

## Розробка і дослідження математичних моделей і програм оптимального управління розвитком для об'єктів з узагальненими паралельними структурами

Вінницький національний технічний університет

### Анотація

Розглядається актуальна для практики і важлива для теорії задача оптимального управління процесами виробництва і розвитку сучасних виробничих систем. Вибрано для дослідження і розробки три класи паралельних структур: аддитивна, багатопродуктова, комплект. Виконано аналіз і настроювання вибраних структур на виконання таких задач: - отримання бінарного дерева, параметризація, - постановки і рішення задачі оптимального розвитку для агрегованої системи, - отримання модуля оперативного управління. Подано виконання задач наступного рівня: сервісних: - фінанси, - постачання, - ритейл, - рециклінг та ін. З точки зору «чистого виробництва» - сервіси є підсистемами обслуговування. Показано, що при використанні методології оптимального агрегування фінанси і рециклінг – «природні частини» «оптимальної еквівалентної функції «витрати, випуск». В цілому маємо "безпошукову" інтелектуальну адаптивну систему. Методи оптимального агрегування замінюють багатовимірні задачі оптимізації еквівалентними системами одновимірних задач оптимізації. Це дозволяє використовувати векторизацію обчислень замість пошукових методів. Перевага вибраних методів - інформаційна ефективність багаторівневих систем на базі оптимального агрегування: - можливість інформаційного обміну між моделями різних рівнів ієрархії і підсистемами, вбудована можливість реконфігурації при відмовах.

**Ключові слова:** оптимальне агрегування, ритейл, конкуренція, виробництво, паралельні структури.

### Abstracts

The problem of optimal management of production processes and development of modern production systems, which is relevant for practice and important for theory, is considered. Selected for research and development of three classes of parallel structures: additive, multi-product, kit. The analysis and adjustment of the selected structures to perform the following tasks are performed: - obtaining a binary tree, parameterization, - setting and solving the problem of optimal development for an aggregate system, - obtaining a module of operational control. The following tasks are performed: service: - finance, - supply, - retail, - recycling, etc. From the point of view of "pure production" - services are subsystems of service. It is shown that when using the methodology of optimal aggregation, finance and recycling are "natural parts" of the optimal equivalent function "costs, output". In general, we have a "searchless" intelligent adaptive system. Optimal aggregation methods replace multidimensional optimization problems with equivalent systems of one-dimensional optimization problems. This allows you to use vectorization of calculations instead of search methods. The advantage of the chosen methods is the information efficiency of multilevel systems on the basis of optimal aggregation: - the possibility of information exchange between models of different levels of hierarchy and subsystems, the built-in possibility of reconfiguration in case of failures.

**Keywords:** optimal aggregation, retail, competition, production, parallel structures.

### Вступ

Актуальність проблеми. Сучасний стан світового виробництва: - глобалізація, зростання ефективності за рахунок високих технологій і масштабів, мільйона авто на дорогах і тисячі літаків в повітрі. Вперше в історії людства виробництво продуктів харчування перевищило потреби. Змінилась структура суспільства: селяни – 5%, індустріальні виробники – 7%. Інші виробники – в

обслуговуванні: доставка піци, домашні викладачі і тренери, робітники глобальних інформаційних структур.

Головні проблеми науки в області управління глобалізованим виробництвом: розробка «твердих» математичних платформ» для методів оптимального адаптивного управління виробничими системами - від кондиціонера до державної економіки. Судячи з суспільних і наукових публікацій, економісти і спеціалісти з управління ще не розробили моделі управління виробництвом в умовах насичених ринків і процесів «деглобалізації» виробництва у автономні кластери. індустріальної епохи. Ці відмінності можна бачити в нових термінах науково-технічних публікацій: «цифровий інжиніринг» – комп'ютерні методи розробки «безпілотних» систем управління, «цифрова копія» – імітаційна модель об'єкта придатна для заміни реального об'єкту у довгих ресурсних випробуваннях. Головна проблема в названих змінах – відставання математичного і програмного забезпечення сучасних виробництв від зростання складності і динамічності сучасних виробництв.

Тема даної роботи – розробка комп'ютерної системи оптимального адаптивного управління проектами виробництва і розвитку сучасними виробничими системами, для певного класу сучасних структур виробництва – паралельних: аддитивних, багатопродуктових, структур - комплектів.

Перша частина роботи – аналіз зовнішніх і внутрішніх аналогів. «Внутрішні» аналоги – дисертації, монографії, статті і попередні дипломні роботи, зокрема своя бакалаврська робота.

Оптимізація виробництва ускладнюється високою розмірністю, динамічністю і суттєвою нелінійністю характеристик виробничих систем. Це потребує розробки нових моделей, методів і програм для нових автоматизованих систем управління.

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

Аналіз ефективності методів оптимального управління паралельними структурами. Головні риси сучасного виробництва - попит і пропозиція, конкуренція. Сьогодні закриття головного підприємства у певному райцентрі веде до закриття школи, технікуму, клубу і породжує процеси, подібні до детройтської деіндустріалізації. Детройт - молоде і велике індустріальне місто втратило свою індустрію, освіту культуру не через економічну чи кліматичну кризу, а через соціальну нестабільність: заводи закрилися, а потім закрилися театри, бібліотеки.

Великий прогрес в області інтелектуально-пошукових технологій та комп'ютерно-інтегрованих систем поки дав задовільні результати у побудові ефективного управління регіональними системами різних масштабів – від селища до мегаполісів. Причинами спочатку були недостатні потужності комп'ютерних систем.

Аналіз структур сучасних виробничих систем.

При аналізі потреб ринку необхідно враховувати визначені фактори такі як зовнішнє середовище, що безпосередньо впливає на темп продаж системи виробників і ретейлерів. Об'єкти аналізу: дійсні законодавчі акти, що контролюють реалізаційну діяльність підприємства, та їх оцінка впливу на можливий суб'єкт господарської діяльності. На рис 1 подана базова паралельна структура виробництва.

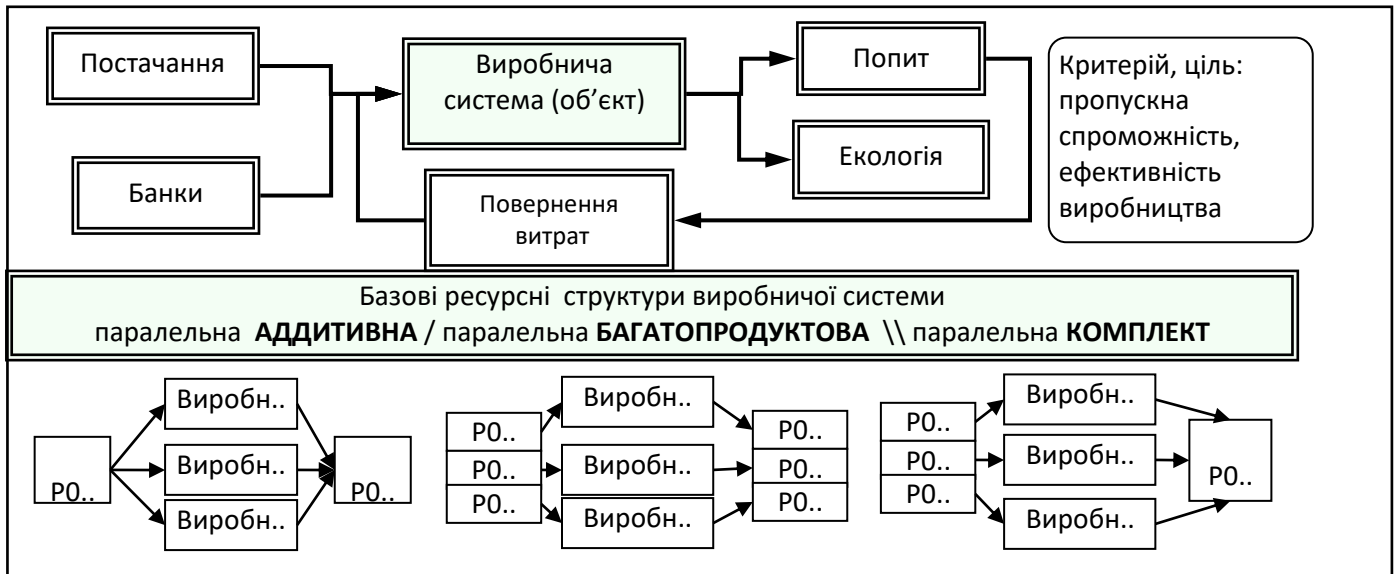


Рис. 1. Схема об'єкту управління і його оточення для паралельних структур

Аналіз сучасних моделей паралельних структур виробничих систем існує велика кількість ресурсних структур виробництва і ресурсних структур виробів. Для типових структур раціонально зробити програмні модулі – бінарні оператори оптимального агрегування, а не вирішувати задачі для більше двох елементів. Паралельна адитивна структура дозволяє нарощувати виробничі потужності для одного класу виробів; в багатопродуктовій системі паралельно виробляється певна кількість різних продуктів. Вхід структури «паралельна комплект» набір підсистем з яких збирається певний виріб – комп'ютер, двигун ГТ, холодильник.

Сучасні методи розробки систем оперативного управління виробництвом (оптимальне агрегування).

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

Сучасні методи розробки систем управління виробництвом і розвитком є досить відпрацьованою областю в методології оптимального агрегування. Це синтез і програмна реалізація Розроблена інформаційна технологія створення комплексу моделей і методів, що отримали неформальну назву «цифрова копія об'єкту». На базі нової інформаційної технології виконується розробка програмних модулів управління складними структурами.

### Висновки

Виконано аналіз нової актуальної для теорії і практики задачі розробки системи управління стійким розвитком регіональної системи. Дана частина комплексної роботи призначена для розробки і дослідження двох проблем – оптимізацією інтегрованої системи «виробництво, розвиток, ритейл». Виявлені і формалізовані критерії оптимізації системи: ефективності життєвих циклів окремих марок продуктів виробництва, як об'єктів класу «витрати, випуск».

Виконано аналіз для рішення оптимізаційної задачі і вибрано методи оптимального агрегування для оптимізації паралельних і послідовних ресурсних структур системи життєвих циклів продуктів виробництва., що в сукупності є новою технічною задачею управління структурою «виробництво, розвиток, ритейл». Потенційна перевага вибраних методів – тверда математична основа – алгебра оптимального агрегування. Виконано аналіз вибраних методів в аспекті ефективної адаптації до динаміки і розмірності об'єктів регіональних систем. Виконано аналіз публікацій з управління регіональними системами. Вибрано внутрішні аналоги – навчальні посібники з управління проектами і дослідження операцій. Вибрано за основу розробки управління системами проектів рішення варіаційної задачі розвитку, що є продовження робіт Беллмана «узагальнена варіаційна

задача розподілу» і «варіаційна задача Марковіца». В роботі подано приклади оптимального агрегування для діапазону розмірностей від 4-ох до 128. На базі аналізу властивостей алгебри оптимального агрегування – параметризації, пам'яті попередніх агрегувань вибрано шлях вирішення поставлених задач: розробка нового бінарного оператора оптимального агрегування об'єктів «життєвий цикл марки продукту виробництва». Розглянуто урахування в моделях «виробництво, розвиток, ритейл» характеристик функцій попиту різних ринків. Згідно теореми Коуза функції власне економіки – обслуговування транзакцій угод найму, купівлі-продажу а не управління виробництвом та інновації. Сьогодні транзакційні витрати складають 70-80% витрат фірми, а провідні країни отримують доходи на обслуговуванні транзакцій. В рамках класичної «до комп'ютерної» науки неможливо було створити адекватну модель, реального об'єкту тільки на базі апроксимацій, лінеаризації та пошукових методів. Новизна і «надлишок» нових можливостей методу оптимального агрегування були подані на конкретному прикладі – оптимізації системи великої розмірності, де подано рішення задачі від постановки до аналізу результатів оптимізації. Методологія оптимального агрегування, не вирішує, а знімає проблеми розмірності, не випуклості, неперервності функцій виробництва, але вимагає ефективного використання методів прикладного системного аналізу.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

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

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

**Боровська Таїса Миколаївна** — доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерних систем управління, Вінницький національний технічний університет, e-mail: taisaborovska@vntu.edu.ua

**Демчук Олександр Ігорович** студент групи 2АКІТ-20м, факультет комп'ютерних систем та автоматики, Вінницький національний технічний університет, e-mail: k20011125@gmail.com

**Пешко Іван Сергійович** – студент групи 2АКІТ-20м, факультет комп'ютерних систем та автоматики, Вінницький національний технічний університет, e-mail: ivanpeshko70@gmail.com

**Borovska Taisa M.** - Dr. Sc. (Eng.), Professor of Computer Control Systems, Vinnytsia National Technical University, e-mail: taisaborovska@vntu.edu.ua

**Demchukov Oleksandr I.** – student of 2AKIT-20m sp, Department of Computer Systems and Automation, Vinnytsia National Technical University, e-mail: k20011125@gmail.com

**Peshko Ivan S.** – student of 2AKIT-20m sp, Department of Computer Systems and Automation, Vinnytsia National Technical University, e-mail: ivanpeshko70@gmail.com