4)$

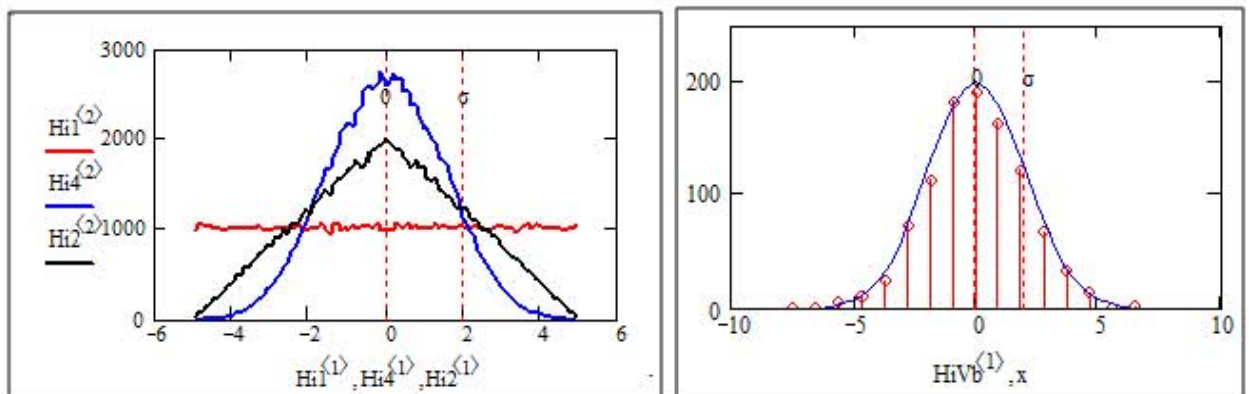


Рисунок 2.9 - Модуль генерації нормального розподілу

В сучасних пакетах для статистичного моделювання зроблено вбудовані функції, що видають задану кількість випадкових чисел с заданим частотним розподілом. Використовуємо в побудові моделей цю функцію так (рис.2.7, 2) :

скільки:= 1000 ; кількість інтервалів  $ki := 16$  середнє :=  $\mu$  станд\_відхилення :=  $\sigma$  .

Реалізація:  $Vbn := mnorm(скільки, середнє, станд_відхилення)$   $HiVb := histogram(ki, Vbn)$

Пуасонівський розподіл. Рівняння для розподілу щільності імовірностей (= "частотного розподілу")



$$pp(k, \lambda) := \frac{e^{-\lambda} \cdot \lambda^k}{k!} \quad (2.8)$$

Будуємо графіки розподілу (2.8). Задаємо параметри розподілу (тільки один):  $\lambda := 15$  - середнє, змінна розподілу  $k := 1..40$ .

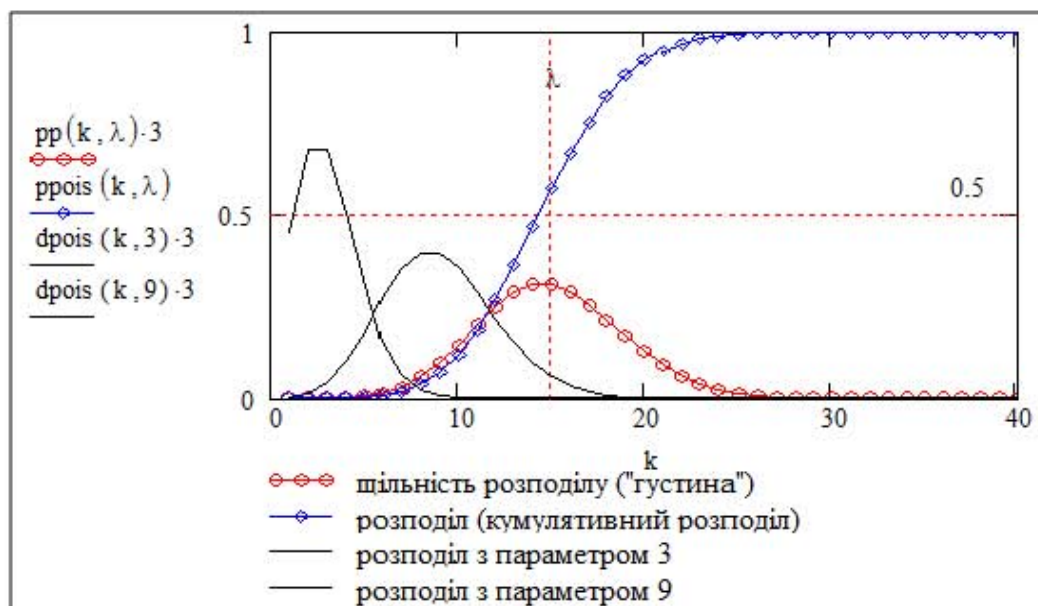


Рисунок 2.10 - Модуль генерації Пуассонівського розподілу

Механізм породження Пуассонівського розподілу: маємо незалежні події (так -1, ні -0), що відбуваються незалежно (некорельовано) у випадкові моменти часу. Параметр характеризує середню кількість подій в одиницю часу. Розподіл - залежність імовірності випадкової величини "кількість подій за одиницю часу" від значення кількості подій. Моделювання механізму породження Пуассонівського розподілу. Робимо імітаційну модель породження випадкового процесу Пуассонівським розподілом. Робимо базову відкриту імітаційну модель для урахування цих відхилень. Задаємо вхідні дані  $lmd := 10$ ; Задаємо: кількість незалежних джерел подій  $Nob := 100$ ;  $k := 1..Nob$ ; обсяг вибірки ("кількість заявок в одиницю часу")  $Nvyb := 1000$ ;  $i := 1..Nvyb$

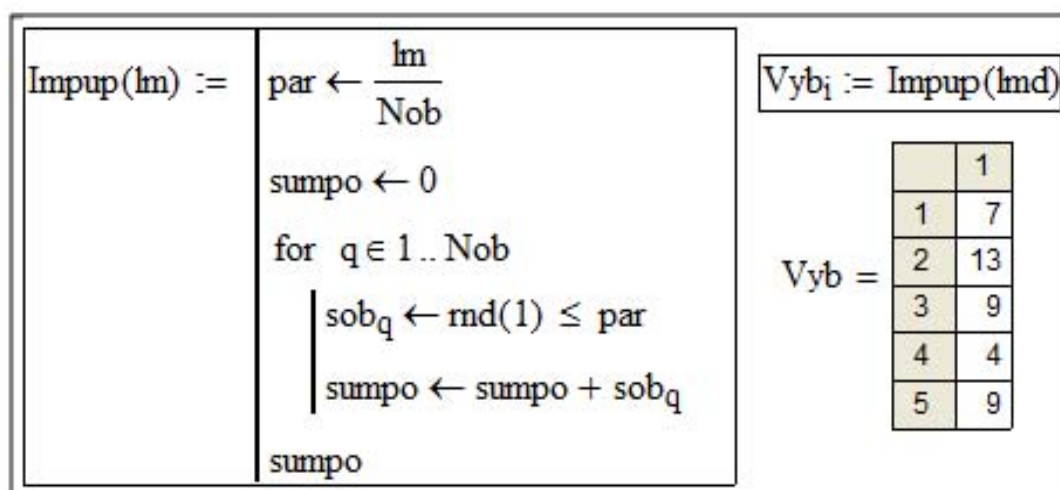


Рисунок 2.9 - Імітаційна модель породження випадкового процесу

Функція генерації чисел з заданим розподілом – основа імітації вхідних потоків задач. Технологія її застосування: скільки:= 1000 ; кількість інтервалів  $k_i := 20$  ; середнє := lmd. Власне генератор:  $V_{bn} := \text{groix}(\text{скільки}, \text{середнє})$   $H_i V_b := \text{histogram}(k_i, V_{bn})$ . Дивимось на цей графік і робимо висновок:

а) поданий вище програмний модуль імітує випадкову подію в СМО "кількість замовлень протягом однієї хвилини"; емпіричний розподіл досить добре збігається з теоретичним, параметри якого ми задали в програмі імітації. Це і є ідентифікація, а перевірка гіпотези "чи даний емпіричний розподіл є відображенням даного теоретичного" за критеріями Пірсона, Колмогорова є поліруванням висновку.

Дослідження породжуючих механізмів невизначеностей. Негаусівський розподіл процесу з розгалуженнями. В комп'ютерних системах мають місце процеси, де наступна випадкова подія залежить від попередніх. Існують декілька альтернативних математичних моделей для опису функціонування активних систем. Процеси з розгалуженням при певних умовах породжують негаусівські розподіли ймовірностей.

Будуємо базовий модуль «процес з розгалуженням» (отримано свідоцтво на програму) . В такому процесі, деякі елементи можуть ймовірно рости,

«розмножуватись», «зникати». Механізм процесів з розгалуженням описати досить легко, але отримати аналітичні розв'язання навіть для простих задач дуже важко. Для реалістичних задач майже єдиний шлях досліджень - використання імітаційної моделі процесу з розгалуженням.

Побудова робочої математичної моделі процесу з розгалуженням. Словесна формула базової моделі процесу породження задач обробки даних, випуску чергової моделі мікропроцесора та ін:

- імовірність появи нової задачі від певного джерела (підсистеми виробництва) за час  $Dt$ , при умові появи вже  $X$  задач, вважаємо пропорційною цій кількості, тобто:

$$p1(x \rightarrow x+1) = \lambda * x * Dt = \text{Функція\_росту}(\lambda \square x, t) \quad (2.10)$$

- імовірність припинення появи нових задач на інтервалі  $Dt$  вважаємо постійною;

$$p2(\text{process} \rightarrow \text{stop}) = \mu * Dt = \text{Функція\_зупинки}(\mu \square x, t) \quad (2.11)$$

Запишемо у загальному вигляді математичну модель - систему рівнянь процесу.

$$\begin{pmatrix} S_{q,t+1} \\ Y_{q,t+1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \text{ФункціяЗупинки}(\mu, t, Y_{q,t}) \cdot S_{q,t} \\ Y_{q,t} + \text{ФункціяРосту}(\lambda, Y_{j,t-1}) \cdot S_{q,t} \end{pmatrix} \quad (2.12)$$

В цих рівняннях  $S_{q,t}$  - змінна-індикатор: “чи припилась поява нових задач з q-го джерела задач на t-ому кроці”;  $Y_{q,t}$  - змінна “кількість задач від q-ого елемента на t-ому кроці процесу”. Задаємо параметри процесів росту  $\lambda a = 0.09$  та зупинки  $\mu o = 0.17$ , початкові умови  $Y_{q,1} := 1$  ;  $S_{q,1} := 1$  . Записуємо тепер робочі рівняння згідно з прийнятими моделями росту і зупинки:

$$\begin{pmatrix} S_{q,t+1} \\ Y_{q,t+1} \end{pmatrix} := \begin{pmatrix} \text{if}(rnd(1) > \mu o, 1, 0) \cdot S_{q,t} \\ Y_{q,t} + \text{if}[rnd(1) > (1 - \lambda a \cdot Y_{q,t}), 1, 0] \cdot S_{q,t} \end{pmatrix} \quad (2.13)$$

Будуємо графіки частотних і рангових розподілів обчислених для двох наборів параметрів (рис.2.12). Бачимо схожість з теорією. Період



моделювання  $T_{model} \equiv 30$  Число елементів  $Me \equiv 1000$  Ймовірності: успіху  $\lambda a \equiv .09$  зупинки:  $\mu o \equiv .17$  Ймовірності: успіху  $\lambda \beta \equiv .5$ , зупинки:  $\mu \beta \equiv .15$

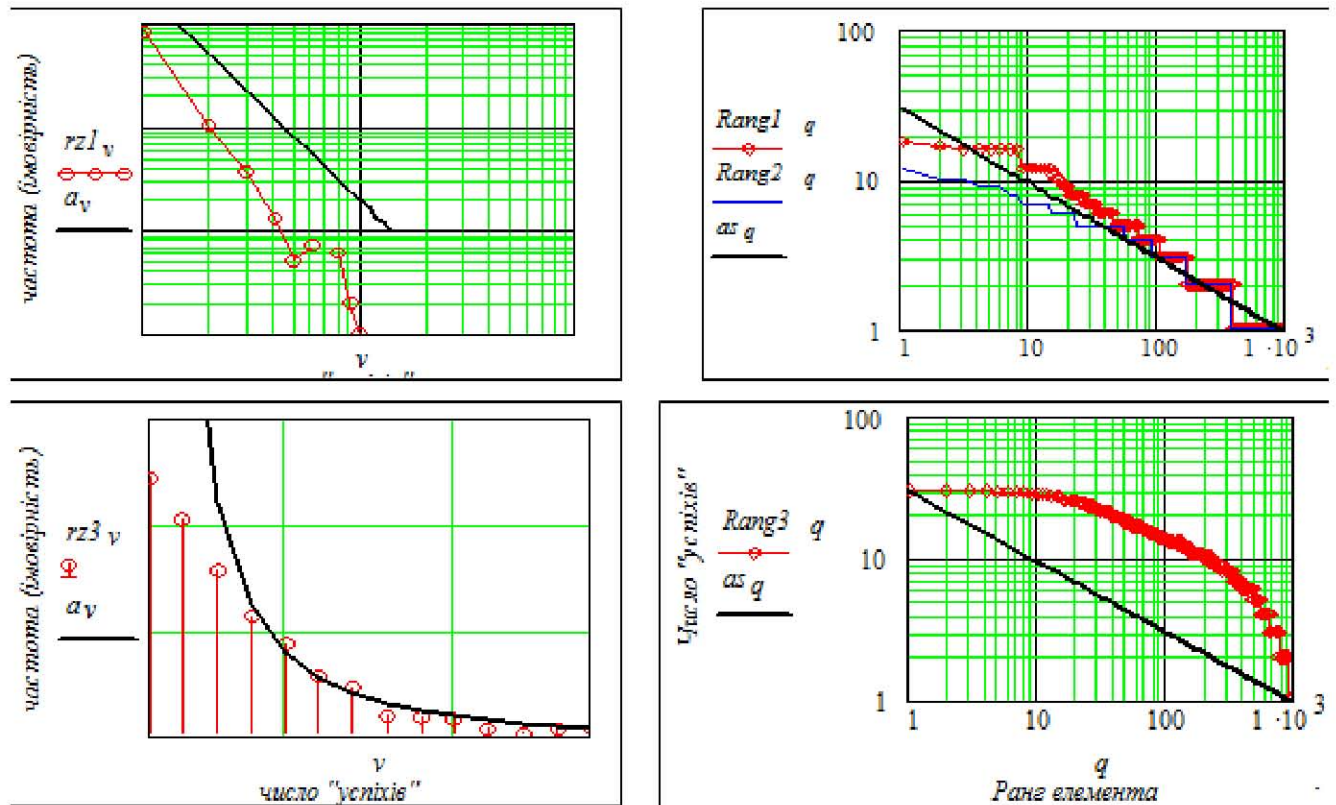


Рисунок 2.12 - Результати моделювання процесу з гіперболічною статистикою

Розробка моделей і програмних модулів отримання перетворень розподілу для стохастичного процесу при нелінійному перетворенні. Інтерпретація: відома монотонно зростаюча нелінійна залежність між витратами ресурсів комп'ютерної системи і темпом обробки задачі. Маємо формалізовану задачу: перетворення розподілу ймовірностей випадкового процесу при проходженні через статичну нелінійність. В комп'ютерних системах можуть виникати складні нелінійні перетворення вхідних потоків. Зауважимо, що існують два стійких гіперболічних розподіли з нахилами асимптот (в подвійних логарифмічних масштабах  $a1 = -1$ ,  $a2 = -2$ ). Це важливі для аналізу виробничої системи індикатори.

Сьогодні функції комп'ютерних систем всіх рівнів від локальних виробничих до глобальних, постійно розширюються. Для підвищення ефективності і

живучості елементи комп'ютерних систем роблять відносно автономними в обробці завдань і взаємодії з іншими елементами. Задачі отримання розподілів ймовірності для рівнів завантаження КС можуть бути виконані тільки методами імітаційного моделювання. Причини – множинні нелінійні перетворення випадкових процесів і нелінійні взаємодії між елементами системи виробництва і обслуговування. Розподіли ймовірностей результатів суттєво негаусові, полімодальні. Традиційних статистичних методів недостатньо для аналізу таких розподілів. Зокрема, змінюються акценти задач ідентифікації – ідентифікація породжуючих механізмів, а не середніх, дисперсій та кореляцій.

В даному розділі подано розробку робочих моделей (таких, що програмно реалізовані) для – створення бібліотеки моделей породжуючих механізмів для розподілів імовірності в комп'ютерних системах. Розглянемо приклади розподілів ймовірності для елемента деякої КС, отриманих на імітаційних моделях розподілених систем [3, 4]. На рис.2.13 подані розподіли ймовірності для рівня завантаження елемента: .1 - без урахування нелінійних обмежень в розподілі навантаження між елементами системи обслуговування. На графіках 2.13-2, 2.13-3, 2.13-.4 – подані розподіли ймовірності для кращого елемента в системі з трьох елементів і трьох класів задач обслуговування при варіації параметра ефективності цього елемента. Ці розподіли – багатомодові, для даного прикладу моди мають чітко виражені моди. При зміні параметрів системи деякі моди можуть бути слабо вираженими і взагалі бути відсутніми.



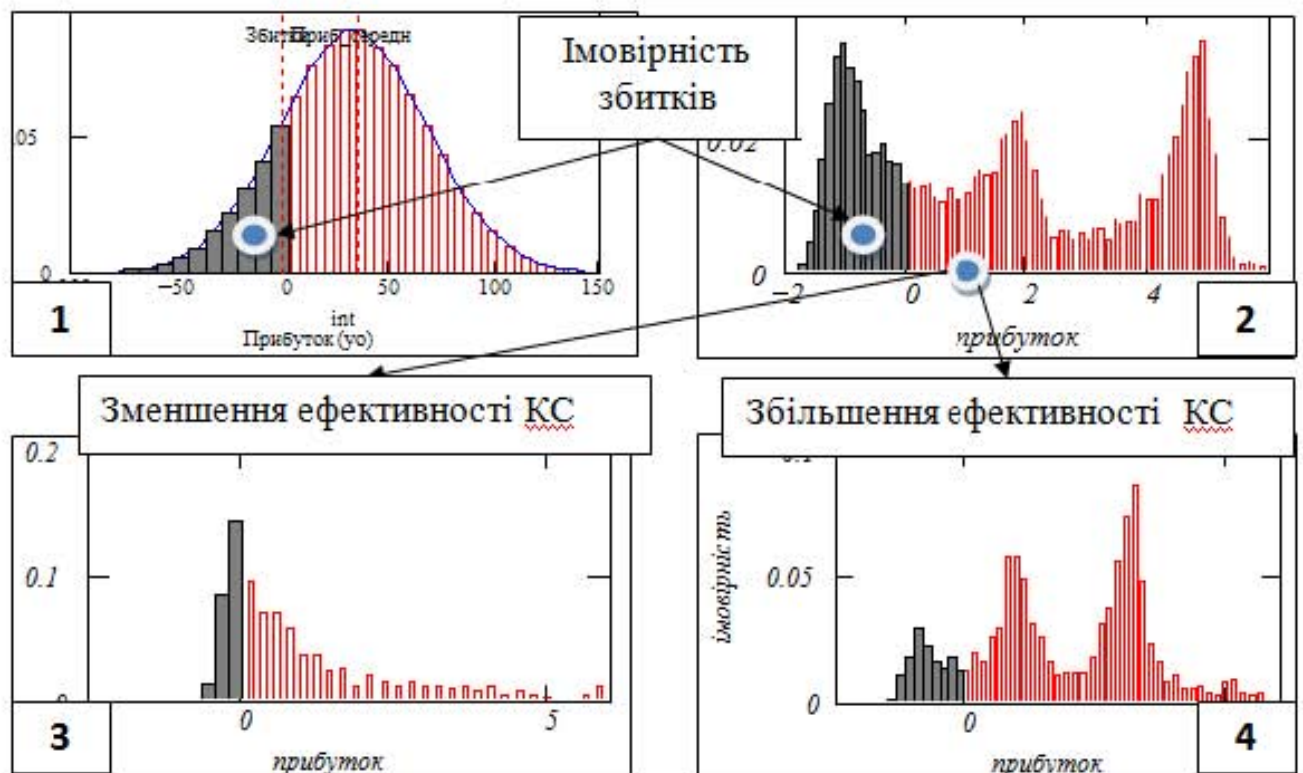


Рисунок 2.13 - Розподіли ймовірності для елемента розподіленої комп'ютерної системи

Ми виділили для моделювання такі механізми перетворення випадкових потоків: - проходження через статичну нелінійність; Обмежимося дослідженням впливу статичних нелінійностей. На рис.2.14 подана схема перетворення. Це результати моделювання за розробленою моделлю, та інформаційні технології візуалізації.

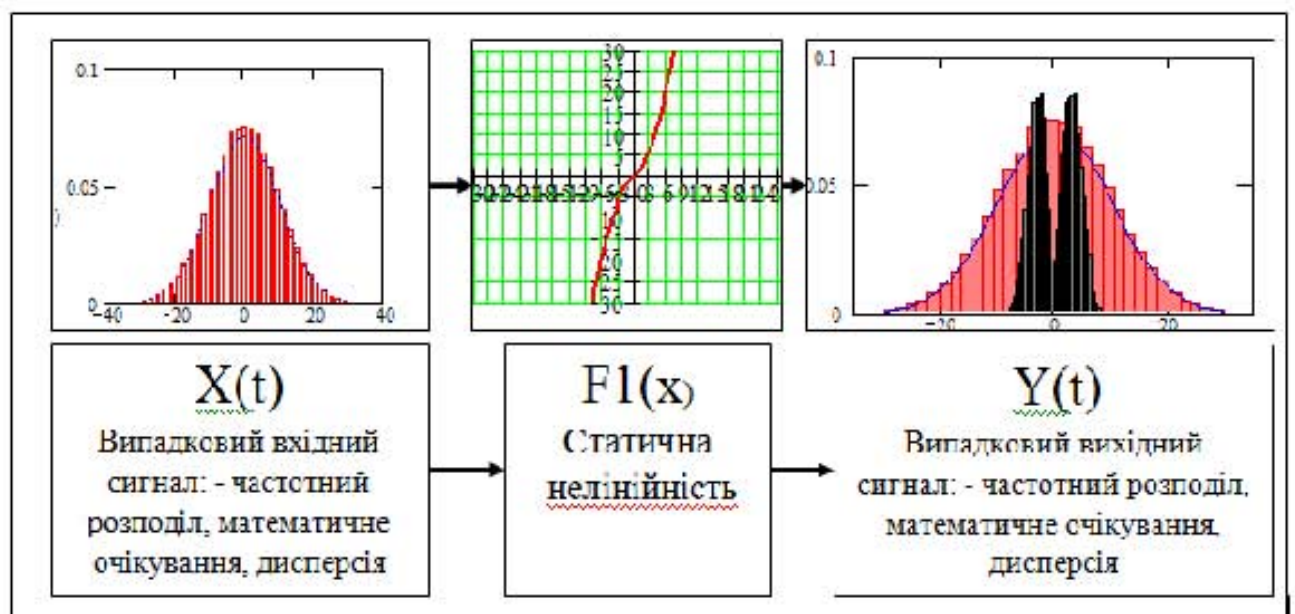


Рисунок 2.14 - Схема задач "проходження випадкового сигналу через нелінійність"

Запишемо робочу модель задач максимально використовуючи вбудовані функції пакету. Задаємо: число кроків процесу (об'єм вибірки)  $Tm := 120000$  ;  $t := 1..Tm$  . Генеруємо вибірку «випадковий сигнал з нормальним розподілом». Параметри вхідного сигналу: амплітуда  $Ax := 10$  ; середнє  $mu := 0$  ; розкид  $sig := 1$  . Вхідний сигнал.

$$X := Ax \cdot rnorm(Tm, mu, sig). \quad (2.14)$$

Генеруємо також вибірку «випадковий сигнал з рівномірним розподілом».

Параметри вхідного сигналу (межі)  $x1 := -12$  ;  $x2 := 12$  .

$$X1 := Ax \cdot runif(Tm, x1, x2). \quad (2.15)$$

Записуємо вирази для теоретичних розподілів, нормальний розподіл:  $rvte(x) := dnorm(x, mu, sig)$ ; рівномірний розподіл:  $rvte1(x) := dunif(x, x1, x2)$ .

Отримуємо гістограми для вхідного сигналу з нормальним розподілом  $kin := 50$  ;  $rvemX := histogram(kin, X)$  і для вхідного сигналу з рівномірним розподілом  $kin1 := 50$  ;  $rvemX1 := histogram(kin1, X1)$ . Обчислюємо

характеристики випадкового вхідного сигналу з нормальним розподілом: максимум  $maem := max(X)$  ; середнє  $muem := \frac{1}{Ax} \cdot mean(X)$  ; мінімум  $miem := min(X)$  ;

стандартне відхилення  $stdem := \frac{1}{Ax} \cdot stdev(X)$  .. Виконаємо такі ж обчислення для вхідного сигналу з рівномірним розподілом: Будуємо графіки емпіричних частотних розподілів (гістограми) для двох випадків разом з теоретичними розподілами (рис. 2.15)

$$rvte(xx) := dnorm(xx, mu, Ax \cdot sig) ; \quad rvte1(xx) := dunif(xx, x1, x2)$$

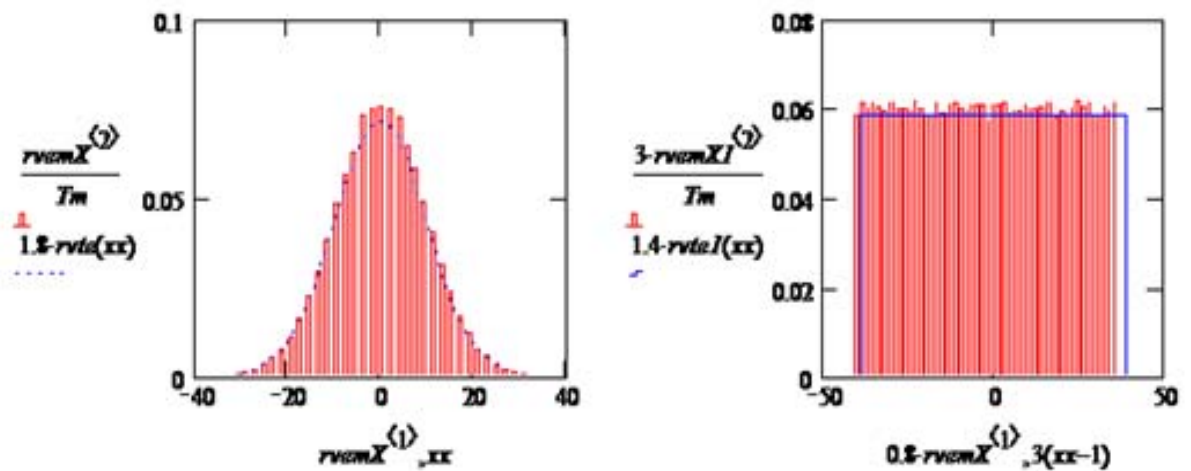


Рисунок 2.15 - Частотні розподіли вхідних сигналів

Дані рутинні обчислення приведені як простий приклад технології конструювання робочих моделей – контроль всіх кроків розробки: бачимо що гістограми вибірок дійсно сходяться до закладених в ці процеси теоретичних розподілів.

Обчислення розподілів імовірностей вихідного сигналу. Розподіли вірогідності на виході нелінійності знаходимо «безвідмовним» методом імітаційного моделювання. Можливі інші альтернативи, але наша модель - тільки перший крок до вирішення складніших завдань проходження випадкового процесу через нелінійні динамічні елементи. Для прикладу візьмемо дві типові нелінійні функції

«узагальнена нелінійна статична залежність»:

$$F(x, aa) := 1.0 \cdot \text{sign}(x) \cdot |x^{aa}| ; - \text{«узагальнена увігнуто-випукла»}:$$

$$F2(x, ss) := \left[ 9.4 \cdot \left( 1 - e^{-0.5 |x|} \right)^{ss} \cdot \text{sign}(x) \right] + 0.1 \cdot x$$

Будуємо графіки цих нелінійностей (рис. 2.14):

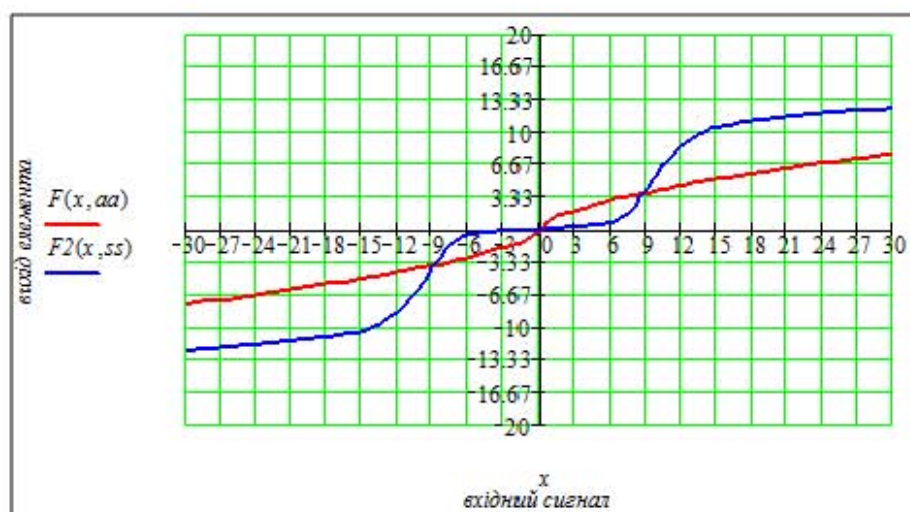


Рисунок 2.14 - Приклади нелінійних характеристик

Над кожним значенням вхідної змінної  $x_t$  виконується нелінійне перетворення

$$y_t = F(x_t, aa),$$

де  $t$  – дискретний час,  $aa$  – вектор параметрів функції. Рівняння (2.16) відображає масив (вибірку) вхідних даних  $X$  в масив вихідних даних  $Y$ . Використовуємо оператора векторизації, який інтерпретується так: виконати перетворення  $F(X, aa)$  над кожним елементом масива  $X$ , з однаковим параметром  $aa$ .

Використання векторизації дає ряд переваг, серед яких підвищення швидкості обчислень в 4 – 8 разів, – на останньому місці. Головна перевага розширення меж класичної математики, наприклад, в [11] запропоновано радикальне рішення задачі нелінійного програмування про оптимальний розподіл обмеженого ресурсу. Головний елемент рішення оператор оптимальної агрегації побудований з використанням векторизації [12]. Ще один приклад – векторизований оператор «вибір – навчання», який обробляє вибір і зміну переваг безлічі споживачів на безлічі продуктів певного класу [12]. Запишемо вирази для вихідних масивів для випадку опуклої нелінійності і входів з нормальним і рівномірним розподілами.

$$Y_v := \overrightarrow{F(X, aa)} ; \quad Y_{vl} := \overrightarrow{F(Xl, aa)}. \quad (2.16)$$



Також запишемо виразу для випадків вігнутоопуклої нелінійності з нормальним і рівномірним розподілами.

$$Y_{nv} := \overrightarrow{F2}(X1, aa) ; Y_{nv} := \overrightarrow{F2}(X, aa). \quad (2.17)$$

Побудова гістограми. Визначаємо розподіли виходу для входів з нормальним і рівномірним розподілами

$$rvemY := histogram(kin, Yv) ; rvenY := 1 \cdot histogram(kin, Ynv). \quad (2.18)$$

Записуємо частотний розподіл вихідних даних з нормальним розподілом і не випуклою нелінійністю  $rvemY1 := 1 \cdot histogram(kin, Yv1) ; rvenmY1 := 1 \cdot histogram(kin, Ynv1) .$

Виконаємо візуальний аналіз частотних розподілів. На рис. 2.15 поданий графік з трьома залежностями: вхідний розподіл, теоретичний емпіричний і вихідний розподіл. Під цим графіком представлена "причина" - характеристика нелінійного елемента (повернену, так, щоб сумістити вихід нелінійного елемента і шкалу "величина виходу" на графіку частотних розподілів).

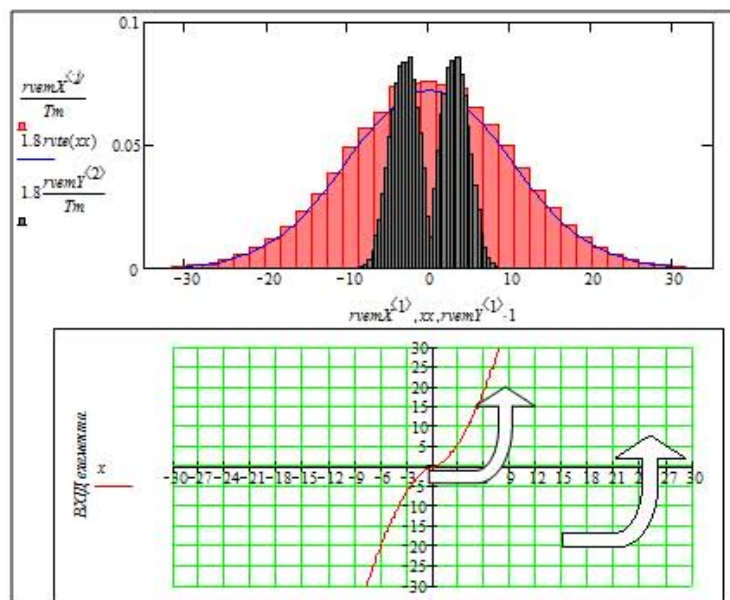


Рисунок 2.15 - Перетворення нормального розподілу випуклою нелінійністю

Черговий елемент технології конструювання робочих моделей: перевірка коректності результатів. Нормуємо отримані дискретні розподіли,



перевіряємо умову «повнота множини подій»:

$$\frac{\text{mean}(rvemX^{(2)}) \cdot kin}{Tm} = 1$$

$$\frac{\text{mean}(rvemY^{(2)}) \cdot kin}{Tm} = 1$$

На рис.2.16 подано результат моделювання для випадків відповідних нелінійності увігнутої нелінійності. Вихідний розподіл - одномодовий, не гаусівський.

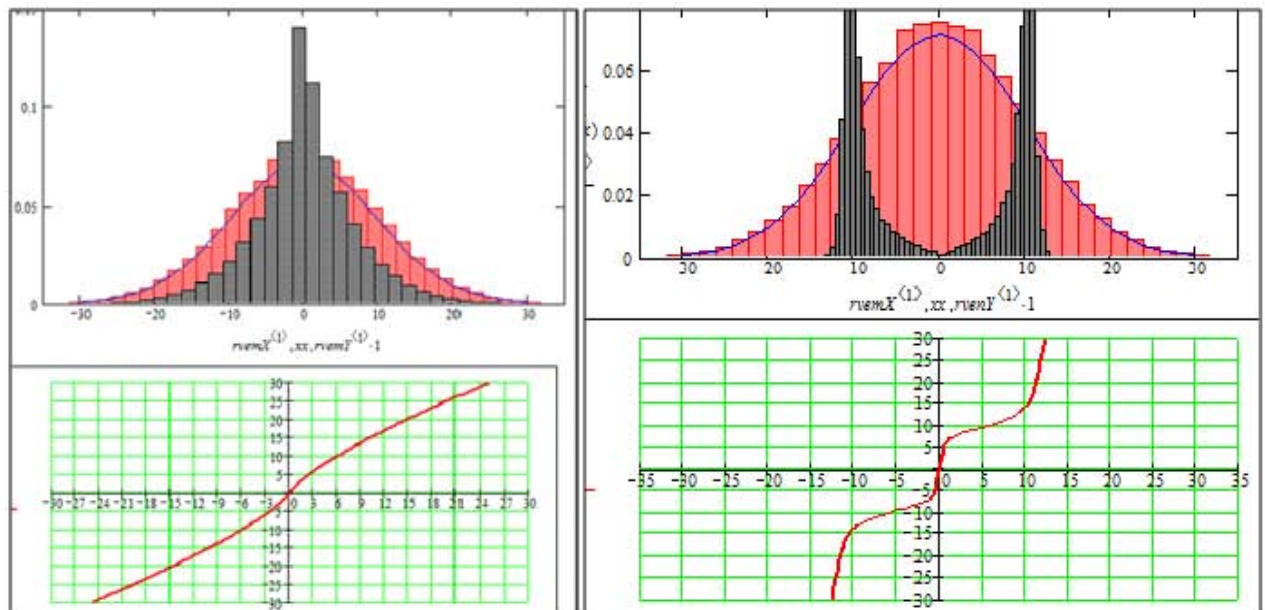


Рисунок 2.17 - Перетворення нормального розподілу сигналу увігнутою не лінійністю

Уявіть собі, що ви маєте тільки результати нелінійного перетворення, не знаєте «породжуючі механізми» перетворення і шукаєте їх за допомогою нейронечітких методів. На рис. 2.16 представлені результати обчислень для випадків увігнутої і випуклої функцій. Бачимо очевидні закономірності:

- увігнута нелінійність "концентрує" розподіл навколо середнього;
- випукла нелінійність "розсуває" розподіл в дві моди щодо середнього.

Зробимо теж саме, але вже для рівномірного розподілу (рис. 2.17). Бачимо

- результати перетворення топологічно подібні попереднім. Тобто інформація отримана на моделях використовуватись для «навчання» - підвищення ефективності підсистеми прогнозування і планування

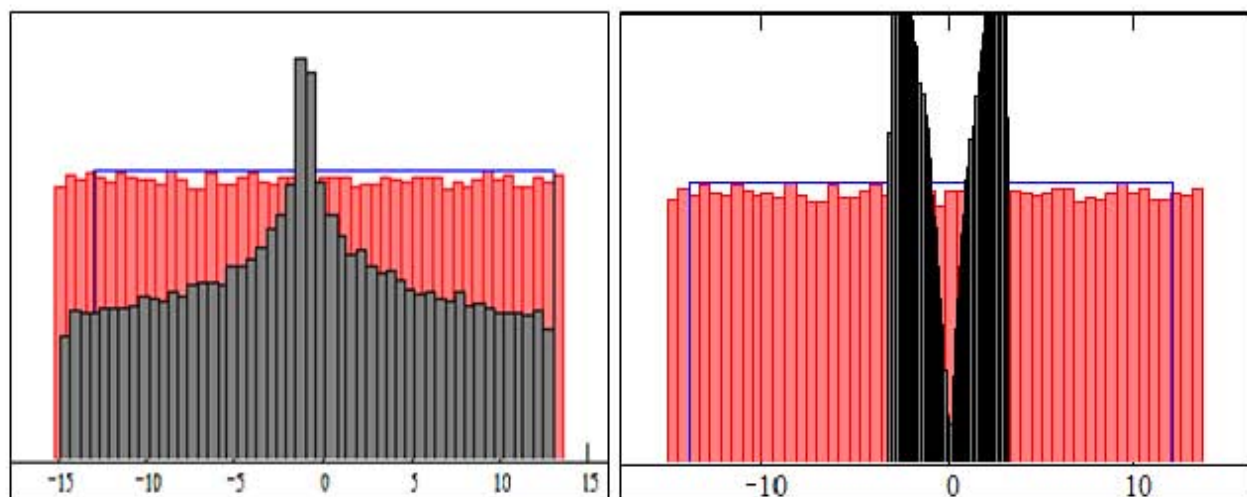


Рисунок 2.17 - Аналіз перетворення сигналу з рівномірним розподілом, що проходить через випуклу і увігнуту нелінійність

На рис. 2.18 представлена альтернативна форма інформації для задач на рис. 2.16 і 2.17 на двох альтернативних рівнях: процесів і частотних розподілів.

Представлено два приклади – перетворення увігнутою нелінійністю випадкових величин з нормальним і рівномірним розподілами. На графіках ліворуч подано «натуральні» випадкові процеси, праворуч – частотні розподіли. Для спеціалістів така альтернатива - дає «стереоскопічне» бачення проблеми, підвищення ефективності в інноваційних розробках. Якими займаються спеціалісти всього світу із змінним успіхом. Нагадаємо – нелінійні графіки функцій нелінійних перетворювачів подано на рис. 2.16.

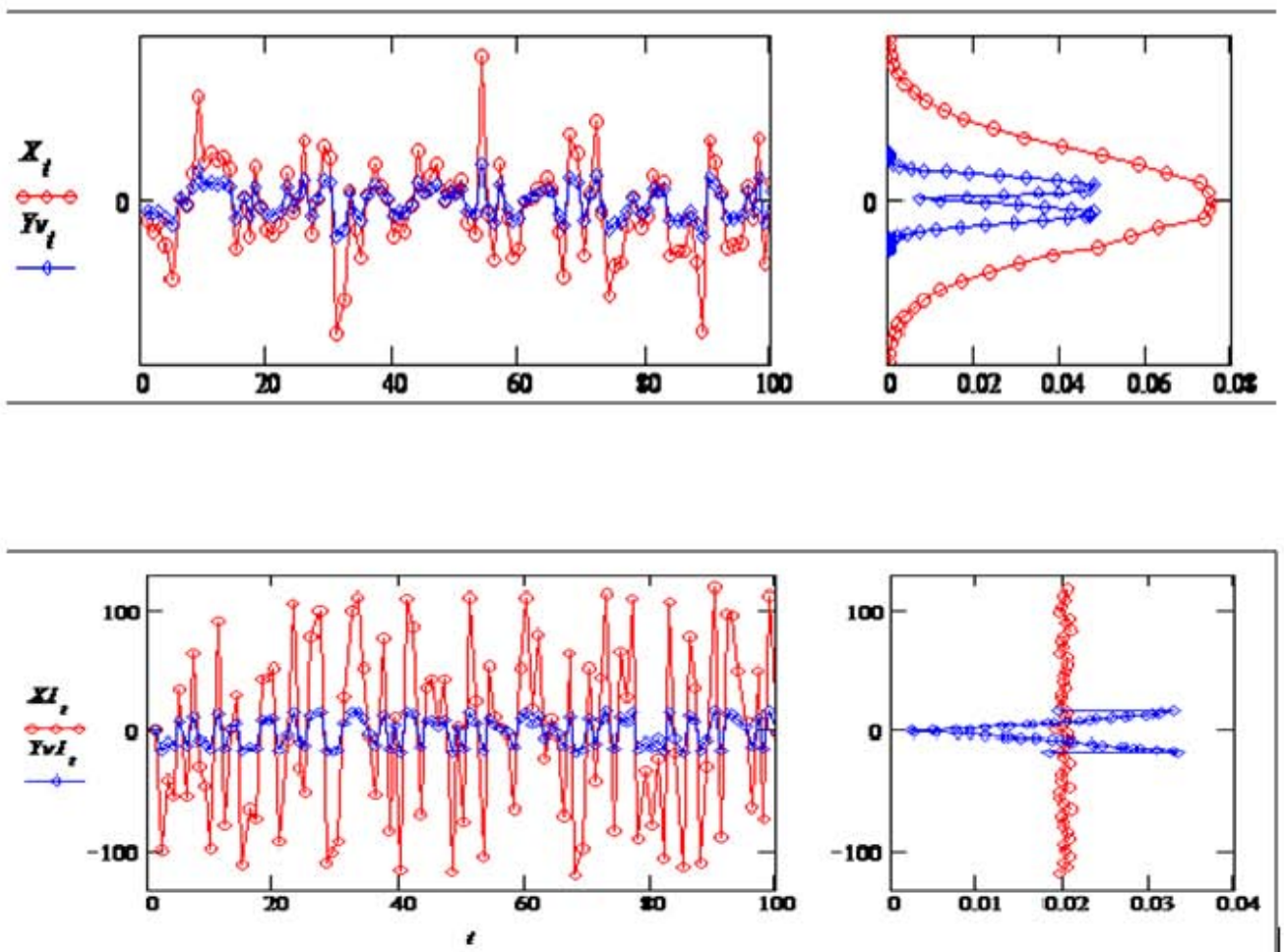


Рисунок 2.18 - Випадкові процеси і нелінійні перетворення. Приклад

Поставлено задач аналізу і прогнозування показників функціонування комп'ютерних систем на статистичних даних - частотних розподілів. На відміну від робіт-прототипів, аналіз орієнтується на ідентифікацію системних механізмів класу «рівень завантаження – витрати ресурсів». Для вирішення задач використана інформаційна технологія конструювання робочих моделей. Розроблена імітаційна модель для процесу проходження випадкової величини через статичну нелінійність. Проаналізували тимчасові і частотні характеристики процесу. Це дозволяє поставити задачу конструктивного, на рівні породжуючих механізмів, порівняльного аналізу реальних і синтезованих віртуальних розподілів ймовірностей для змінних входів і змінних стану КС.

## 2.5. Задачі ідентифікації розподілів ймовірностей комп'ютерних



системах

Задачі ідентифікації часових і частотних характеристик були і залишаються вагомим розділом фундаментальної і прикладної науки

Згідно завданню розроблено програмний модуль з стандартного статистичним аналізом. Нові методи аналізу і синтезу дозволяють створити програмні модулі для ідентифікації довільних Відмінність документу від аналогів – базовані на імітаційному моделюванні та теорії спостерігачів стану і параметрів процедури прямої оцінки надійності. На віртуальній реальності виконується експериментальна перевірка результатів ідентифікації випадкового процесу. Контроль і перевірки формуються подібно реальним даним -тестовим масивом, потім стандартними статистичними методами оцінюємо відповідні параметри. Порівнюємо те, що закладено у віртуальні статистичні дані з результатами статистичного аналізу.

Створення генератора даних. Використовуємо синтетичні тестові дані. За результатами цих даних ми потім можемо оцінити очікувану точність ідентифікації на реальних статистичних даних. Тестові дані імітуємо генератором випадкових чисел із заданим розподілом ймовірностей. Бажано використати реальну статистику завантаження певних класів обчислювальних систем (ОС). Однак це самостійна і нетривіальна задача, яку можна розв'язувати надійними перевіреними засобами. Тому ми використовуємо синтетичні тестові дані. Дані, на яких будемо проводити статистичний аналіз імітуємо генератором випадкових чисел с заданим розподілом імовірностей. Вводимо: початковий індекс масивів; розмір масиву даних  $N_d = 240$ ,  $m := 1..N_d$ . Функція  $\text{rnorm}(N, 0, 1)$  повертає  $N$  чисел, що розподілені за нормальним законом з середнім 0 і дисперсією 1. Записуємо рівняння для імітатора даних.

Параметри моделі:  $\text{intrc} := 8$ ,  $\text{slop} := 0.06$ ,  $\text{stdv} := 0.5$ ,  $w := 0.2$ ,  $\text{am} := 2$ ,  
 $\text{ash} := 4$ .

Оце сама модель даних, або генератор даних:

$$Vd_m := \text{intrc} + \text{slop} \cdot w \cdot m + a_m \cdot \sin(w \cdot m) + \text{ash} \cdot \text{rnorm}(1, 0, \text{stdv})_1 \cdot \text{nts}_1 \cdot \text{nts}_2 \cdot \text{nts}_3 \cdot \text{nts}_4$$

Робимо також «ідеальну» модель даних, без випадкової складової:

$$Vo_m := \text{intrc} + \text{slop} \cdot w \cdot m + a_m \cdot \sin(w \cdot m)$$

В пакеті (як і у всіх аналогах) є вбудовані функції для обчислення максимуму, мінімуму, середніх, середніх відхилень та ін. Кількість даних:

$$\text{length}(Vd) = 240$$

$$\text{min}(Vd) = 1.653 ; \text{mean}(Vd) = 9.486 ; \text{max}(Vd) = 15.777 \quad \text{median}(Vd) = 9.43$$

$$\text{var}(Vd) = 6.977 ; \quad \text{stdev}(Vd) = 2.641 ; \quad \sqrt{\text{var}(Vd)} = 2.641$$

Обчислення кореляції і регресії. Визначення лінійного тренда. В пакеті є вбудовані функції для обчислення мір зв'язку між даними.

Коефіцієнт кореляції характеризує інтенсивність лінійної залежності між "причиною" і "наслідком". Формуємо з наших даних "причину":  $X_m := w \cdot m$  і "наслідок":  $Y := Vd$

Визначаємо кореляцію для наших даних  $\text{corr}(X, Y) = 0.364$  - кореляція мала, але визначимо регресію, хоч вона в даному випадку малоінформативна.

Параметри регресії визначаються такими вбудованими функціями:

$$a1 := \text{slope}(X, Y) \quad a0 := \text{intercept}(X, Y)$$

Виводимо значення параметрів регресії:  $a0 = 7.81 ; a1 = 0.07 ;$

Записуємо рівняння регресії:  $f(x) := a0 + a1 \cdot x$ .  $\Downarrow$  порівнюємо  $\hat{f}$

Виводимо "істинні" значення параметрів:  $\text{intrc} = 8 , \text{slop} = 0.06$

Будуємо графік даних та статистичні характеристики.



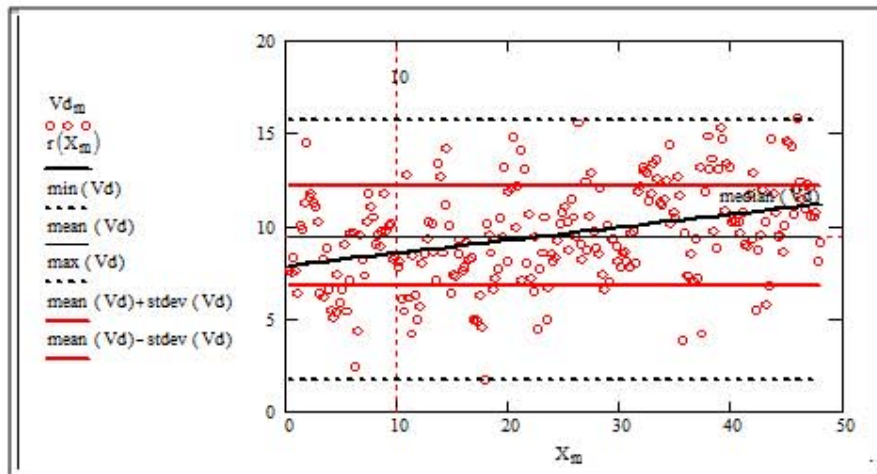


Рисунок 2.19 - Аналіз розкидів статистичних даних

Визначення періодичного (сезонного) тренду. Статистичні дані крім лінійної (приблизно) детермінованої складової часто мають періодичну – «сезонну» складову. Сезонним трендом (умовно) будемо вважати періодичні коливання потоку завдань не тільки з періодом один рік, але й щомісячні, щотижневі, щодобові. Виділити періодичну складову можна:

а) за допомогою вбудованої функції "синусоїдальна регресія" (розглянуто далі);

б) за допомогою функції згладжування

Визначення сезонного тренду за допомогою згладжування. Використовуємо вбудовану функцію згладжування, що бере вектори значень незалежної змінної  $X$ , функції  $Vd$  і значення параметру згладжування. Підставляємо наші дані:

$$Vsg := ksmooth(X, Vd, sgl),$$

Змінюючи параметр  $sgl \equiv 3$ , можливо підібрати оптимальне згладжування. Між іншим «глазомірний аналіз» має великі переваги над автоматичними процедурами.

Визначення сезонного тренду за допомогою синусоїдальної регресії. Теоретична модель синусоїдальної регресії:  $y = a \cdot \sin(x + b) + c$  має три параметри:  $a$ ,  $b$ ,  $c$ . Визначення цих параметрів може бути виконане за

допомогою вбудованих функцій `sinfit` або `genfit`. В додатку 2 детально розглянута процедура ідентифікації.

Виділення складових в статичних даних. Віднімемо з статистичних даних  $Y$  лінійний тренд  $r(x) = a_0 + a_1 \cdot x$  та сезонний тренд:

$Vsg =$  "процедура сглажування, або синусоїдальної регресії"

(вище вектор значень незалежної змінної - часу, означено ерез  $X$ , а вектор даних - попит у відповідні моменти часу  $Vd$ , через  $Y$ ). Те, що залишиться - чисто випадкова складова (гіпотеза):

$$Vyp_m := Y_m - r(X_m) \cdot 0 - Vsg_m \quad (2.17)$$

Для визначення сезонного тренду за допомогою функції `sinfi(■)`

приводимо дані до теоретичної моделі, а саме: - виключаємо лінійний тренд:

$$Y_o_m := Y_m - r(X_m) ;$$

- задаємо початкові значення для пошукової процедури  $Grs := (6 \ 1 \ 4)^T$  ;

- визначаємо оптимальні параметри для теоретичної моделі  $Ers := \text{sinfi}(X, Y_o, Grs)$  .

Маємо:  $Ers^T = (1.84 \ -0.08 \ -0.01)$  . Підставляємо параметри в теоретичну модель і отримуємо рівняння сезонного тренду

$$yrs(x) := Ers_1 \cdot \sin(x + Ers_2) + Ers_3 \quad (2.18)$$

Будуємо графіки, аналізуємо і порівнюємо результати ідентифікації. (рис. 2.20).

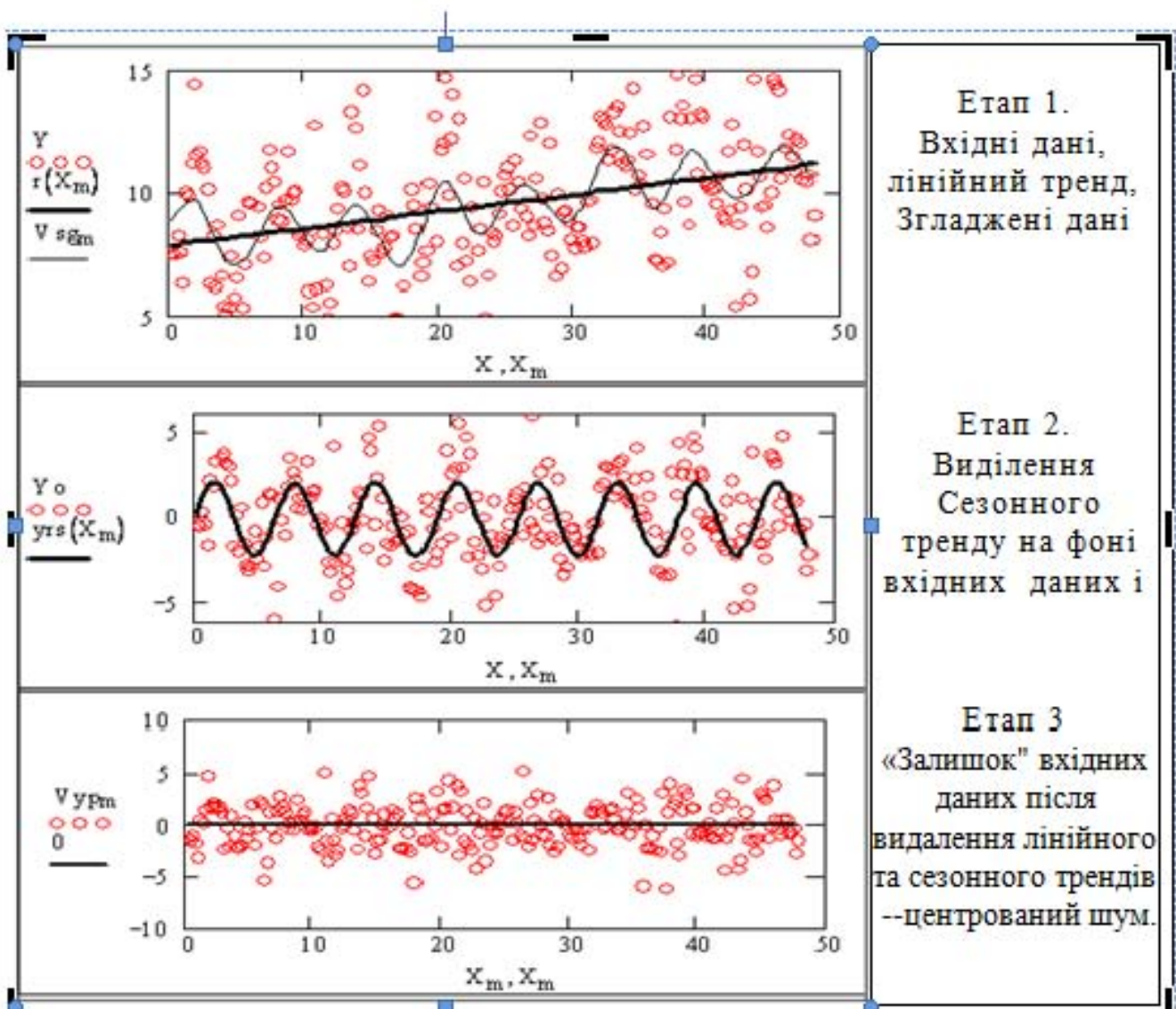


Рисунок 2.20 - Стадії аналізу статистичних даних

На першому графіку подано лінійний тренд і згладжену залежність на фоні вхідних даних. На другому графіку подані сезонний тренд на фоні вхідних даних, з яких видалений лінійний тренд. Амплітуда тренда  $E_{rs} = 1.84$ . Амплітуда моделі  $a_m = 2$ . На третьому графіку подано "залишок" вхідних даних після видалення лінійного та сезонного трендів. Якщо дані відповідають моделі, то це центрований шум  $mean(V_{up}) = -0.01$ .

Ідентифікація частотного розподілу випадкової складової. Для ідентифікації бажано знати клас розподіл випадкової величини. Знання частотного розподілу дозволяє зменшити витрати на забезпечення резерву пікових навантаження обчислювальної системи.



Обчислення гістограми - емпіричного частотного розподілу. В пакеті є вбудовані функції для обчислення гістограми. Вони мають такі формати:

`histogram(число_інтервалів, вектор_даних),`

`hist(вектор_інтервалів, вектор_даних).`

Задаємо кількість тестових даних  $N_d \equiv 240$  (саме це число використовується в генераторі даних -на початку документу), кількість інтервалів (правило: в інтервал повинно попадати не менше 7-10 чисел)  $kin := 13$  і обчислюємо гістограми для вхідних даних: `Rzp := histogram(kin, Vd)` та для випадкової складової `Rzpo := histogram(kin, Vyp)`. Будуємо графіки частотних розподілів( рис. 2.21)

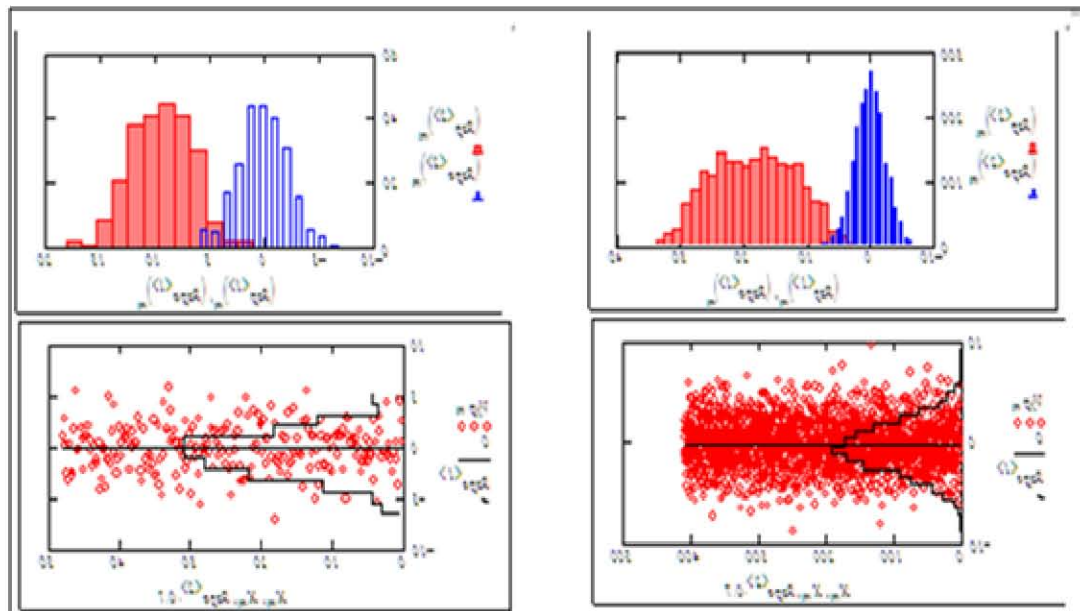


Рисунок 2.21 - Вплив обсягу вибірки на результати аналізу

Якщо статистика випадкових даних - гаусівська, то чим більше обсяг даних, тим більше чіткими, детермінованими стають статистичні характеристики - середні, частотні розподіли. Ці копії екрану - експериментальне підтвердження цьому: наліво - вибірка в 2000 крапок, справа - 240 крапок.

Ідентифікація частотного розподілу. Суть ідентифікації частотного розподілу: маємо: - емпіричний частотний розподіл - гістограму; - гіпотезу



про теоретичний розподіл - "істинний", але замаскований випадковими "шумами". Потрібно знайти параметри теоретичного розподілу, які мінімізують критерій відхилення гістограми від теоретичного розподілу.

1. Задаємо вхідні дані  $ORIGIN := 1$ ;  $MD^{(1)} := Rzpo^{(1)}$ ;  
 $MD^{(2)} := Rzpo^{(2)} \div Nd$  та теоретичний розподіл  $ter(x, mu, sgm) := dnorm(x, mu, sgm)$ ;  
 Крок :=  $MD_{2,1} - MD_{1,1}$ .

2. Задаємо кількість точок апроксимації і початкові значення параметрів, що оптимізуються:  $n := rows(MD)$ ;  $n = 13$ ;  $q := 1..n$ ;  $mu := 0$ ;  
 $sgm := 1$

3. Записуємо задачу оптимізації (вибираємо надійний метод `minerr`). Після слова `Given` записуємо умови - рівняння, нерівності та(ми вибрали надійний метод):

$$\text{Given } \sum_{q=1}^n (1.0 \cdot MD_{q,2} - ter(MD_{q,1}, mu, sgm))^2 = 0 ; \quad sgm > 0 .$$

Після рівнянь записуємо функцію `Minerr()`:  
 $IdeNrm(MD) := MinErr(mu, sgm)$ .

Виводимо результати  $muo := IdeNrm(MD)_1$ ;  $sgmo := IdeNrm(MD)_2$  - оптимальні значення параметрів: середнє  $muo = -0.13$ ; стандартне відхилення  $sgmo = 2.04$ . Будуємо графіки:  $rte(t) := ter(t, muo, sgmo) \cdot \text{Крок}$ ;  $t := 1..n$ .

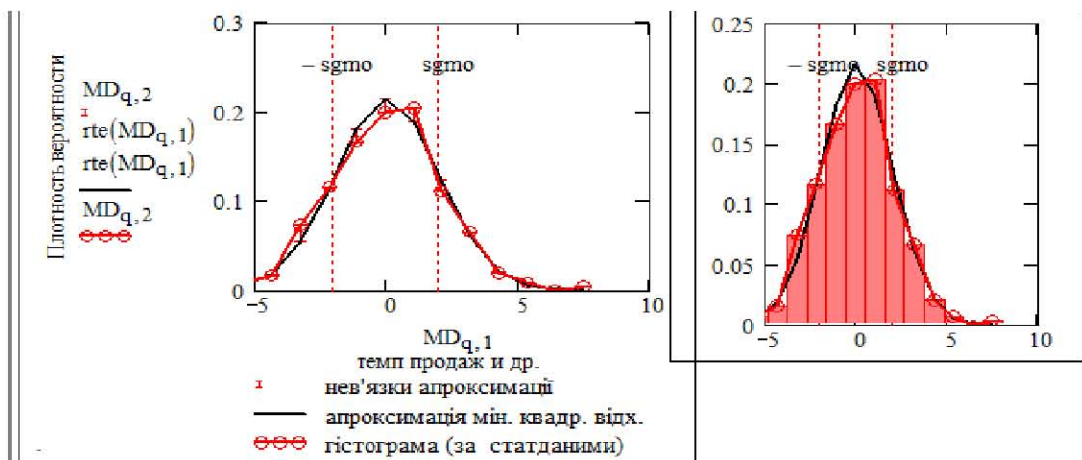


Рисунок 2.23 - Ідентифікація розподілу випадкової складової

Підсумки аналізу: надійність даних статистичного аналізу. Методи і моделі прогнозування звичайно перевіряють на минулому, коли реалізація процесу функціонування системи за певний період відбулась. Ми розраховуємо прогноз, наприклад, для 2000 - 2020 років і порівнюємо з реальністю. Робимо висновки, обережно, тому що "реальні дані" можуть бути викривленими.

Ми взяли для аналізу синтезовані тестові дані - заклали в них тренди, імовірності та ін. Статистичні функції математичного пакету повинні були знайти в цих даних закладені тренди та дисперсії. Перевіримо, наскільки точно методи імовірнісного моделювання та класичної статистики дозволяють ідентифікувати "сховані" в даних механізми, що породжують емпіричні дані, які доступні для спостереження і вимірювання. Зводимо разом, для порівняння "входи" - тестові дані і "виходи" результати.

"Сховано" в моделі даних такі параметри:  $\boxed{\text{intrc} = 8}$  ;  $\boxed{\text{slop} = 0.06}$  ;  $\boxed{\text{stdv} = 0.5}$  .

Однак, наша ціль - не разовий розрахунок параметрів частотного розподілу, а функція користувача, яку можна використовувати в програмах моделювання та оптимізації. В цьому плані зроблено перший крок: ми визначили через блок розв'язання функцію користувача, що бере гістограму і повертає параметри нормального розподілу, що з мінімальною помилкою наближують гістограму. Тестуємо цю функцію:

$$\text{MD2}^{\langle 1 \rangle} := \text{Rzpo}^{\langle 1 \rangle} ; \text{MD2}^{\langle 2 \rangle} := \text{Rzpo}^{\langle 2 \rangle} \div \text{Nd} \quad \text{IdeNrm}(\text{MD2}) = \begin{pmatrix} -0 \\ 1.99 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \text{"середне"} \\ \text{"дисперсія"} \end{pmatrix}$$

Наступні кроки: функція повинна брати неагреговані дані, різні теоретичні розподіли і повертати їх параметри. Можна ввести і обчислення критерія Пірсона та ін.  $\boxed{\text{intrc} = 8}$  ;  $\boxed{\text{slop} = 0.06}$  ;  $\boxed{\text{stdv} = 0.5}$  .

Порівняємо результати статистичного аналізу на декількох реалізаціях випадкового процесу. Змістовно реалізаціями можуть бути дані за три доби роботи КМ.

$$\boxed{\text{intercep}(X, Y) = 8.2} ; \boxed{\text{slope}(X, Y) = 0.058} ; \boxed{\text{sgmo} \div \text{ash} = 0.51} .$$

## 2.6 Висновки по розділу

Розроблені моделі і програми для рішення задач зроблені класифікації комп'ютерних систем, моделей комп'ютерних систем, перетворень розподілів імовірностей випадкових процесів, невизначеностей та ризиків. Вибрано орієнтований на ідентифікацію причин аналіз ризиків і розроблені базові модулі для імітаційних моделей комп'ютерних систем

В розділі проаналізовано, вибрано і побудовано моделі і програмні модулі потрібних для поставлених в роботі цілей:

- аналіз джерел ризиків в сучасних системах виробництва і обслуговування;
- аналіз особливостей прогнозування на базі імітаційних моделей;
- розробка модулів для моделей статички і динаміки систем обслуговування;
- аналіз і розробка модулів нелінійних перетворень випадкових процесів.

В цілому виконаний аналіз і розробка функціональних компонентів створив основу для побудови підсистем управління КС обслуговування при невизначеностях. .

## 3 РОЗРОБКА І ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛІЗУ НЕВИЗНАЧЕНОСТЕЙ І ЗБУРЕНЬ СИСТЕМИ ОБСЛУГОВУВАННЯ

Дослідження стану проблеми невизначеностей виконане в розділі 1, аналіз і розробка окремих моделей і програмних дозволили виділити нові, актуальні і складні проблеми, що можуть бути вирішені ефективними методами імітаційного моделювання і оптимального агрегування.

### 3.1 Постановка задачі оптимального агрегування стохастичних систем

Базова характеристика будь-якого засобу виробництва чи обслуговування – функція класу «витрати, випуск». Випуск продуктів споживання, технічних систем і засобів, продуктів промислового призначення все це оцінюється, продається відповідно показників витри виробництва, використанні і випуску продукції з певною ціною і цінністю. Все це має ризики конкуренції, надійності і якості та інших численних показників. Тому потрібні ефективні моделі і методи оцінювання надійності і ефективності елементів виробничих систем.x етапах життєвого циклу, а також алізу і

Задано номінальні функції виробництва ФВ усіх виробничих елементів виробничої системи – не строго монотонні і позитивні обмежені функції обмеженого аргументу «ресурси».

$$f(i, x_i, Vf_i), \quad i = 1..N \quad (3.1)$$

де  $i$  – індекс елемента в системі, визначає параметричний клас ФВ;

$x_i$  – обсяг ресурсу для  $i$ -го елемента;

$Vf_i$  – вектор параметрів  $i$ -го елемента.

Задані для кожного елемента функції розподілу ймовірностей:

$$d(i, x_i, Vd(x_i)) \quad (3.2)$$

де  $d(\blacksquare)$  – функція розподілу ймовірностей для кожного (на сітці значень) значення ресурсу  $x_i$ ;

$Vd(x_i)$  – вектор параметрів розподілу.

Маємо систему розподілів ймовірностей, прив'язану до значень аргументу  $x$  – обсяг ресурсу. Візьмемо таку інтерпретацію формальної моделі. Окремий випадок: спрощена модель, що має постійний розподіл ймовірностей –  $d(i, x_i, Vd)$ .

Схема процесу отримання розподілу ймовірностей для оптимальної еквівалентної ФВ виробничої системи. Маємо набір елементів, кожен з яких видає випадкове число з детермінованим середнім та випадковим –



центрованою випадковою величиною з розподілом і параметрами, залежними від входу – обсягу ресурсу  $x_i$ .

$$\begin{aligned} y_i &= f(i, x_i, Vf_i) + rd(i, x_i, Vd(x_i)) \\ xop &= OpsN \end{aligned} \quad (3.3)$$

де  $rd(\bullet)$  – функція, що видає випадкове число з заданим розподілом ймовірностей;  $OpsN$  – функція користувача, оператор оптимального агрегування, що повертає еквівалентну оптимальну ФВ системи: вектор значень  $xop_1$  – та вектор-функцію оптимального розподілу ресурсу, матрицю значень  $xop_2$  – вектор значень для кожного значення сумарного ресурсу:  $X_k = \Delta X \cdot k, k:=1..Kt; \Delta X = zn$ .

Оптимальні частки ресурсу для кожного елемента визначаються:

$$x_{i,k} = (xop_2)_{i,k} \cdot X_k \quad (3.4)$$

Оператор оптимального агрегування повертає нормовані значення розподілу ресурсів. В даному випадку маємо дві альтернативи до аналізу впливу невизначеностей:

- пасивний: вважаємо випадкові відхилення значень ФВ елементів такі, що не вимірюються і не прогнозуються, а оптимальний розподіл визначаємо для номінальних значень ФВ (Функції Виробництва);

- активний: вважаємо випадкові відхилення значень ФВ елементів вимірюються і прогнозуються, і оптимальний розподіл ресурсу визначаємо для цих значень ФВ;

Знаходимо сумарне виробництво:

$$Yop_{\Sigma} = \sum_{i=1}^N y_{i,k} \quad (3.5)$$

Повторюємо цей процес для утворення потрібної вибірки. В результаті для заданих ФВ та їх розподілів ймовірності отримуємо розподіл ймовірностей для розподілу ймовірностей сумарного виробництва.

Збираємо всі операції в параметризований модуль і отримуємо оператор, що буде для адитивної функції від незалежних випадкових

величин, заданими розподілами ймовірностей систему розподілів ймовірностей сумарного виробництва за умови оптимального розподілу ресурсу. Аналог отриманого результату – розподіл суми випадкових величин з довільними розподілами. Відомо, що при виконанні умови обмеженості дисперсій такий розподіл швидко сходиться до нормального. Дана розробка – нова область: отримуємо функцію користувача з вбудованою оптимізацією і нелінійними перетвореннями випадкових величин.

Для отримання робочих програм спочатку будемо і досліджуємо робочі моделі модулів для детермінованої задачі. Після цього реалізуємо в робочих моделях розглянуту вище схему аналізу впливу невизначеностей для оптимізованої системи з паралельно працюючими елементами (багатоканальну СМО).

### 3.2 Розробка модуля оптимального агрегування

Розширення задачі. Введемо вектор-функцію оптимального розподілу ресурсу  $Dop(R)$ ,  $0 \leq R \leq Rmax$ , де  $Rmax$  – максимальне значення обмеження. Це вектор-функція, компоненти якої задають оптимальний по критерію сумарного виробництва розподіл заданої кількості ресурсу [ 8] .

Функція  $Dop(R)$  для припустимих виробничих функцій має такі властивості:

$$\sum_{i=1}^N Dop(R)_i = R - \text{баланс ресурсу}; Dop(R)_i \geq 0; i \in 1, \dots, N.$$

Введемо оптимальну еквівалентну функцію виробництва системи:

$$Y_{op}(R) = \sum_{i=1}^N f_i(Dop(R)_i) \quad (3.6)$$

Функція  $Y_{op}(R)$  для кожного значення обмеження по ресурсу  $R$  задає максимальну продуктивність перетворення ресурсу в продукт. Наприклад, максимум обслуговування заявок при даному обмеженні ресурсів, Подаємо формулювання узагальненої оптимізаційної задачі. Задано  $N$  виробничих підсистем з відповідними ФВ, адитивне обмеження по ресурсу і адитивний критерій – сумарне виробництво; треба знайти оптимальну виробничу функцію системи  $Y_{op}(R)$  і вектор-функцію оптимального розподілу ресурсу  $Dop(R)$ . Створюємо "бібліотеку" математичних моделей для типових технологічних залежностей «витрати-випуск» виробничих функцій.

$$\text{Ступенева: } F1(x, A, w, s) \equiv 1A \cdot x^{10w}; \quad (3.7)$$

$$\text{Логарифмічна: } F2(x, A, w, s) \equiv 1.5A \cdot \ln(x + 1) \quad (3.8)$$

$$\text{Експоненційна: } F3(x, A, w, s) \equiv 10 \cdot A \cdot (1 - e^{-w \cdot x}) \quad (3.9)$$

$$\text{Увігнуто-виукла функція): (S- } F4(x, A, w, s) \equiv 10 \cdot A \cdot (1 - e^{-w \cdot x})^s \quad (3.10)$$

Лінійна з обмеженням і порогом витрат функції

$$F5(x, A, w, s) := \begin{cases} 10w \cdot x & \text{if } 10w \cdot x < 10A \\ 10A & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3.11)$$

Лінійна з обмеженням

де  $x$  – обсяг ресурсу;  $a$ ,  $w$ ,  $s$  – параметри функцій

$$F6(x, A, w, s) := \begin{cases} 0 & \text{if } 0 \leq x < 2s \\ 10Aw \cdot (x - 2s) & \text{if } 0 \leq x - 2s < 1 \div w \\ 10A & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3.12)$$

Ступінчаста (дискретні вироби):

$$F7(x, A, es, ls) := 10 \min(\text{trunc}(x \div ls) \cdot es \cdot ls, A) \quad (3.13)$$

Параметри ступінчастої функції:  $A$  – максимальне значення;  $es$  – ефективність інвестиції;  $ls$  – величина "кванта інвестування" (вартість "верстата").

Звернемо увагу на визначення ФВ – ступінчасті, кусочно-лінійні: методи оптимального агрегування більше, ніж тільки метод нелінійного програмування. Переваги нової методології: відсутність пошукових процедур оптимізації: багатовимірна задача оптимізації замінюється системою одновимірних, кожна з яких обчислюється в режимі векторизації. Результат – обчислювальні витрати з ростом розмірності задачі оптимізації зростають не більше ніж лінійно [8]. Природне питання – чому спеціалісти і корпорації не переходять на інноваційний метод. Відповідь: гарантовано стануть непотрібні існуючі програмні продукти, В США для багатьох продуктів виробництва крім ціни продажу додається сертифікат цінності продукту для споживача. Тобто не витрати, а цінність визначає ціну продажу, а собівартість – справа технологів і конструкторів.

Виробничі функції – технологічна категорія, а їх вимірювання подвоєння в грошових одиницях – ситуативна умовність. Дійсно, порівняємо дві ситуації:

Використаємо метод оптимального агрегування [12]. Введемо множину функцій:

$$f\alpha(f1, f2, \alpha, x) := f1(\alpha \cdot x) + f2[(1 - \alpha) \cdot x] \quad (3.14)$$

Оптимальна виробнича функція системи з двох елементів є огинаючою системи функцій  $f\alpha(f1, f2, \alpha, x)$ ,  $0 \leq \alpha \leq 1$ , тобто результатом застосування операції  $\max(\dots)$ , яка є асоціативною і комутативною. Майже очевидно, що для виробничої системи з критерієм "сумарне виробництво", оптимальна виробнича функція  $FopN(f1, f2, \dots, fN)$  має місце властивість:

$$Fop3(f1, f2, f3) = Fop2(f1, Fop2(f2, f3)), \quad (3.15)$$

що є наслідком виконання принципу оптимальності (у Беллмана принцип оптимальності застосовується в часі – по крокам процесу, а в даному випадку



– в просторі, по елементах системи). Альтернативи побудови модуля агрегування:

- модуль бере пару неперервних функцій і повертає неперервні функції;
- бере пару дискретних функцій і повертає дискретні функції.

В даному випадку вибрано другу альтернативу. Обґрунтування: модуль простіший і обчислювально-ефективніший. Далі слід вибрати форму подання виробничих функцій елементів: – для функцій одного параметричного класу – в модуль передаються тільки вектори параметрів ВФ елементів;

- функцій різних параметричних класів – з передачею в модуль векторів параметрів і параметра класу ВФ;

- з передачею імен ВФ елементів і векторів параметрів;

- повністю визначених в головній програмі ВФ елементів з передачею в модуль тільки імен ВФ. Обґрунтування: простота програмного модуля.

В практиці використання методів оптимального агрегування виникає необхідність в розробці бінарних операторів оптимального агрегування для нових актуальних ресурсних структур. На даний час [моногр ДДБор] розроблені бінарні оператори для паралельних, послідовних, циклічних ресурсних структур. Однак виникають нові технічні системи і нові задачі управління і контролю. Раціонально виконувати розробки програмного модуля розробкам реальної системи. Світовий досвід показав, що цій області аутсорсінг «індійським програмістам» не гарантує якісної розробки програм управління процесами виробництва, постачання, обслуговування.

Далі подано специфічні етапи розробки. Третій рівень вибору – дискретизації задачі оптимального агрегування. Число точок дискретизації функцій класу «витрати, випуск» залежить від функцій модуля, в якому виконується оптимальне агрегування.

Подамо програмний модуль  $bolv(v, Ns)$  для нормування матриць даних:

$$bolv(v, Ns) := \begin{array}{|l} blv \leftarrow v \\ \text{for } n \in 2.. Ns \\ blv \leftarrow augment(blv, v) \end{array} \quad (3.16)$$

Задаємо параметр  $Ns:=16$  – максимальну розмірність системи – кількість елементів. Робимо модуль, що розраховує черговий оптимальний розподіл ресурсу при черговому кроці агрегування. Замість подвійного циклу використовуємо векторизацію – це набагато прискорює обчислення.

$$\begin{array}{l}
 \text{dop}(rp,ra) := \left\{ \begin{array}{l}
 \text{kok} \leftarrow \text{cols}(rp) \\
 \text{kto} \leftarrow \text{rows}(rp) \\
 \text{zag} \leftarrow \text{bolv}(ra,Ns) \\
 \text{stok} \leftarrow \text{submatrix}(\text{zag},1,\text{kto},1,k) \\
 \xrightarrow{\hspace{1cm}} \\
 \text{nrzp} \leftarrow (rp \cdot \text{stok}) \\
 \text{nrzp}
 \end{array} \right. \quad (3.17)
 \end{array}$$


---

Тепер можемо зробити центральну програму нашого методу –  $f2o$ , яка бере два масиви, що описують виробничі функції елементів (все одно – монолітних чи агрегованих), і повертає масив, що описує оптимальну виробничу функцію та відповідну вектор-функцію оптимального розподілу ресурсу.

На рисунку 3.1 подано текст підпрограми оптимізації розподілу ресурсу.

```

f2o (mf1 , mf2) :=
Xto ← rows (mf1)
dλ ← 1 ÷ Xto
klev ← cols (mf1)
kpva ← cols (mf2)
rlev ← submatrix (mf1 , 1 , Xto , 2 , klev)
rpva ← submatrix (mf2 , 1 , Xto , 2 , kpva)
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(i) ← stack (mak , jm dλ)
Vyx ← VyxodT
rnlev ← dop (rlev , Vyx(2))
rnpva ← dop [rpva , (1 - Vyx(2))]
Vyvd ← augment (Vyx(1) , rnlev , rnpva)

```

Рисунок 3.1 – Текст підпрограми оптимального розподілу ресурсу

Дослідження оптимального агрегування. Згідно принципу оптимальності (а він виконується для нашої задачі), скільки б ресурсу не виділялося в розвиток виробництва – цей ресурс повинен розподілятися оптимально. Обчислимо функції розподілу ресурсу між окремими продуктами чи виробництвами. Для нашого методу оптимального агрегування необхідно подати функції розвитку (ФР) в дискретному виді – як певні масиви. Задаємо: діапазон зміни обмеження по ресурсу  $R_{ma} := 150$ , кількість точок обчислення ФР  $K_{to} := 200$ , крок квантування ресурсу

$dx := Rma \div Kto$ ; ранжовану змінну  $n := 1..Kto$ ; формальну функцію оптимального розподілу ресурсу в одноелементній системі  $r0_n := 1$ .

Параметри елементів системи:

$A1:=1.; W1:=0.3; S1:=6; A2:=12.; W2:=0.16; S2:=6;$

$A3:=1.4; W3:=0.10; S3:=6; A4:=1.6; W4:=0.06; S4:=6;$

$A5:=1.6; W5:=0.03; S5:=8; A6:=1.7; es:=00.3; ls:=1.$

Формуємо відповідні масиви:

$fo1_n:=F4(n \cdot dx, A1, W1, S1); ffo2_n:=F4(n \cdot dx, A2, W2, S2) - 0.03n \cdot dx;$

$fo3_n:=F4(n \cdot dx, A3, W3, S3); fo4_n:=F4(n \cdot dx, A4, W4, S4);$

$fo5_n:=F6(n \cdot dx, A5, W5, S5); fo6_n:=F7(n \cdot dx, A6, es, ls);$

$f1 := augment(fo1, r0); f2 := augment(ffo2, r0); f3 := augment(fo3, r0).$

$f4 := augment(fo4, r0); f5 := augment(fo5, r0); f6 := augment(fo6, r0).$

Візуальний аналіз: дослідимо типові функції "витрати – випуск" і результати їх попарного агрегування. Можна в це дерево додавати функції розвитку – скільки потрібно. Запишемо формулу агрегування в звичайній формі:

$$Ops3 := f2o(f1, f2o(f2, f3)). \quad (3.18)$$

На рисунку 3.2 подано приклад обчислення функцій оптимального розподілу ресурсів в функції величини обмеження сумарного ресурсу між 4-ма підсистемами. Розподіл подано в нормованій формі  $(0, 1)$ , графіки побудовані в прирощеннях. Таким чином ми бачимо безрозмірні частки ресурсу по кожній підсистемі.

Бачимо специфіку розподілу – розривність розподілів ресурсу. Побічний факт: оптимальні розподіли ресурсів розривні – класичні і нероінтелектуальні методи оптимізації для таких задач непридатні – вони пошукові і потребують гладких, випуклих функцій.



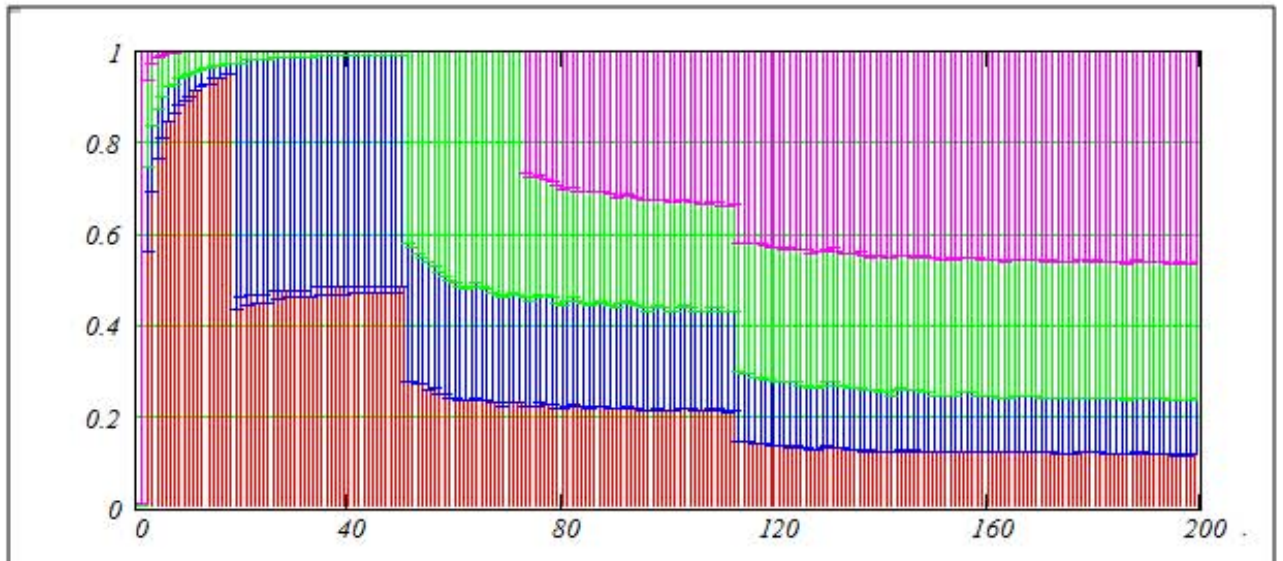


Рисунок 3.2 – Результат оптимального агрегування системи з 4-ьох елементів

На рис. 3.3 подано результати оптимального агрегування тестового прикладу в числовій формі. Виведено разом: – структурну формулу агрегування і поетапні результати послідовного застосування оператора  $f_{20}$  до тестової задачі розглянутої вище (масиви подано в скороченому вигляді – вони мають по 128 рядків).

На рисунку 3.3 подано приклад структури даних по кроках оптимального агрегування системи з чотирьох елементів.

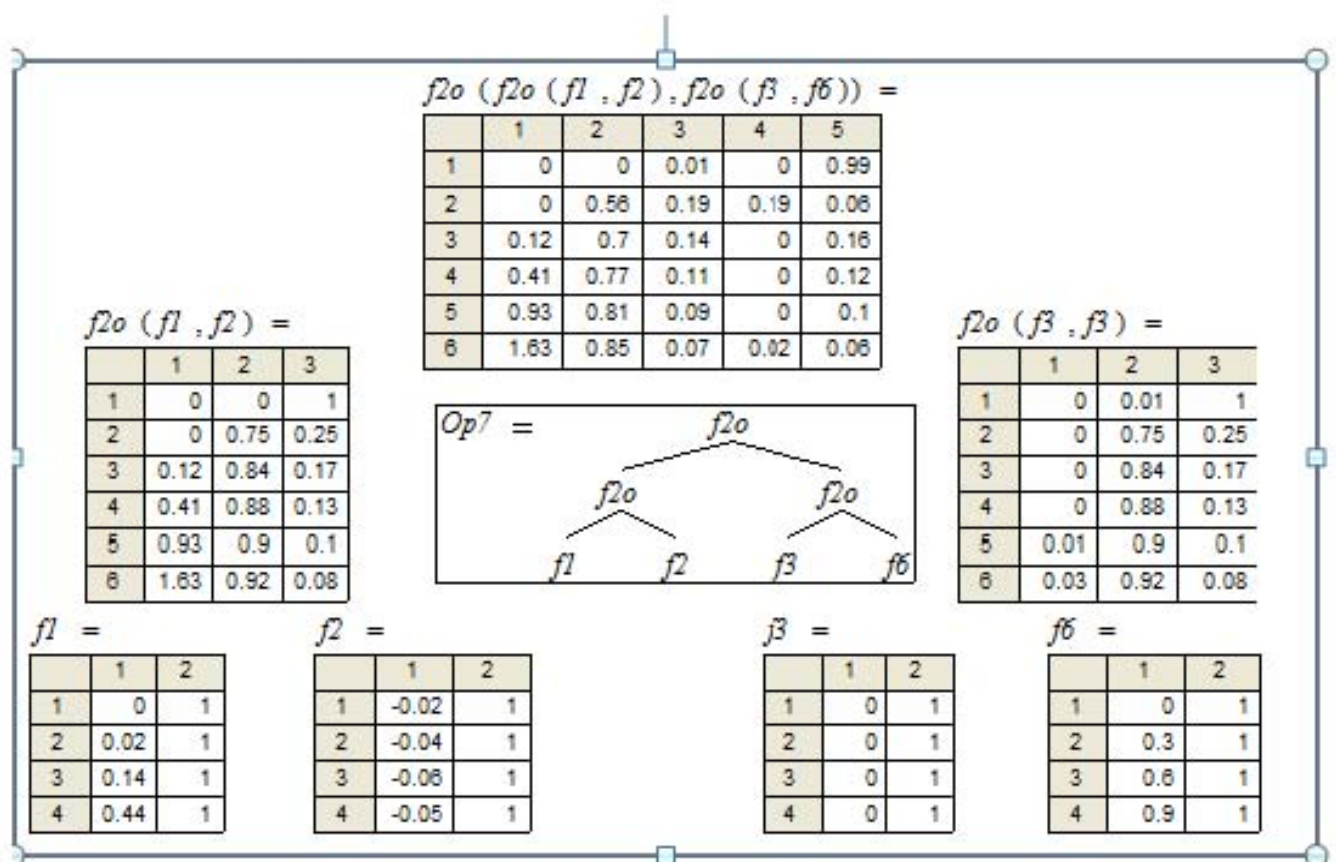


Рисунок 3.3 – Структури даних по кроках оптимального агрегування системи з чотирьох елементів (приклад)

Аналіз впливу розкидів для оптимально агрегованої системи. Подаємо черговий приклад побудови модуля для «що буде якщо аналізу» – черговий крок в побудові узагальненої моделі ризиків оптимально агрегованої виробничої системи. Крім того, це важливий елемент для користувачів-спеціалістів. Спеціалістам потрібні відкриті системи, де кожен крок кінцевого висновку можна перевірити розрахунками, активно проаналізувати. Модуль для аналізу впливу розкидів має і самостійне значення, коли розподіли ймовірностей невідомі, аналіз ризиків виконують на базі оцінок ризиків.

На рисунку 3.4 подано інтерфейс для аналізу впливу розкидів оптимально агрегованих систем. Послідовно подані робочі формули оптимального агрегування, вхідні розкиди і розкид оптимально агрегованої системи. Друга частина інтерфейсу – це активний аналіз впливу розкидів:

якщо розкиди можуть бути апріорно виміряні, то можна обчислити оптимальне управління для збуреної виробничої системи.

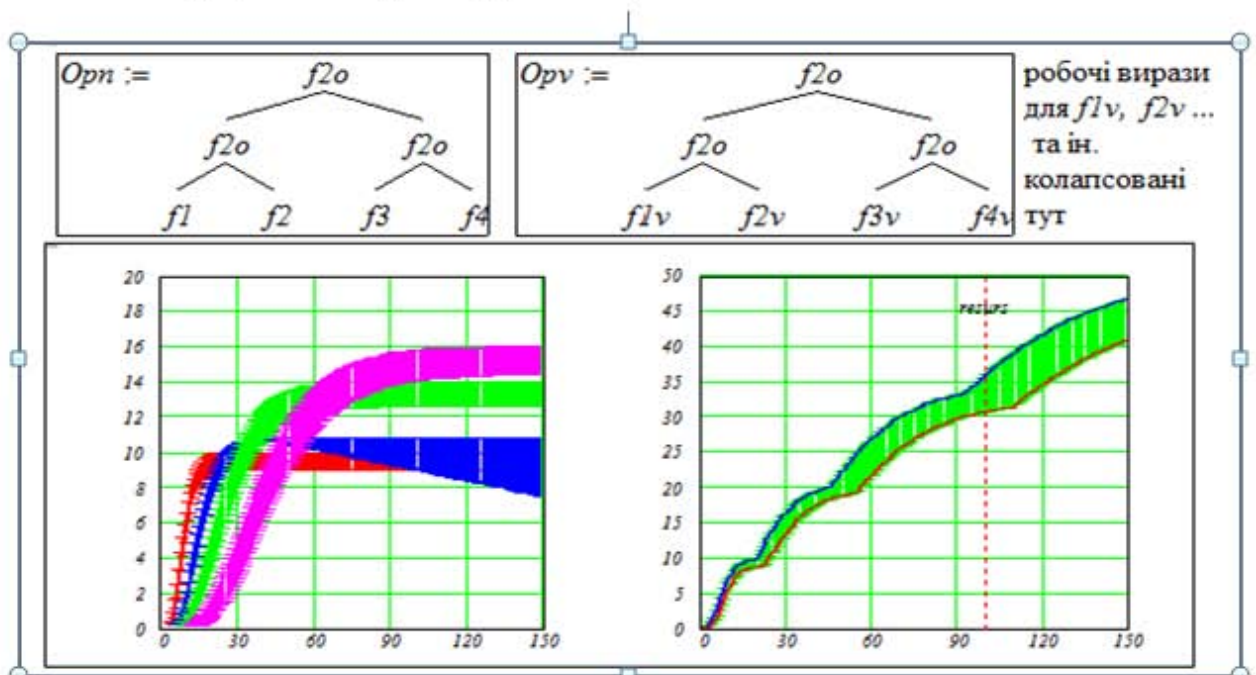
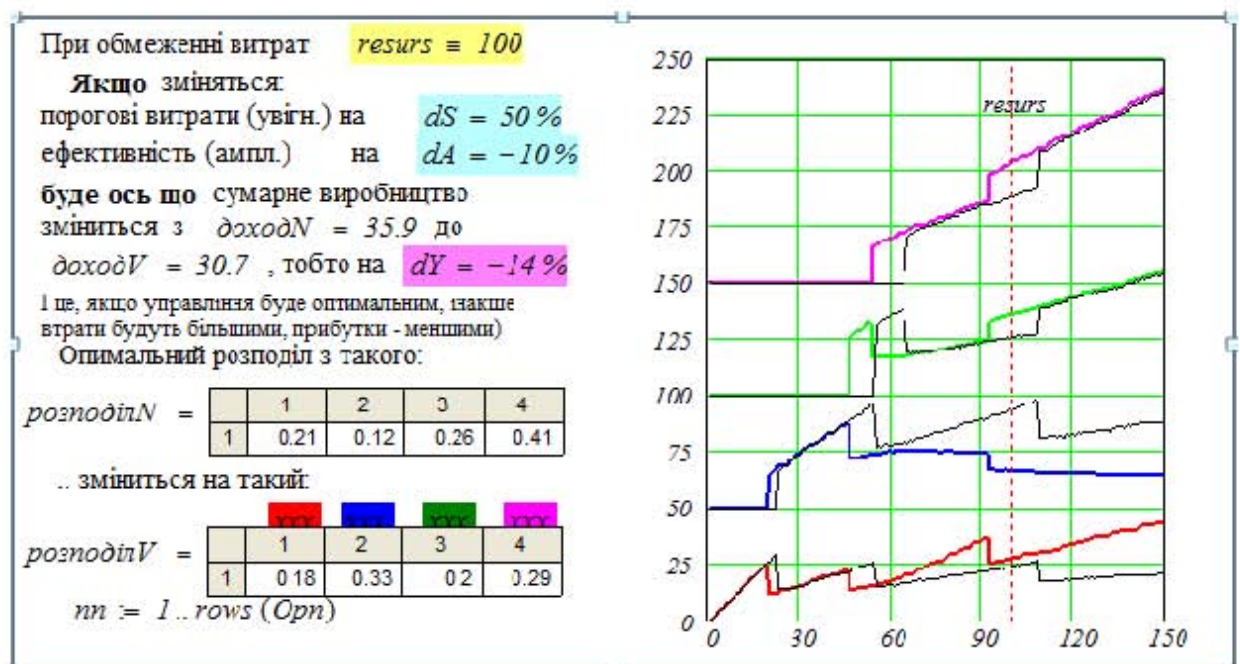


Рисунок 3.4 – Аналіз впливу розкидів параметрів оптимально агрегованої системи на оптимальну еквівалентну функцію системи

Вводимо варіації "амплітуди":  $VA:=0.9$  та "увігнутості":  $VS:=1.5$ . Ціна ресурсу:  $Cin:=0.00$  і обмеження по ресурсу  $resurs = 100$ .

На рисунку 3.5 подана друга сторінка інтерфейсу: вплив розкидів параметрів на функції оптимального розподілу ресурсу.





### Рисунок 3.5 – Зміна оптимального управління при варіації параметрів

Теоретичні основи згортки розподілів ймовірностей. Цей підрозділ – база для узагальнення і порівняння нових задач згортки розподілів – нелінійних і оптимальних.

Хай  $\xi_1, \xi_2$  – дві випадкові величини з "густиною" сумісного розподілу  $f_{\xi_1 \xi_2}(x_1, x_2)$  і задана борелевська функція  $g: R^2 \Rightarrow R$  (відображення двовимірної множини в одновимірну). Потрібно знайти функцію (а якщо існує, то і "щільність") розподілу випадкової величини  $\eta = g(\xi_1, \xi_2)$ .

Користуючись тим, що ймовірність випадковому вектору потрапити в деяку область можна обчислити як об'єм під графіком щільності розподілу вектора над цією областю, сформулюємо твердження.

Теорема: Нехай  $x \in R$  і область  $D_x \subseteq R^2$  складається з точок таких, що  $g(\xi_1, \xi_2) < x$ . Тоді випадкова величина  $\eta = g(\xi_1, \xi_2)$  має функцію розподілу:

$$F\eta(x) = P(g(\xi_1, \xi_2) < x) = P[(\xi_1, \xi_2) \in D_x] = \int_{D_{x1}} \int_{D_{x2}} f_{\xi_1 \xi_2}(x_1, x_2) dx_1 dx_2 \quad (3.19)$$

Далі припускаємо, що випадкові величини  $\xi_1, \xi_2$  і тобто

$$f_{\xi_1 \xi_2}(x_1, x_2) = f_{\xi_1}(x_1) \cdot f_{\xi_2}(x_2). \quad (3.20)$$

В цьому випадку розподіл величини  $g(\xi_1, \xi_2)$  повністю визначається розподілами величин  $\xi_1, \xi_2$ .

Формула згортки: якщо випадкові величини  $\xi_1, \xi_2$  незалежні і мають абсолютно неперервні розподіли з щільностями  $f_{\xi_1}(x_1)$  та  $f_{\xi_2}(x_2)$ , то щільність розподілу суми  $\xi_1 + \xi_2$  рівна згортці щільностей  $f_{\xi_1}(x_1)$  і  $f_{\xi_2}(x_2)$ :

$$f_{\xi_1 + \xi_2}(t) = \int_{-\infty}^{\infty} f_{\xi_1}(u) \cdot f_{\xi_2}(t-u) du = \int_{-\infty}^{\infty} f_{\xi_2}(t) \cdot f_{\xi_1}(t-u) du \quad (3.21)$$

"Згортка" – бінарний оператор, що бере два об'єкти – розподіли ймовірностей і повертає об'єкт того ж класу – розподіл ймовірностей. Неважко перевірити, що оператор згортки – асоціативний і комутативний. Доведення формули згортки базується на теоремі і перетвореннях подвійного інтегралу. Типова задача в дослідженні стохастичних систем – проходження сигналу (поток) з певним розподілом ймовірностей  $f_1(x)$  через ймовірнісний перетворювач з певним розподілом  $f_2(x)$ . Розподіл на виході теж визначається згорткою.

Формування стохастичних функції виробництва для випадку стандартних розподілів ймовірностей. У відповідність кожній точці ФВ – залежності "витрати – випуск" ставимо розподіл ймовірностей. Використовуємо дані попередніх розділів. Робимо узагальнену модель, яку можна застосувати для завдань розвитку, інноваційного розвитку, виконання проектних робіт та ін.

Реалізація. Технологію побудови стохастичної функції «витрати, випуск» подамо на прикладі функції класу "обмежена, монотонно зростаюча".

1. Задаємо детерміновану функцію:

$$F(x, vpF) := F_4(x, vpF_1, vpF_2, vpF_3) ; \quad pF(x, vpF) := \frac{d}{dx} F(x, vpF). \quad (3.22)$$

2. Задаємо розподіл ймовірностей(нечіткості):

$$fpr(y, \mu, \sigma) := dnorm(y, \mu, \sigma). \quad (3.23)$$

3. Задаємо залежності параметрів розподілу від вхідної змінної  $X$ :



$$f\mu(x, vpF) := F(x, vpF); \quad (3.24)$$

$$f\sigma(x, vpF, kz) := kz_1 \cdot (pF(x, vpF) + kz_2). \quad (3.25)$$

4. Збираємо стохастичну функцію:

$$Ffz(x, y, vpF, kz) := fpr(y, f\mu(x, vpF), f\sigma(x, vpF, kz)). \quad (3.26)$$

5. Реалізація значення стохастичної функції:

$$Yy(x, vpF, kz) := \begin{cases} qq \leftarrow rnorm[1, F(x, vpF), kz_1 \cdot (pF(x, vpF) + kz_2)] \\ kk \leftarrow \max(qq, 0) \end{cases}. \quad (3.27)$$

Задаємо значення параметрів і виводимо для контролю і аналізу стохастичної функції  $x := 0,8..400$ .

Робимо дискретизовану версію функції: число точок дискретизації  
 $y := 1..200$   $Nk := 100$ ;  $i := 1..Nk$ ;  $j := 1..Nk$ ;  $dx := 3$ ;  $dy := 1$ ;

$$kz := \begin{pmatrix} 20 \\ 0.5 \end{pmatrix}; \quad vpF := \begin{pmatrix} 8 \\ 0.025 \\ 25 \end{pmatrix}; \quad ffz_{i,j} := Ffz(i \cdot dx, j \cdot dy, vpF, kz).$$

На рисунку 3.6 подана графічна частина інтерфейсу для модуля введення і аналіз стохастичних функцій виробництва на базі стандартних розподілів ймовірностей. Послідовно подані:

- реалізація стохастичної ФВ,
- розкид ФВ і
- тривимірний графік стохастичної ФВ

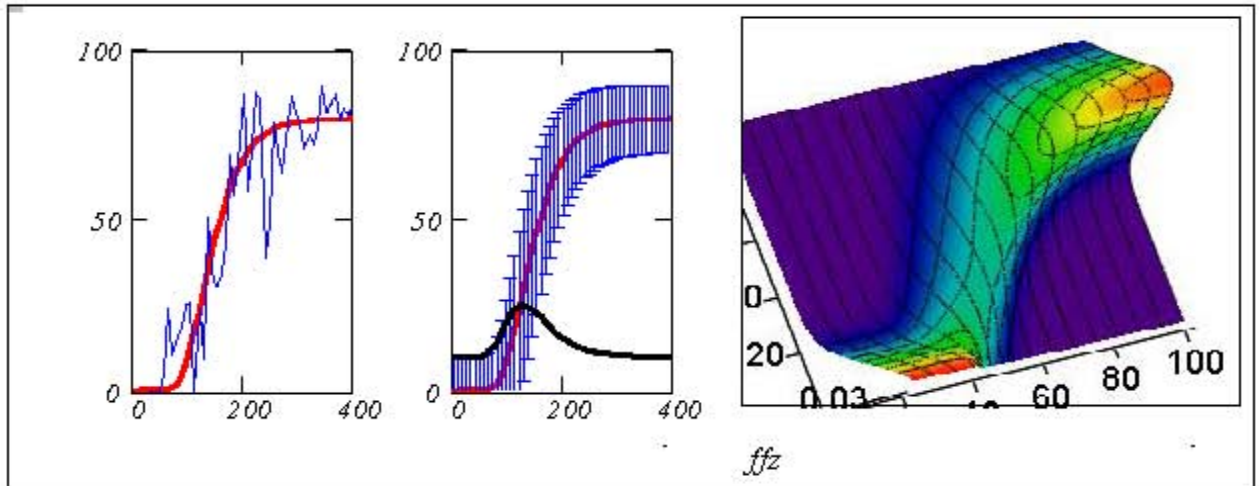


Рисунок 3.6 – Візуальний аналіз стохастичної ФВ

На першому графіку – середнє значення і реалізація цієї функції. Сусідні значення в цій моделі нечіткої функції некорельовані, проте можливо ввести випадковий зв'язок в модель. Другий графік – розподіл нечіткості. Можна використовувати простішу модель – з рівномірним розподілом:

$$myn(x) := f\mu(x, vpF) - f\sigma(x, vpF, kz); \quad (3.28)$$

$$plu(x) := f\mu(x, vpF) + f\sigma(x, vpF, kz). \quad (3.29)$$

Недолік цієї моделі стохастичної ФВ є непридатність її у випадку довільних емпіричних розподілів характерних для різних класів технологічних систем і неузгодженість з структурами даних методу оптимального агрегування.

Модифікація модуля оптимального агрегування для роботи зі стохастичними функціями виробництва. В базовій версії беремо систему з трьох елементів. Аналіз ризиків розподіленої виробничої системи знайдемо таким чином. Вводимо вхідні дані.

Розмірність системи:  $N := 3 \quad i := 1..N$ .

Вибираємо класи елементів:  $vke := (4 \ 6 \ 7)$ .

Вводимо параметри ФВ елементів:

$A1:=1.2; W1:=0.05; S1:=6; fo1_n:=F4(n \ dx, A1, W1, S1);$

$A2:=1.4; W2:=0.02; S2:=8; fo2_n:=F6(n \ dx, A2, W2, S2);$

$A3:=1.9; es:=00.3; ls:=10; fo3_n:=F4(n \ dx, A3, es, ls).$

Дискретизуємо і доповнюємо ФВ елементів для використання методу оптимального агрегування:

$f1 := augment(fo1, r0); f2 := augment(fo2, r0); f3 := augment(fo3, r0).$

Задаємо класи і параметри розподілів ймовірностей для ФВ елементів.

Вибираємо класи розподілів ймовірностей  $mke := \begin{pmatrix} 4 & 6 & 4 \\ 2 & 2 & 2 \end{pmatrix}$ .

Вводимо базові параметри розподілів ймовірностей елементів. В першому наближенні вважаємо дисперсії постійними. Маємо такі залежності параметрів розподілу від вхідної змінної  $X$ . Задаємо число точок розподілу:

$Kr := 100; r := 1..Kr; y_r := r;$

$\sigma1 := 2; f\mu1_n := fo1_n; f\sigma1_n := \sigma1; p1_r := dnorm(y_r, 20, \sigma1);$

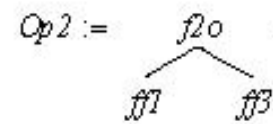
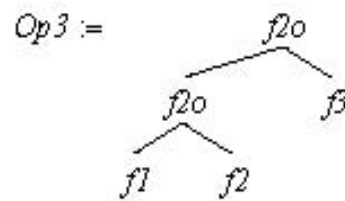
$\sigma2 := 4; f\mu2_n := fo2_n; f\sigma2_n := \sigma2; p2_r := dnorm(y_r, 30, \sigma2);$

$\sigma3 := 6; f\mu3_n := fo3_n; f\sigma3_n := \sigma3; p3_r := dnorm(y_r, 50, \sigma3).$

Будуємо графіки функцій виробництва та розподілів ймовірностей елементів. Виконаємо оптимальне агрегування. Запишемо формулу агрегування в звичайній формі:

$$Ops3 := f2o(f3, f2o(f2, f1)), \quad (3.30)$$

і в структурній:



На рис. 3.7 представлено агрегування систем з трьох і двох елементів.

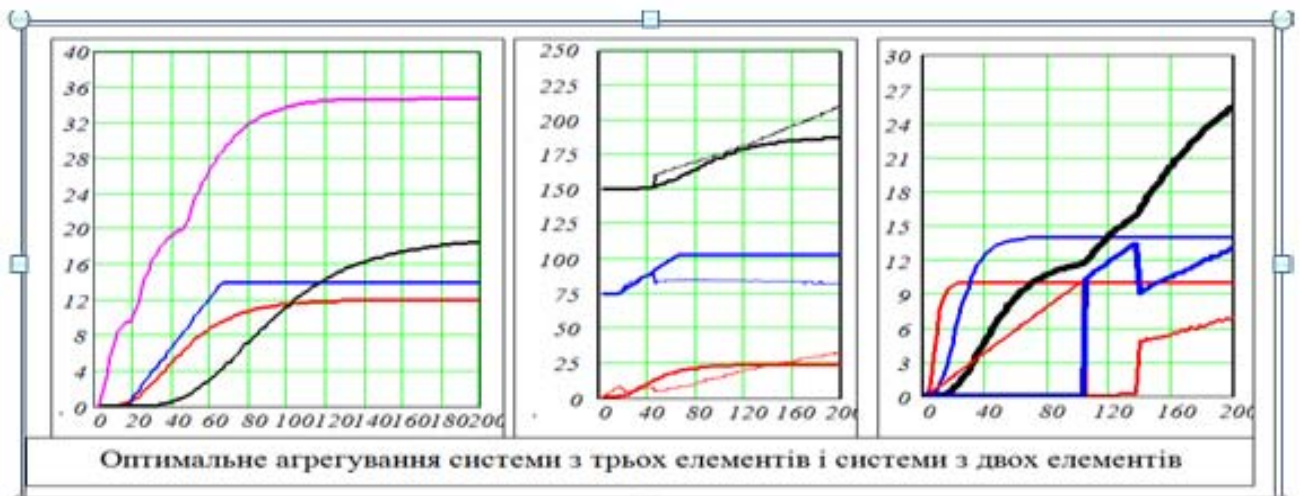


Рисунок 3.7 – Агрегування систем з трьох і двох елементів. Тестові дані

#### 3.4 Розробка альтернативних варіантів модуля згортки

На початку розділу було відзначено, що в математичному аспекті маємо тривіальну задачу побудови функції двох змінних: залежності ймовірності певного рівня виробництва від рівня витрат виробництва  $x$  та величини відхилення рівня випуску від номінального визначення (моди розподілу).

Перше ускладнення – побудова системи розподілів ймовірностей для ФВ – у відповідність кожній точці дискретизованої ФВ потрібно поставити у відповідність розподіл ймовірностей, тобто треба розробити модуль формування таких двовимірних функцій як на рис. 3.6. Назвемо їх «стохастичними функціями виробництва» (СФ).

Друге ускладнення – неможливість використовувати для згортки аналітичні методи та імітаційні методи в середовищі пакетів – все, що напрацьовано в цій області зроблено тільки для стандартних розподілів ймовірностей.



Третє ускладнення – численні дрібні проблеми інформаційних технологій – перебудова інтервалів розподілів, масштабування тривимірних графіків та ін.

Проведений вище активний аналіз – з побудовою робочих моделей і дослідженнями на цих моделях, – дозволяє сформулювати альтернативи управління стохастичною агрегованою системою:

1.1 – управління за номінальними параметрами;

1.2 – управління за ковзними середніми значеннями параметрів;

1.3 – управління за поточними значеннями параметрів;

2 – альтернативи операції згортки розподілів ймовірностей ФВ елементів:

– імітаційна згортка на базі бінарного оператора згортки;

3 – альтернативи оператора оптимального агрегування стохастичних ФВ:

3.1 – "монолітний" оператор, що бере дві стохастичні ФВ і повертає оптимально агреговану стохастичну ФВ системи;

3.2 – "комплексний" оператор, що бере детерміновані і стохастичні ФВ елементів і повертає детерміновану та стохастичну ФВ агрегованої системи.

Згідно обов'язковим вказівкам видатних вчених регіону слід ретельно порівняти виявлені альтернативи і вибрати найоптимальнішу. Розробки технічних систем інноваційні за визначенням. Раціональний вибір альтернатив в даній роботі є таким: стратегія – вибираємо усі альтернативи для реалізації і досліджень, тактика: на першому етапі роботи взагалі на першому етапі роботи вибираємо гарантовану за коректністю і терміном виконання альтернатив. На подальших етапах будуть реалізовані інші альтернативи.

Стисло розглянемо зміст альтернатив 2.1 і 2.2 – побудови модуля згортки оптимально агрегованої стохастичної виробничої системи.

Альтернатива 2.1 – імітаційна згортка на базі N-арного оператора:

– Отримання вектор-функції оптимального розподілу ресурсу та оптимальної еквівалентної ФВ системи для номінальних значень параметрів.

– Визначення параметрів функцій розподілів ймовірностей для даного значення ресурсу і генерації випадкових значень виходів кожної ФВ, отримання сумарного виробництва при наявних збуреннях.

– Виконання процедури для утворення вибірки і отримання гістограми.

– Повторення попередніх кроків для кожної точки шкали ресурсів.

Альтернатива 2.2 – імітаційна згортка на базі бінарного оператора згортки:

– Виробничу систему з довільного числа паралельно працюючих розбиваємо в систему бінарних операцій оптимального агрегування. При виборі послідовності операцій агрегування враховуємо реальні – територіальні, організаційні зв'язки між елементами – ієрархічну структуру ІС.

– Виконуємо операції оптимального агрегування.

– Обчислюємо згортку розподілів для значення шкали ресурсів.

Реалізація та дослідження альтернатив згортки. Розглянемо предметно альтернативи згортки розподілів ймовірності. Розподіли задаємо векторами.

1) Дискретизуємо аналітичну модель: від неперервного виразу –

інтегралу,  $zgr(f1, f2) = \int_{-\infty}^{\infty} f1(x) \cdot f2(x - x) dx$  переходимо до дискретного –

суми  $zgd(fv1, fv2) = \sum_{i=1}^N fv1_i \cdot fv2_{(j-i)}$  (з виконанням умов нормування).

Відмовляємось від використання інтегралу згортки – неперервного і дискретного через великі ускладнення при згортці дискретних і неперервних розподілів і необхідністю узгодження з операндами методу оптимального агрегування. Залишаємо аналітичну згортку як засіб контролю і оцінки точності імітаційних згорток.

Тестуємо все, задаємо тестові дані:

$$Im := 200; \quad i := 1..Im; \quad Xma := 100;$$

$$Dx := Xma \div Im; \quad xx_i := Dx \cdot (i - 1);$$

$$\mu1 := 10; \quad \sigma1 := 4; \quad \mu2 := 33; \quad \sigma2 := 4.$$

Задаємо дві функції розподілів ймовірностей:

$$d1(x) := dnorm(x, \mu1, \sigma1); \tag{3.31}$$

$$d2(x) := dnorm(x, \mu2, \sigma2). \tag{3.32}$$

Записуємо вираз для згортки:

$$dsv2(x) := \int_{-\infty}^{\infty} d1(\chi) \cdot d2(x - \chi) d\chi. \tag{3.33}$$

Записуємо дискретизовані вирази для розподілів:

$$\begin{aligned} dv1_i &:= dnorm[(i - 1) \cdot Dx, \mu1, \sigma1] \\ dv2_i &:= dnorm[(i - 1) \cdot Dx, \mu2, \sigma2]. \end{aligned} \tag{3.34}$$

Записуємо вираз для згортки, який важко реалізувати:

$$\sum_{i=1}^N dv1_i \cdot dv2_{(j-i)}. \tag{3.35}$$

Реалізація імітаційної згортки для стандартних розподілів. Робимо модуль згортки на базі імітації випадкового процесу – суми двох незалежних випадкових. Для контролю обчислюємо для тих же даних згортку аналітичну. Протестуємо для виявлення помилок вирази для згортки – неперервний і дискретизований. Шукаємо шляхи побудови модуля згортки довільних дискретизованих розподілів в першоджерелах – "породжуючих механізмах". Для згортки двох розподілів це такий процес: робимо

генератори випадкових чисел з заданими розподілами. Використовуємо вбудовані функції пакету для "теоретичних розподілів"  $Nv := 21000$ ;

Задаємо ті ж параметри, що і для аналітичної згортки:

$$my1 := \mu1 ; \quad sgl := \sigma1 ; \quad my2 := \mu2 ; \quad sg2 := \sigma2 ;$$

$$Vyb1(Nv) := rnorm(Nv, my1, sgl) ; \quad Vyb2(Nv) := rnorm(Nv, my2, sg2).$$

Сумарний вихід виробничої системи з двох паралельно працюючих елементів є сумою двох незалежних випадкових елементів з заданими розподілами ймовірностей. Детерміновані чи стохастичні зв'язки між виробничими системами – можливі, і можуть бути ураховані в наступних моделях.

$$Vybs(Nv) := Vyb1(Nv) + Vyb2(Nv). \quad (3.36)$$

Задаємо кількість інтервалів групування  $Kinb := 100$ ,  $k := 1..Kinb$

Побудуємо гістограми виходів елементів та їх суми:

$$dlv := histogram(Kinb, Vyb1(Nv)) ; \quad d2v := histogram(Kinb, Vyb2(Nv))$$

$$dsv := histogram(Kinb, Vybs(Nv)) ; \quad nrm := \frac{1}{Nv}.$$

Вбудована функція "gistogram" повертає границі інтервалів (стовпець 1) і кількості елементів вибірки, що попали в цей інтервал (стовпець 2)

Виводимо величини інтервалів. Бачимо, що вони різні. Це джерело подальших ускладнень. Збираємо відповідні розрахунки в блок базових обчислень згортки стандартних розподілів – для користувача, який повинен знати для чого як саме обчислюються результати. На рисунку 3.8 подано блок базових обчислень згортки стандартних розподілів.

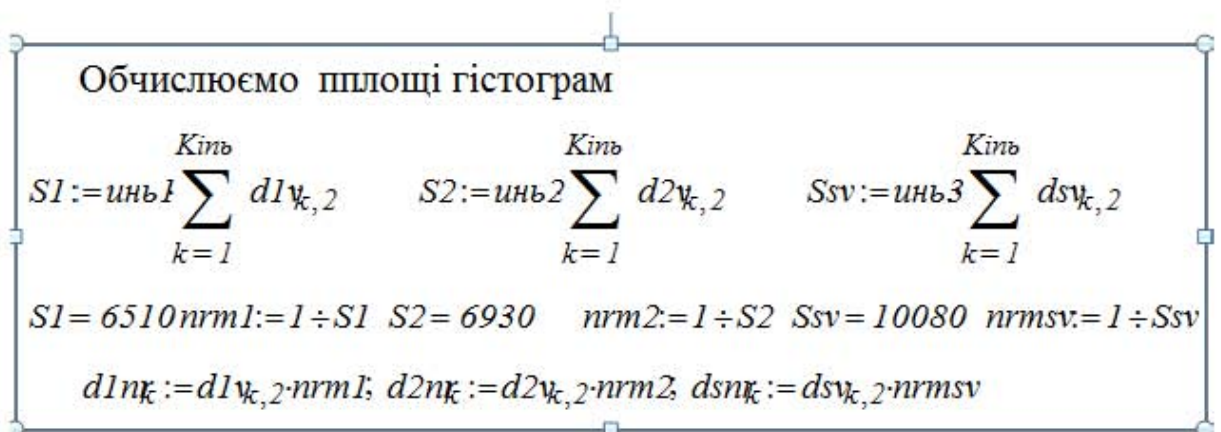


Рисунок 3.8 – Блок базових обчислень згортки стандартних розподілів

На рисунку 3.9 представлено дві альтернативи згортки розподілів ймовірностей. Бачимо тотожність альтернатив згортки: аналітичної та імітаційної

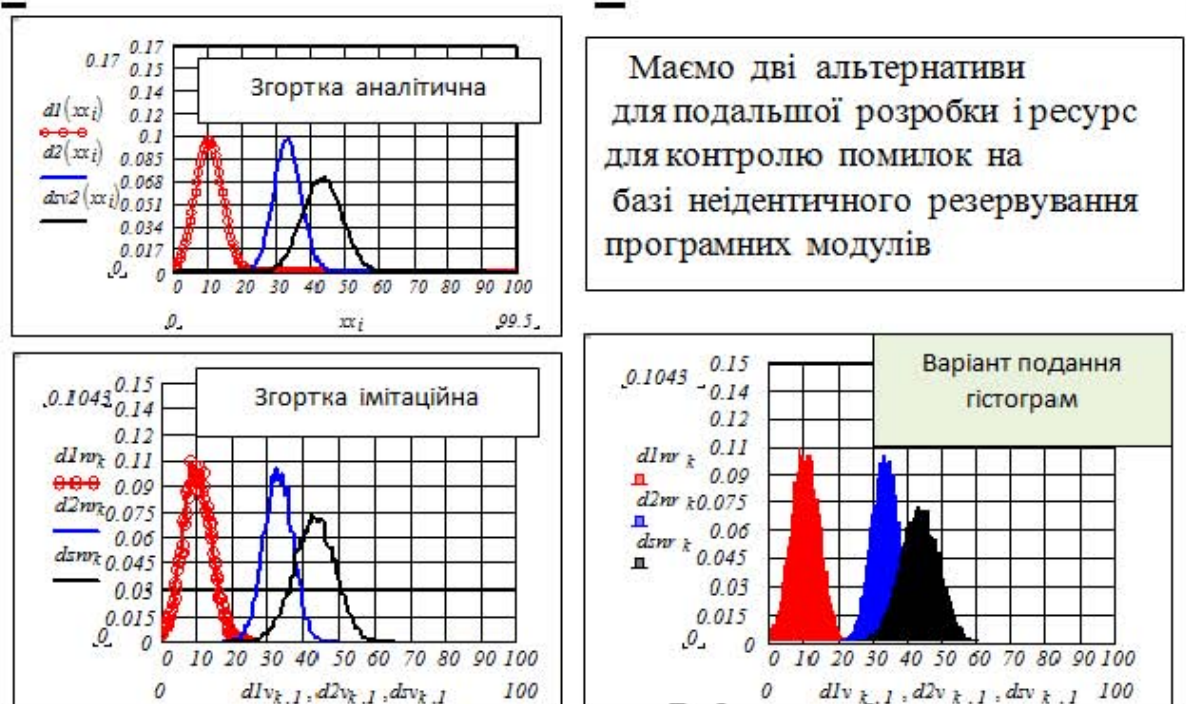


Рисунок 3.9 – Дві альтернативи згортки розподілів ймовірностей

Реалізація згортки для нестандартних розподілів ймовірностей. В попередніх підрозділах роботи ми оперували з довільними розподілами ймовірностей. Зокрема, модель стохастичної ФВ зроблена для довільних розподілів. Тепер введемо обмеження обумовлені самою технологічної системою. Для кожного значення входу мода розподілу – номінальне



значення виходу. Розподіл є несиметричним позитивні відхилення незначні, тому що техпроцес оптимізований. Розподіл визначений на обмеженому інтервалі  $0 \leq y(x) \leq Ym(x)$ .

В першому наближенні використаємо для відтворення обмежень певні стандартні розподіли рівномірний та  $\chi^2$ -квадрат. Запишемо базові розподіли а потім нормуємо їх у відповідності з обмеженнями нормованого діапазону  $Yma := 1.6$  діапазон зміни виходу ФВ при даному вході:  $0 \leq y \leq 1.05 \cdot fl(x)$  позначимо  $Ymax_n := 1.05 \cdot fo1_n$ ; формуємо відповідну ранжовану змінну:  $y := 0, 0.5 .. Ymax_{106}$ ;  $Kin := 50$ ;  $m := 1 .. Kin$ .

Робимо модуль розподілу ймовірностей для певного значення входу  $j$ :

$$xik(y, Ym, par) := dchisq(Ym - y, par) \cdot 0.1. \quad (3.37)$$

Відповідну ранжовану змінну  $y := 0, 0.5 .. 50$  та змінну для побудови положення моди розподілу  $z := 0, 0.2 .. 3$ .

Маємо розподіл з параметрами  $Ym$  – "модою" та  $par$  – середнім "відхиленням". Ми обрізали розподіл, тому треба його нормувати (до одиничної площі).

Будуємо графіки розподілу при варіаціях параметрів і робимо модуль нормалізації і локалізації розподілу для кожної точки дискретизованої ФВ.

На рисунку 3.10. подано базовий розподіл для ВФ та вплив варіацій параметрів.

Мода відповідає заданому (вибраному) темпу випуску  
 ліворуч від моди – ймовірності зменшення заданого темпу випуску ;  
 праворуч від моди – ймовірності і перевищення заданого темпу випуску

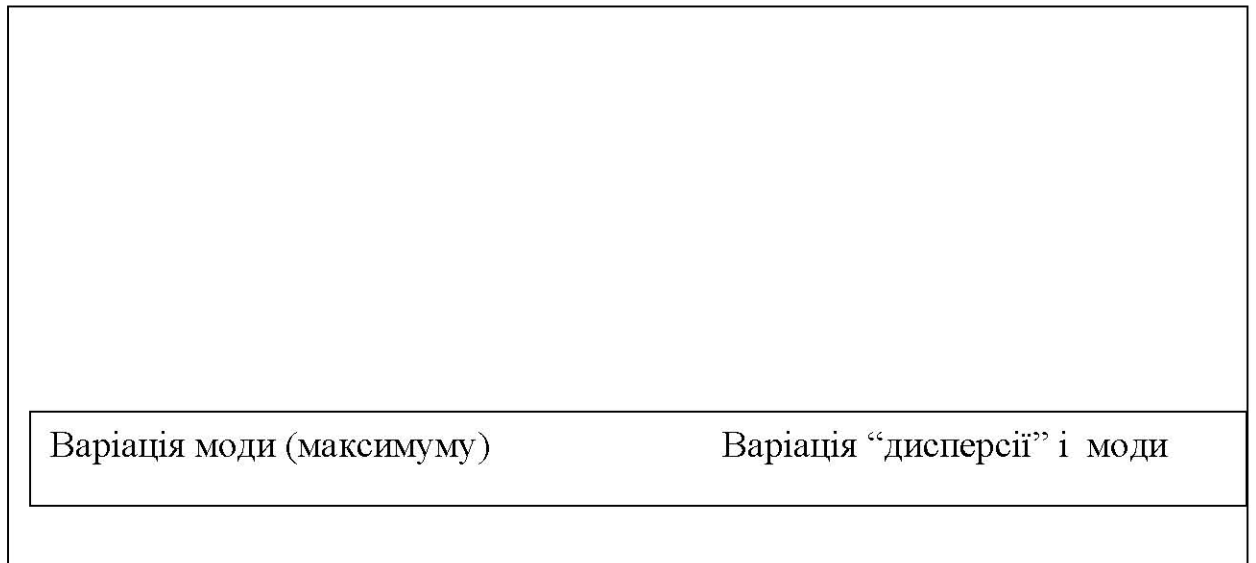


Рисунок 3.10 – Базовий розподіл для функцій виробництва. Тестування

Розробка модуля формування стохастичних даних. Робимо програмний модуль побудови моделі стохастичного виробничого елемента.

В першому наближенні була реалізована і досліджена версія, де кожен з системи розподілів ймовірностей мав власну систему інтервалів дискретизації з фіксованим їх числом – 50. Випробування виявило вагомні недоліки такої альтернативи: діапазон від нуля до максимального значення ФВ.

В другій версії для всіх розподілів системи беремо єдину сітку інтервалів.

Беремо вхідні дані для програми з попередніх блоків. Кількість точок в дискретизованій ФВ:  $Kot := rows(fo1)$ ;  $Kot := 100$  кількість інтервалів розподілів  $Kin := 100$  ймовірностей. Ці числа не є принциповими, вони приблизно відповідають точності вхідних даних типових виробництв.

Задаємо класи і параметри тестових ФВ:

$$A1 := 1.2; \quad W1 := 0.02; \quad S1 := 6; \quad \underline{fo1_n := F4(n \cdot dx, A1, W1, S1)};$$

$$A2 := 1.4; \quad W2 := 0.02; \quad S2 := 8; \quad fo2_n := F6(n \cdot dx, A2, W2, S2);$$

$$\underline{A3 := 1.9}; \quad \underline{es := 0.03}; \quad \underline{ls := 10}; \quad \underline{fo3_n := F4(n \cdot dx, A3, es, ls)}.$$

Задаємо базову функцію розподілу ймовірностей відхилень виходу від номіналу:

$$\underline{xik(y, Ym, par) := dchisq(Ym - y, par) \cdot 0.1.} \quad (3.38)$$

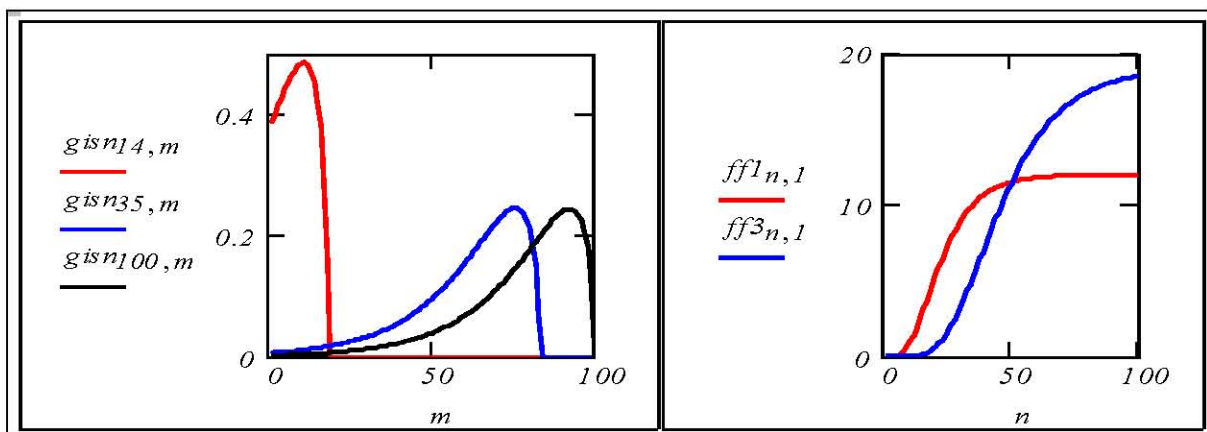
Робимо модуль, який формує стохастичну ФВ. Приклади конкретних техпроцесів: хімреактор, біореактор, піч для ("випалу") кераміки. Модуль бере детерміновану ФВ і для кожного значення «витрат» формує розподіл ймовірностей.

Повертає модуль матрицю, що подає функцію двох змінних – витрат ресурсів і величини відхилення виходу від номінального. Інтервал визначення функції беремо більшим від максимального значення виходу для даної ФВ:

$$m := 1..Kin; ym_i := 0; YM := 1.1 \cdot ff1_{Kot,1}; YM = 13.1964 \quad dy := \frac{YM}{Kin}$$

$$dy = 0.132; \quad Kin = 100 \quad ym_n := 1.1 \cdot ff1_{n,1}; par := 3.$$

Запишемо дискретизовані вирази і будемо розподіли для тестових даних:



$$gis_{a_n, m} := xik(m \cdot dy, ym_n, par); \quad (3.39)$$

$$nrm_n := dy \cdot \sum_{m=1}^{Kin} gis_{a_n, m}; \quad (3.40)$$

$$gis_{n,m} := \frac{gis_{n,m}}{nrm_n}. \quad (3.41)$$

Рисунок 3.11 – Вхідні дані модуля формування стохастичних ФВ

На рис 3.11 подано дані модуля згортки стохастичних ФВ

На рисунку 3.12 подано текст модуля виконання згортки

<i>Stog ( fpl , xik ) :=</i>	<pre> Kin ← 100 Oki ← <math>\frac{1}{Kin}</math> Kot ← rows ( fpl ) YM ← 1.1 · ffl Kot , 1 dy ← <math>\frac{YM}{Kin}</math> for n ∈ 1 .. Kot       ym_n ← 1.05 · fpl_n , 1       sum_n ← 0       for m ∈ 1 .. Kin             gis_n , m ← xik ( m · dy , ym_n , par )             sum_n ← sum_n + gis_n , m             nrm_n ← <math>\frac{1}{sum_n + 0.001}</math>       for m ∈ 1 .. Kin           Bolv <sup>(m)</sup> ← nrm           →           Gis ← (gis · Bolv) </pre>
------------------------------	---

Рисунок 3.12 – Текст програми формування стохастичної ФВ

Згідно з завданням робимо інтерфейс користувача – паралельне подання детермінованих і стохастичних ФВ. Не плутаємо нечіткість і ймовірність, що стали побутовими, а не математичними термінами. Р. Беллман в своїх роботах заміняв термін «ймовірність» «стохастичність». На

рисунку 3.13 представлені результати обчислень стохастичних ФВ для тестового прикладу.

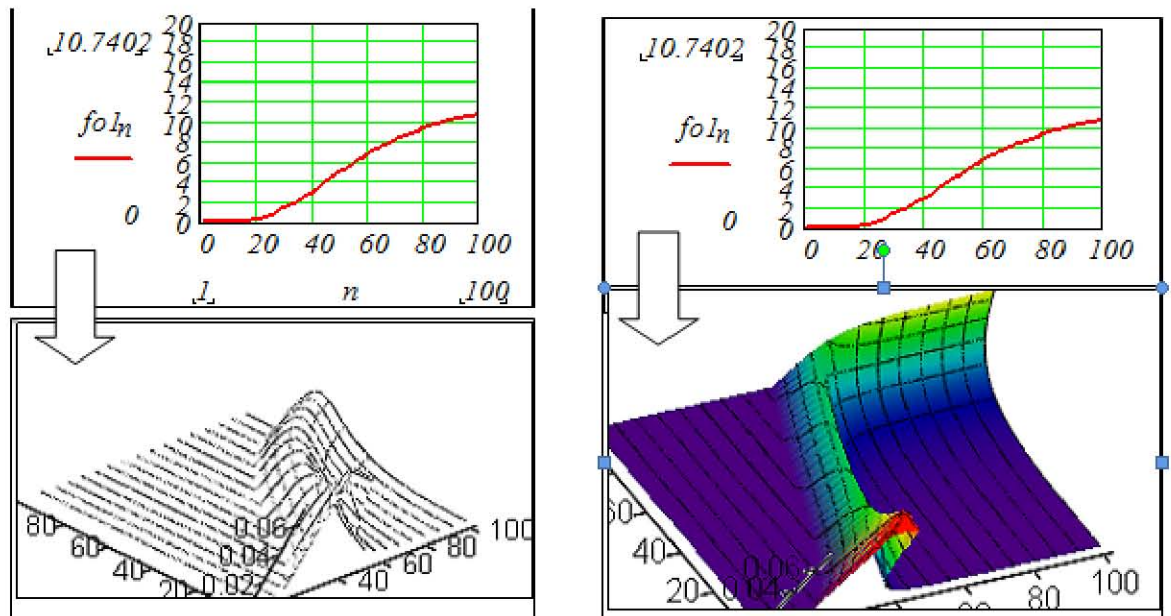


Рисунок 3.13 – Результати обчислень стохастичних ФВ для тестового прикладу.

#### 3.4 Вибір структури оператора бінарної згортки розподілів ймовірностей для оптимально агрегованої пари елементів

Останній і найбільш складний, але важливий для високотехнологічних систем розробка бінарного оператора для згортки двох стохастичних функцій класу «витрати, випуск». На рис. 3.13 подано дві детерміновані функції і дві побудовані

Оператор бере дві ФВ – тривимірні (стохастичні) і повертає тривимірну (стохастичну) еквівалентну ФВ.

Можливі дві альтернативи версії розробки:

1. Алгебраїчна система, носії якої – тривимірні масиви певного класу (системи розподілів ймовірностей), або – нечіткі монотонні функції.
2. Система параметризованих тривимірних об'єктів з параметризованими функціями двох класів – для середніх темпів виробництва в залежності від темпів ресурсу і розподілів ймовірностей для кожної точки графіка.



Ціль даної розробки – створення робочих моделей для подальших досліджень і використання в системах оперативного і стратегічного сучасними технологічними системами управління, тому керуємось принципами прикладного системного аналізу:

- вибираємо найменш витратну в розробці альтернативу;
- в процесі моделювання отримуємо знання на результатах моделювання;
- перевіряємо адекватність моделі, але не за квадратичним критерієм, а за відтворенням загальних властивостей об'єкта моделювання.

Потім реалізуємо інші альтернативи – більш інтелектуальні і трудовитратні – досліджуємо, використовуючи для контролю першу альтернативу. При наявності декількох реалізованих альтернатив не вибираємо в якості кращої альтернативи комплекс альтернатив. Фактичний об'єкт розробки – інформаційні об'єкти, що будучі створеними "нічого не важать" – сумісне використання є природним.

Альтернативи теоретичної моделі згортки. Попередні дослідження дозволили виявити теоретичні і практичні проблеми побудови інтегрованої системи оптимізації і оцінки ризиків оптимально агрегованої виробничої системи. На базі цих досліджень можна поставити конкретну задачу розробки програмних модулів. Методологічне спрямування роботи – розширення можливостей алгебри оптимального агрегування. Викладемо цей пункт в порівнянні з детермінованою задачею оптимального агрегування двох елементів (для базового випадку – паралельно працюючих виробничих елементів).

Оптимальне агрегування об'єктів з детермінованими ФВ задано дві ФВ (стандартне визначення функції користувача і дискретизована форма операнда).

Бінарний оператор  $f2o$  бере дві дискретизовані ФВ  $f1, f2$  і повертає  $f12 = f2o(f1, f2)$  – оптимальну еквівалентну ФВ в дискретизованій формі, тобто алгебраїчний об'єкт того ж класу. Аналогія нульового рівня:

$$\begin{aligned} \text{sym}(x1, x2) &:= x1 + x2; \quad \text{sym}(17, 13) = 30; \quad \text{sym}(17, \text{sym}(5, 8)) = 30; \\ \text{sym}(17, 13) &= \text{sym}(17, \text{sym}(5, 8)) = 1 \end{aligned}$$

Оптимальне агрегування об'єктів з стохастичними ФВ – задано дві стохастичні ФВ (стандартне визначення функції користувача і дискретизована форма операнда). Ці функції  $fs1(x, y), fs2(x, y)$  залежать від двох змінних  $x$  – темпу витрат ресурсу та  $y$  – можливого темпу випуску продукції. Бінарний оператор  $f2sc$  бере дві дискретизовані ФВ  $fs1, fs2$  і повертає  $fs12 = f2o(fs1, fs2)$  – оптимальну еквівалентну ФВ в дискретизованій формі, тобто алгебраїчний об'єкт того ж класу:  $fs12(x, y)$  – функцію від тих же двох змінних (інтервали визначення цих змінних залежать від параметрів елементів та агрегованих систем).

Перша, простіша альтернатива побудови програми оптимального агрегування стохастичних ФВ – операнди – масиви (функції двох змінних, – результат застосування бінарного оператора оптимального агрегування стохастичних функцій – теж матриця тієї ж розмірності.

На рисунку 3.14 показано візуальне подання цієї альтернативи. Можемо бачити графіки вхідних і вихідних даних. Саме для користувача подаємо наочно, візуально структуру і функції бінарного оператора оптимального агрегування стохастичних ФВ для другої альтернативи.

Друга, альтернатива побудови програми оптимального агрегування стохастичних ФВ – операндами є функції. Недолік першої альтернативи – відсутність в явному виді середніх або номінальних значень ФВ потрібних для кращого розуміння результатів стандартних розрахунків.

Робимо ще одну версію модуля згортки довільних розподілів двох випадкових величин заданих дискретизованими розподілами ймовірностей.

Алгоритм отримання згортки імітаційним методом

1. Задано інтервали можливих розкидів величин і розподіли.
2. Формуємо інтервал значень суми випадкових, розбиваємо його в задане число підінтервалів і задаємо дискретизовані розподіли на цій сітці

значень випадкових змінних. Значення розподілів за межами їх інтервалів – нульові.

Рис. 3.14: Отримуємо модуль для вбудови в підсистему управління

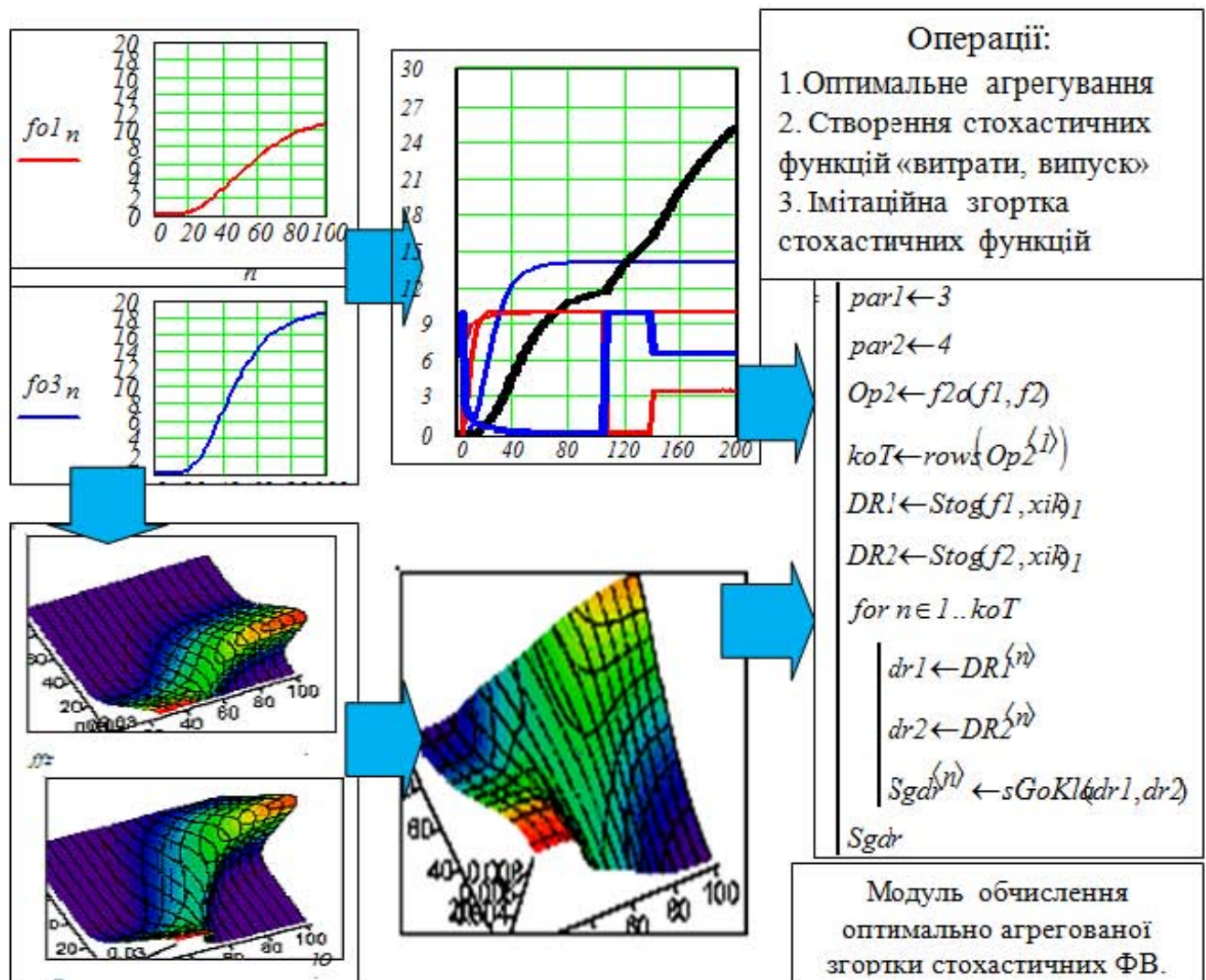


Рисунок 3.14 – Структура оператора оптимального агрегування

3. Відображуємо вектори дискретизованих розподілів ймовірностей у вектори генераторів випадкових подій (0, 1) з відповідними ймовірностями.

4. Одночасно на всіх підінтервалах генеруємо реалізації випадкових подій. Результат кожного такого кроку активізації – вектори з нулів і одиниць.

5. Повторюємо "залп" потрібне число разів, підсумовує результати по кожному розряду – для утворення вибірки.

6. Будуємо гістограми операндів (для контролю і гістограму згортки).

7. Доводимо коректність запропонованої процедури згортки розподілів заданих векторами, і у випадку коректності виявляємо переваги над іншими методами згортки.

Тобто вибрано, обґрунтовано, розроблені основні модулі для роботи з невизначеностями. Тобто всі завдання роботи виконано. Дана розробка далі буде продовжена в складі комплексної роботи «управління системами проектів».

### 3.5 Висновки до третього розділу

Розроблено комплекс моделей і програмних модулів для оптимізації і аналізу ефективності і ризиків виробничих систем як технологічних перетворювачів ресурсів.

Математична суть розробки. Напрацювання теоретичних і прикладних результатів стосовно нових алгебраїчних об'єктів – стохастичних (розмитих) ФВ.

Методологічна суть розробки. Інтеграція задач прикладного системного аналізу: оптимізації та аналізу ризиків для технічних систем (розглядаємо саме ризики технологічного характеру).

Практичне застосування. Проведені дослідження і розробки – частина комплексних досліджень. Дана розробка присвячена одному, але важливому аспекту – екологічній модернізації виробництва. Саме в цій області необхідні обґрунтовані розрахунки ефективності і ризиків. Важливість цих розрахунків пропорційна обсягам витрат на екологічну модернізацію.

В розділі виконано розробку і дослідження моделей і програм в області фундаментальних класів породжуючих механізмів невизначеностей

1. Гаусівські розподіли
2. Гіперболічні розподіли
3. Процеси з розгалуженнями

Вибрана орієнтація досліджень породжуючі механізми як альтернатива традиційні орієнтації – метода х обробки вимірювань з «шумами». В традиційній статистиці дані вважаються заданими, незмінними без можливостей встановлення постійного зв'язку між процесами отримання даних і статистичною обробкою даних.

Прийняття такого активного підходу до аналізу невизначеностей і збурень може бути ефективним за умови знань стосовно їх «породжуючих механізмів». Тому проведена розробка моделей невизначеностей за трьома класами.



## 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 4.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки

Метою проведення технологічного аудиту є оцінювання комерційного потенціалу розробки, створеної в результаті науково-технічної діяльності.

Результатом магістерської кваліфікаційної роботи «Розробка моделей сучасних комп'ютерних систем для обслуговування об'єктів з невизначеностями» є розробка програмного забезпечення. Для проведення технологічного аудиту залучено трьох незалежних експертів. У нашому випадку такими експертами є: Колесник Ірина Сергіївна (к.т.н., доцент каф. обчислювальної техніки ВНТУ), Гарнага Володимир Анатолійович (к.т.н., доцент каф. обчислювальної техніки ВНТУ).

Оцінювання комерційного потенціалу буде здійснене за критеріями, що наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Критерії оцінювання комерційного потенціалу розробки бальна оцінка

Критерії оцінювання та бали (за 5-ти бальною шкалою)					
Кри-тер.	0	1	2	3	4
4	Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів
5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні експлуатаційних витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів
Ринкові перспективи					

Продовження таблиці 4.1

6	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою
7	Активна конкуренція великих компаній на ринку	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкуренція немає
<b>Практична здійсненність</b>					
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти та час на навчання наявних фахівців	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промисловому комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві
11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років

Продовження таблиці 4.1

12	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту
----	---	--	---	--	---

Результати оцінювання комерційного потенціалу експертами розробки зведено в таблицю 4.2.

Таблиця 4.2 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Прізвище, ініціали, посада експерта		
	1 – Колесник	2 – Гарнага	3 – Снігур
	Бали, виставлені експертами:		
1	4	3	4
Ринкові переваги (недоліки):			
2	4	3	4
3	4	3	3
4	4	4	4
5	3	3	3
Ринкові перспективи			
6	4	3	4
7	4	4	3
Практична здійсненність			
8	3	4	3
9	3	3	4
10	4	4	4
11	3	4	3
12	4	3	4
Сума балів	СБ <sub>1</sub> =40	СБ <sub>2</sub> =38	СБ <sub>3</sub> =39
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$	39		

За даними таблиці 4.2 можна зробити висновок, щодо рівня комерційного потенціалу розробки. Зважимо на результат й порівняємо його з рівнями комерційного потенціалу розробки, що представлено в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Рівні комерційного потенціалу розробки

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

Рівень комерційного потенціалу розробки, становить 42 бали, що відповідає рівню «вище середнього».

Розробка моделей сучасних комп'ютерних систем є однією з найперспективніших, прогресивних та важливіших сфер застосування математичного комп'ютерного моделювання. Розглянутий підхід дозволяє прогнозувати поведінку об'єктів з невизначеностями, які обслуговуватимуть розроблювані комп'ютерні системи.

В якості аналога для розробки було обрано GPSS World, це програма, яка використовується для моделювання однорідних паралельних пристроїв, що функціонують при роботі комп'ютерної системи, для цього використовують спеціальний засіб – багатоканальний пристрій. БКП може застосовуватися кількома транзактами одночасно. Обмежень на кількість БКП у моделі немає. Для того щоб їх розрізнити їм дають різні імена.

Основним недоліком є те, що програма передбачає застосування лише однорідних пристроїв, тому не враховуються черги на вході в систему та не передбачається перерозподіл ресурсів обслуговування в комп'ютерній системі.

У розробці дана проблема вирішується, адже за допомогою створеного програмного забезпечення є можливість ефективно та швидко налаштовувати параметри безпосередньо під вимоги замовника та можливості розробника. Також програмний продукт випереджає аналог за таким параметром як доступність.

У таблиці 4.4 наведені основні технічні показники аналога і нового програмного продукту

Таблиця 4.4 – Основні технічні показники аналога і нового програмного продукту

Надійність	Забезпечення безперебійної роботи при заданих умовах	Забезпечення безперебійної роботи при заданих умовах	7/10
Сумісність	Велика сумісність	Максимальна сумісність	9/10
Супровід	Комп'ютерна система застосовується до об'єктів управління з однорідним навантаженням	Структура майбутньої комп'ютерної системи передбачає залучення неоднорідних елементів при збільшенні навантаження	4/7
Економія ресурсів і часу	Програмне забезпечення виконує необхідні функції, використовуючи допустиму кількість ресурсів у визначений відрізок часу для обслуговування певної заявки	Програмне забезпечення виконує необхідні функції, використовуючи потрібну кількість ресурсів	10/10
Простота використання	Зручний інтерфейс	Більш зручний інтерфейс	7/8

Нова розробка створена з доволі простим інтерфейсом, яким може оволодіти користувач за незначний період часу на відміну від аналогу, адже для користувача інтерфейс аналогу виглядає складніше.

Програмний продукт ефективно і швидко функціонує при прийнятті рішень з визначеного набору можливих, або з модифікації поведінки елементів комп'ютерної системи при певних невизначеностях поведінки об'єкту. Нова розробка може бути використана, як комплекс моделей і програмних модулів для прогнозування поведінки комп'ютерної системи при управлінні типовими об'єктами при виникненні невизначеностей. В подальшому програмний продукт може бути використаний на об'єктах, які використовують в своїй діяльності комп'ютерні системи з неоднорідними елементами для забезпечення функціонування об'єкту при виникненні невизначеностей. Засіб дозволяє розробнику цілеспрямовано та економно



витрачати ресурси пристроїв та ресурси часу для успішної реалізації поставлених задач. У результаті роботи отримано програмний продукт – прототип у стадії тестування.

На підставі вищевикладеного можна стверджувати, що нове технічне рішення, що пропонується для розробки, буде мати кращі показники ніж у аналога та більшою мірою задовольнить потреби споживачів. Тому його розробка та впровадження є перспективною.

Комерціалізація розробки знаходиться на початковому етапі. Ведуться пошуки інвесторів та партнерів. Було знайдено зацікавлених осіб, які можуть тестувати програмний засіб надаючи акт впровадження та подальше просування їх на комп'ютерному ринку. Обсяги можливого продажу 200 шт. протягом першого року реалізації продукту.

Для отримання максимального прибутку програмне забезпечення планується поширювати під комерційною ліцензією, що надає невиключне право на програмний продукт (тобто право на використання). Для заохочення більшої аудиторії користувачів також можна поширювати безкоштовну демо-версію продукту, яка матиме обмежений функціонал, проте демонструватиме основні переваги розробки. Так як програмне забезпечення планується поширювати через Інтернет, то для заключення ліцензії та підтвердження справжності продукту буде використовуватись ліцензійна згода в електронному вигляді та електронний сертифікат відповідно.

Просування на ринок планується шляхом реалізації власного сайту та продажу через спеціалізовані Інтернет-магазини магазини ПЗ. Організація сервісного післяпродажного обслуговування передбачає звернення безпосередньо до розробника безкоштовно. Під час встановлення ціни та попиту на новий програмний продукт основна увага повинна акцентуватися на унікальності об'єкта купівлі-продажу, цінах продуктів конкурентів, перевагах порівняно з аналогами, витратах, які зазнає покупець у разі заміни старого продукту новим, ступені терміновості та гостроті потреби. Орієнтовна ціна нової розробки складатиме 600 грн.

## 4.2 Прогнозування витрат на виконання наукової роботи та впровадження результатів

Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної, дослідно-конструкторської та конструкторсько-технологічної роботи може складатися з таких етапів:

1-й етап: розрахунок витрат, які безпосередньо стосуються виконавців даного розділу роботи.

2-й етап: розрахунок загальних витрат на виконання даної роботи.

3-й етап: прогнозування загальних витрат на виконання та впровадження результатів даної роботи.

Проведемо прогнозування витрат на виконання науково-дослідної, дослідно-конструкторської та конструкторсько-технологічної роботи для розробки інформаційної технології цифрової корекції та підвищення якості растрових зображень.

1. Основна заробітна плата кожного із розробників (дослідників)  $Z_o$  розраховується за формулою 4.1:

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

де  $M$  – місячний посадовий оклад конкретного розробника (інженера, дослідника, науковця тощо) грн;

$T_p$  – число робочих днів в місяці;  $T_p = (22)$  дні;

$t$  – число робочих днів роботи розробника-дослідника .

Розрахунки наведено у таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Основна заробітна плата розробників

Найменування	Місячний	Оплата за	Число	Витрати на оплату
--------------	----------	-----------	-------	-------------------

посади виконавця	посадовий оклад, грн.	робочий день, грн.	днів роботи	праці, грн.
Програміст	7878,78	358,12	66	23636,36
Всього:				23636,36

2. Додаткова заробітна плата  $Z_d$  всіх розробників та робітників, які брали участь у виконанні даного етапу роботи, розраховується як 10% від суми основної заробітної плати всіх розробників та робітників, тобто:

$$Z_d = 0,10 \cdot 23636,36 = 2363,63 \text{ (грн.)}$$

3. Нарахування на заробітну плату  $H_{зп}$  розробників та робітників, які брали участь у виконанні даного етапу роботи, розраховуються за формулою:

$$H_{зп} = (Z_o + Z_d) \cdot \frac{\beta}{100} \text{ [грн]}, \quad (4.2)$$

де  $Z_o$  – основна заробітна плата розробника, грн.;

$Z_d$  – додаткова заробітна плата розробника, грн.;

$\beta$  – ставка єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування – 22%.

$$H_{зп} = (23636,36 + 2363,63) \cdot 0,22 = 5720,00 \text{ (грн.)}$$

4. Амортизація обладнання, комп'ютерів та приміщень А, які використовувались під час (чи для) виконання даного етапу роботи.

Дані відрахування розраховують по кожному виду обладнання, приміщенням тощо.

У спрощеному вигляді амортизаційні відрахування А в цілому бути розраховані за формулою:

$$A = \frac{Ц \cdot T}{12 \cdot T_B} \text{ [грн]}, \quad (4.3)$$

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

T – фактична тривалість використання, міс;

T<sub>B</sub>– термін, використання обладнання, приміщень тощо, роки.

Зроблені розрахунки наведено у таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Амортизаційні відрахування

Найменування	Балансова вартість, грн	Термін використання, р	Фактична трив. Використання, міс.	Величина амортизаційних відрахувань, грн
Офісне приміщення	180000	15	3	3000,00
Комп'ютер	30000	4	3	1875,00
Принтер	7000	2	3	875
Всього:				5750,00

5. Витрати на матеріали, що були використані під час виконання даного етапу роботи, наведено у таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Матеріали, що були використані на даному етапі роботи

Найменування матеріалу	Ціна за одиницю, грн.	Витрачено, шт.	Вартість витраченого матеріалу, грн
Папір (пачка)	75,00	1	75,00
Ручка	8,00	2	16,00
Всього			91,00

Крім того було витрачено 450 грн на послуги “Інтернет” (3 місяців по 150 грн/міс).

6. Витрати на силову електроенергію  $V_e$ , якщо ця стаття має суттєве значення для виконання даного етапу роботи, розраховуються за формулою:

$$V_e = V \cdot П \cdot \Phi \cdot K_{\Pi} \text{ [грн]}, \quad (4.4)$$

де V – вартість 1 кВт-год. електроенергії, в 2019 р.  $V \approx 8$  грн./кВт;

П – установлена потужність обладнання, кВт;

$\Phi$  – фактична кількість годин роботи комп'ютера при створенні програмного продукту, годин;

$K_{\Pi}$  – коефіцієнт використання потужності ( $K_{\Pi} < 1$ ).

Потужність використовуваного ПК становить  $\Pi = 0,6$  кВт.

Фактична кількість годин роботи обладнання – 640 год (80 робочих дні по 8 годин на день).

$$V_e = 8 \cdot 0,3 \cdot 528 \cdot 0,2 = 251,52 \text{ (грн)}.$$

7. Інші витрати  $V_{ін}$  охоплюють: витрати на управління організацією, оплату службових відряджень, витрати на утримання, ремонт та експлуатацію основних засобів, витрати на опалення, освітлення, водопостачання, охорону праці тощо. Інші витрати  $I_v$  можна прийняти як 50% від суми основної заробітної плати розробника:

$$V_{ін} = 0,5 \cdot 23636,36 = 11818,18 \text{ (грн)}.$$

8. Сума всіх попередніх статей витрат дає витрати на виконання даної частини (розділу, етапу) роботи –  $V$ .

$$V = Z_o + Z_d + H_{зп} + A + V_{мат} + V_e + V_{ін} \text{ [грн]},$$

$$V = 23636,36 + 2363,63 + 5720 + 5750 + 91 + 450 + 251,52 + 11818,18 = 50080,69 \text{ (грн)}.$$

2-й етап: розрахунок загальних витрат на виконання даної роботи.

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

$$V_{зар} = \frac{V}{\alpha} \text{ [грн]}, \quad (4.5)$$



де  $\alpha$  – частка витрат, які безпосередньо здійснює виконавець даного етапу роботи, у відн. одиницях ( $\alpha = 1$ , так як вся робота виконувалась одною людиною).

$$B_{\text{заг}} = 50080,69 \text{ (грн)}.$$

3-й етап. Прогнозування загальних витрат на виконання та впровадження результатів виконаної роботи. Прогнозування загальних витрат ЗВ на виконання та впровадження результатів виконаної роботи здійснюється за формулою:

$$ЗВ = \frac{B_{\text{заг}}}{\beta} \text{ [грн]}, \quad (4.6)$$

де  $\beta$  – коефіцієнт, який характеризує етап (стадію) виконання даної роботи. Так, якщо розробка знаходиться:

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

$$ЗВ = \frac{50080,69}{0,7} = 71543,84 \text{ (грн)}.$$

### 4.3 Прогнозування комерційних ефектів від реалізації результатів розробки

В умовах ринку узагальнюючим позитивним результатом, що його отримує підприємство (організація) від впровадження результатів тієї чи іншої розробки, є збільшення чистого прибутку підприємства (організації). Зростання чистого прибутку ми можемо оцінити у теперішній вартості грошей.

Саме зростання чистого прибутку забезпечить підприємству (організації) надходження додаткових коштів, які дозволять покращити фінансові результати діяльності та виплатити кредити (якщо вони потрібні для впровадження результатів розробки).

Зростання чистого прибутку забезпечить підприємству надходження додаткових коштів, які дозволять покращити фінансові результати діяльності.

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

$$\Delta\Pi_i = \sum_i^n (\Delta\Pi_o \cdot N + C_o \cdot \Delta N) \cdot \lambda \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{v}{100}\right) [zрн], \quad (4.8)$$

де  $\Delta\Pi_o$  – покращення основного оціночного показника від впровадження результатів розробки у даному році. Зазвичай таким показником може бути ціна одиниці нової розробки;

$N$  – основний кількісний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році до впровадження результатів наукової розробки;

$\Delta N$  – покращення основного кількісного показника діяльності підприємства від впровадження результатів розробки;

$C_o$  – основний оціночний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році після впровадження результатів наукової розробки;

$n$  – кількість років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки;

$\lambda$  – коефіцієнт, який враховує сплату податку на додану вартість.

$\rho$  – коефіцієнт, який враховує рентабельність продукту. Рекомендується приймати  $\rho = 0,2 \dots 0,3$ ;

$v$  – ставка податку на прибуток (18%).

В результаті впровадження результатів наукової розробки покращується якість продукту, що дозволяє підвищити ціну його реалізації на 100 грн. Кількість одиниць реалізованої продукції також збільшиться: протягом першого року – на 250 шт., протягом другого року – ще на 550 шт., протягом третього року – ще на 1500 шт.

Орієнтовно: реалізація продукції до впровадження результатів наукової розробки складала 1 шт., а її ціна – 200 грн.

Спрогнозуємо збільшення чистого прибутку підприємства від впровадження результатів наукової розробки у кожному році відносно базового. Збільшення чистого прибутку підприємства  $\Delta\Pi_1$  протягом першого року складе:

$$\Delta\Pi_1 = [600 \cdot 1 + (300 + 200) \cdot 250] \cdot 0,88 \cdot 0,25 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 22608 \text{ (грн)}.$$

Збільшення чистого прибутку підприємства  $\Delta\Pi_1$  протягом другого року (відносно базового року, тобто року до впровадження результатів наукової розробки) складе:

$$\Delta\Pi_2 = [600 \cdot 1 + (300 + 200) \cdot (250 + 550)] \cdot 0,88 \cdot 0,25 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 72108 \text{ (грн)}.$$

Збільшення чистого прибутку підприємства  $\Delta\Pi_1$  протягом третього року (відносно базового року, тобто року до впровадження результатів наукової розробки) складе:

$$\Delta\Pi_3 = [600 \cdot 1 + (300 + 200) \cdot (250 + 550 + 1500)] \cdot 0,88 \cdot 0,25 \cdot \left(1 - \frac{18}{100}\right) = 207108 \text{ (грн)}.$$

#### 4.4 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності

Основними показниками, які визначають доцільність фінансування наукової розробки певним інвестором, є абсолютна і відносна ефективність вкладених інвестицій та термін їх окупності.

Розрахунок ефективності вкладених інвестицій передбачає проведення таких робіт:

1-й крок. Розраховується теперішня вартість інвестицій  $PV$ , що вкладаються в наукову розробку. Такою вартістю можемо вважати прогнозовану величину загальних витрат  $ZB$  на виконання та впровадження результатів НДДКР, розраховану за формулою (4.6), тобто будемо вважати, що  $ZB = PV = 71543,84$ .

2-й крок. Розраховується очікуване збільшення прибутку  $\Delta \Pi_i$ , що його отримає підприємство (організація) від впровадження результатів наукової розробки, для кожного із років, починаючи з першого року впровадження. Таке збільшення прибутку також було розраховане нами раніше за формулою (4.7).

3-й крок. Для спрощення подальших розрахунків будемо вісь часу, на яку наносимо всі платежі (інвестиції та прибутки), що мають місце під час виконання науково-дослідної роботи та впровадження її результатів.

Платежі показуємо у ті терміни, коли вони здійснюються.

Припустимо, що загальні витрати  $ZB$  на виконання та впровадження результатів НДДКР (або теперішня вартість інвестицій  $PV$ ) дорівнює 71543,84 грн. Результати вкладених у наукову розробку інвестицій почнуть виявлятися через три роки.

Ці результати виявляться у тому, що у першому році підприємство отримає збільшення чистого прибутку на 22608 грн відносно базового року, у другому році – збільшення чистого прибутку на 72108 грн (відносно

базового року), у третьому році – збільшення чистого прибутку на 207108 грн (відносно базового року).

Тоді рух платежів (інвестицій та додаткових прибутків) буде мати вигляд, наведений на рис. 4.1.

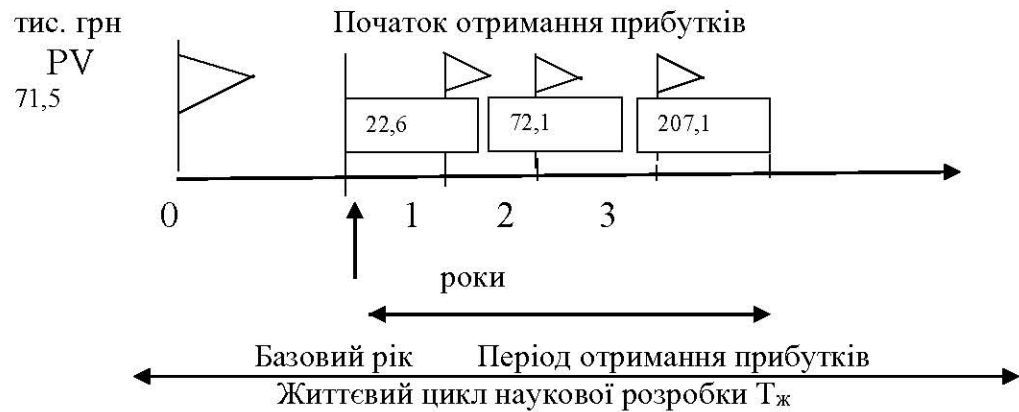


Рисунок 4.1 – Вісь часу з фіксацією платежів, що мають місце під час розробки та впровадження результатів НДДКР

4-й крок. Розраховується абсолютна ефективність вкладених інвестицій  $E_{абс}$ .

Для цього використовується формула:

$$E_{абс} = (ПП - PV), \quad (4.8)$$

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

PV – теперішня вартість інвестицій  $PV = 3B$ , грн.

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

$$ПП = \sum_{i=1}^t \frac{\Delta\Pi_i}{(1 + \tau)^i}, \quad (4.9)$$

де  $\Delta\Pi_i$  – збільшення чистого прибутку у кожному із років, протягом яких виявляються результати виконаної та впровадженої НДДКР, грн.;



$t$  – період часу, протягом якого виявляються результати впровадженої НДДКР, роки;

$\tau$  – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні;

$t$  – період часу (в роках) від моменту отримання чистого прибутку до точки „0”.

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

Розрахуємо абсолютну ефективність інвестицій, вкладених у реалізацію проекту. Ставка дисконтування  $\tau$  дорівнює 0,1. Отримаємо:

$$ПП = \frac{22608}{(1 + 0,1)^1} + \frac{72108}{(1 + 0,1)^2} + \frac{207108}{(1 + 0,1)^3} = 238243,83 \text{ (грн)}.$$

Тоді,

$$E_{абс} = 238243,83 - 71543,84 = 166700,00 \text{ (грн)}.$$

Оскільки  $E_{абс} > 0$ , то вкладання коштів на виконання та впровадження результатів НДДКР є доцільним.

5-й крок. Розраховуємо відносну (щорічну) ефективність вкладених в наукову розробку інвестицій  $E_v$ . Для цього використовуємо формулу:

$$E_v = T_{ж} \sqrt[1 + \frac{E_{абс}}{PV}]{1} - 1, \quad (4.10)$$

де  $E_{абс}$  – абсолютна ефективність вкладених інвестицій, грн;

$PV$  – теперішня вартість інвестицій  $PV = 3B$ , грн;

$T_{ж}$  – життєвий цикл наукової розробки, роки.

Далі, розрахована величина  $E_v$  порівнюється з мінімальною (бар'єрною) ставкою дисконтування  $\tau$  мін, яка визначає ту мінімальну дохідність, нижче за яку інвестиції вкладатися не будуть.

У загальному вигляді мінімальна (бар'єрна) ставка дисконтування  $\tau_{\min}$  визначається за формулою:

$$\tau = d + f, \quad (4.11)$$

де  $d$  – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках;  $d = 0,17$ ;

$f$  – показник, що характеризує ризикованість вкладень; зазвичай, величина  $f = 0,05$ .

Якщо величина  $E_B > \tau_{\min}$ , то інвестор може бути зацікавлений у фінансуванні даної наукової розробки. В іншому випадку фінансування наукової розробки здійснюватися не буде.

Спочатку спрогнозуємо величину  $\tau_{\min}$ . Припустимо, що за даних умов  $\tau_{\min} = 0,17 + 0,05 = 0,22$ . Тоді відносна (щорічна) ефективність вкладних інвестицій в проведення наукових досліджень та впровадження їх результатів складе:

$$E_B = \sqrt[3]{1 + \frac{166700,00}{71543,84}} - 1 = \sqrt[3]{3,33} - 1 = 0,49 \text{ або } 49\%$$

Оскільки  $E_B = 49\% > \tau_{\min} = 0,22 = 22\%$ , то у інвестора буде зацікавленість вкладати гроші в дану наукову розробку, оскільки значно більші прибутки він отримає від того, що інвестує кошти розробку, а не розмістить гроші на депозит у комерційному банку.

6-й крок. Розраховуємо термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій. Термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій  $T_{ок}$  можна розрахувати за формулою:

$$T_{ок} = \frac{1}{E_B}. \quad (4.12)$$

Якщо  $T_{ок}$  буде менше 5-ти років, то фінансування даної наукової розробки загалом є доцільним. В інших випадках потрібні додаткові розрахунки та обґрунтування.

Для нашої розробки термін окупності вкладених у реалізацію проекту інвестицій  $T_{ок}$  складе:

$$T_{ок} = \frac{1}{0,49} = 2 \text{ (роки)},$$

що свідчить про доцільність фінансування даної наукової розробки.

#### 4.5 Висновки до четвертого розділу

В даному розділі було виконано оцінювання комерційного потенціалу розробки інформаційної технології цифрової корекції та підвищення якості растрових зображень. Проведено технологічний аудит з залученням трьох незалежних експертів. Визначено, що рівень комерційного потенціалу розробки вище середнього.

Проведено порівняння з аналогом. Найближчою За рахунок комбінування методів підвищення якості зображень новий програмний продукт краще підвищує інформативність зображення ніж аналоги. Згідно з проведеним оцінюванням запропонована розробка більш якісна, тому є конкурентоспроможною.

Загальна вартість витрат на розробку 71543,84 грн.

Очікується, що основний прибуток буде отримуватись протягом трьох років. Також здійснено розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності. Життєвий цикл наукової розробки становить 3 роки. Абсолютна ефективність вкладених інвестицій дорівнює 166700,00 грн. Відносна щорічна ефективність вкладених коштів становить 49%, при мінімальному порозі в 22%. Термін окупності інвестицій складає 2 роки. Таким чином, фінансування розробки є доцільним для інвестора і може принести потенційний прибуток.

## ВИСНОВКИ

Розроблено комплекс моделей і програмних модулів для оптимізації і аналізу ефективності і ризиків виробничих систем як технологічних перетворювачів ресурсів.

Математична суть розробки. Напрацювання теоретичних і прикладних результатів стосовно нових алгебраїчних об'єктів – стохастичних (розмитих) ФВ

Методологічна суть розробки. Інтеграція задач прикладного системного аналізу: оптимізації та аналізу ризиків для технічних систем (розглядаємо саме ризики технологічного характеру).

В роботі досягнуто поставленої мети – підвищення ефективності управління сучасними комп'ютерними системами для обслуговування при наявності довільних випадкових невизначеностей і збурень за рахунок розробки моделей, методів і програм аналізу класів «механізмів», що породжують невизначеності і збурення і застосування ефективного управління при наявності невизначеностей і збурень.

Для досягнення поставленої мети виконано розв'язання таких задач:

- проведено аналіз стану розробки моделей систем обслуговування об'єктів з невизначеностями і випадковими збуреннями;
- виконано аналіз типових ресурсних структур об'єктів – послідовних, паралельних з ресурсними і часовими зв'язками між підсистемами;
- побудовано узагальнену модель оптимального управління процесами функціонування систем на базі вбудованих генераторів випадкових процесів з заданими розподілами ймовірностей;
- виконано моделювання роботи елементів і підсистем.

Також виконано класифікації класів породжуючих механізмів випадкових процесів – гаусівських, негаусівських та інших.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Колесник І.С., Закордонєць А.В. Функції імітаційного моделювання в роботі сучасних комп'ютерних систем / Колесник І.С., Закордонєць А.В. // Тези доповідей НТКП ВНТУ. Факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії (2018), Україна, Вінниця, 22-23 березня 2018 р.: збірник наукових праць.- Вінниця: ВНТУ, 2018.
2. Отримання ймовірностей розподілу ринку між виробниками певного сегменту виробництва / Боровська Т. М., Колесник І.С., Закордонєць А.В., Григорішен О.О. / ЗАЯВА №4 від 04.11.2019
3. Методичні вказівки до виконання студентами-магістрантами економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. В. О. Козловський – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 22 с.
4. Колесник І. С. Моделювання процесів розподілу ресурсів у децентралізованих системах: дис. 01.05.02 канд. техн. наук, зах. 17.03.2006, затв. 08.06.2006 / Колесник І. С. – Вінниця.: ВНТУ, 2016. – 208 с.
5. Колесник І.С. Розробка імітаційних моделей для оцінки ризиків ринку./ Колесник І.С., Северілов П.В., Северілов В.А. // Матеріали V Міжнародної НПК „Економічна безпека сучасного підприємства”. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2014 – С. 66-71 – ISBN 978-966-641-246-4.
6. Дзегелєнок І.І., Кузнецов А.Ю. Паралельні мультикомп'ютерні мережі як напрям розвитку розподілених супер-ЕОМ//Сб. "Системи управління і силова електроніка"/ Під заг. ред. В.Д.Ковальова.-М.: ВЕІ.-2001, с.62-67
7. Дзегелєнок І.І., Глін П.Е. і ін. Декомпозиційний підхід до здійснення GRID-технологій// Науково-технічний журнал «Інформаційна математика»– М.: Вид-во «АСТ-фізико-математична література» № 1(5), 2005, с.110–119 Танєнбаум Е. Комп'ютерні мережі. – СПб.: Пітер, 2004 р. 848с.
8. Щєглов А. Ю. Принципи обслуговування заявок в обчислювальних системах з динамічними відносними пріоритетами // Інформаційні технології. 1997. № 8. С. 17—21.



9. Щеглов А. Ю. Принципи уніфікації методів кодового управління множинним доступом до ресурсів обчислювальних систем і ЛОМ // Інформаційні технології. 1998. № 2. С. 20-25.

10. Щеглов А. Ю. Метод синтезу розкладів обслуговування заявок для розподілених обчислювальних систем і ЛОМ реального часу // Інформаційні технології. 1997. № 10. С. 22-27.

11. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука. / Шеннон Р. – М.: Мир, 1978. – 418 с.

12. . Шрейдер Ю.А. Системы и модели. / Шрейдер Ю.А., Шаров А.А. — М.: Радио и связь, 1982. – 216 с.

13. Ясинский Ф.Н. Математическое моделирование с помощью компьютерных сетей. / Ясинский Ф.Н., Чернышева Л.П., Пекунов В.В. – Иваново, 2000. – 204 с.

14. Bellman R.E. Decision-making in a Fuzzy Environment. / Bellman R.E., Zadeh L.A. — MS, vol. 17, 1970.

15. David L. Drake, Katherine L. Morse. The Security-Specific Eight-Stage Risk Assessments Methodology. – Proceed. Of the 17 th National Computer Security Conference, 1946.

16. Тмашевський В.М. Моделювання систем – К.: Видавнича група ВНУ, 2015- 352с.

17. Локазюк В.М., Поморова О.В., Домінов А.О. Інтелектуальне діагностування мікропроцесорних пристроїв та систем: Навч. посібник для вузів. Хмельницький.- 2001.-286с.

18. Nykolaychuk Y., Pitukh I., Vozna N., Nykolaychuk L.. Information technologies of models formalization and designing for data movement in computer networks of automatic control system // Proc. of the third IEEE workshop on Intelligent data acquisition and advanced computing systems: Technology and applications (IDAACS'2005). – Sofia, (Bulgaria).-2005. – P.253-259.

19. Анисимов А.В. Конвейерное вычисление элементарных функций по

методу цифра за цифрой// Известия ЛЭТИ: сб. науч. тр.: -Л. – 1991. – Вып.438. – С. 20- 23.

20. Ахо Альфред, В. Хохкрофт, Джон, Ульман, Джеффри Структуры данных и алгоритмы.: Пер.с англ.: М.: Издательский дом “Вильямс”, 2001.- 384с.

21. Балашов Е.П. и др. Высокопроизводительные специализированные процессоры для вычисления элементарных функций // Электронное моделирование. – 1983. – № 4 – С. 61-65.

22. Бердышев Е. Технология ММХ. Новые возможности процессоров P5 и P6.- М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 1998.- 234 с.

23. Брамм П., Брамм Д. Микропроцессор 80386 и его программирование. – М.: Мир, 1990.- 448 с.

24. В.И. Гриценко, Е.А. Котиков, А.А. Урсатьев и др. Модель распределенной информационной системы широкого применения // УСиМ.- 1999.-№5- С.32.- 42.