

Харківський національний університет радіоелектроніки

Ульянова Олеся Сергіївна

УДК 004.652: 004.896

МОДЕЛІ ТА МЕТОДИ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОГО СИНТЕЗУ  
ФІЗИЧНИХ СТРУКТУР ПРИ АВТОМАТИЗОВАНОМУ ПРОЕКТУВАННІ  
РОЗПОДІЛЕНИХ БАЗ ДАНИХ

05.13.12 – системи автоматизації проектувальних робіт

Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Харків – 2011

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Харківському національному університеті радіоелектроніки Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України.

Науковий керівник – кандидат технічних наук, професор Євсєєв Віктор Володимирович, Харківський національний університет радіоелектроніки, професор кафедри системотехніки.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор Годлевський Михайло Дмитрович, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", завідувач кафедри автоматизованих систем управління;

доктор технічних наук, професор Нефьодов Леонід Іванович, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, завідувач кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій.

Захист відбудеться "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 2011 р. о \_\_. \_\_ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.052.02 у Харківському національному університеті радіоелектроніки за адресою: 61166, м. Харків, пр. Леніна, 14.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Харківського національного університету радіоелектроніки за адресою: 61166, м. Харків, пр. Леніна, 14.

Автореферат розісланий "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 2011 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради

Безкорвайний В.В.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** У системах прийняття рішень державного, регіонального, муніципального та корпоративного рівня використовується різноманітна інформація з множин територіально розосереджених джерел. Це приводить до необхідності створення відповідних розосереджених систем інформаційно-обчислювальної інфраструктури. Основними елементами таких систем є розподілені бази даних (РБД), які у багатьох випадках дозволяють зменшити витрати на зберігання даних, підвищити їх живучість та зменшити мережний трафік.

При декомпозиції процесу проектування РБД виділяють множини взаємозв'язаних задач, що умовно об'єднуються в етапи концептуального, логічного і фізичного проектування, присвячених відповідно синтезу їх концептуальних, логічних і фізичних структур. Частина задач проектування РБД є слабо формалізованими, має багатокритеріальний і комбінаторний характер, інші мають високу розмірність, що робить проблематичним пошук ефективних і стійких проектних рішень. При цьому вартісні і функціональні характеристики РБД багато в чому визначаються їх фізичними структурами, що визначає важливе місце задач синтезу фізичних структур в процесах їх автоматизованого проектування.

Не зважаючи на численні публікації, присвячені вирішенню окремих задач синтезу фізичних структур РБД, актуальним залишається науково-технічне завдання підвищення ефективності систем автоматизації проектування РБД, зокрема, розробка математичних моделей і ефективних методів синтезу для мереж із різними видами структур за множиною критеріїв із врахуванням вимог точності, обчислювальних і часових обмежень.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота є результатом проведених автором досліджень з 2004 по 2010 рр. на кафедрі системотехніки Харківського національного університету радіоелектроніки (ХНУРЕ) у рамках держбюджетних тем №196-2 "Розробка математичних моделей системного структурно-топологічного синтезу регіональних територіально розподілених об'єктів" (№ ДР 0106U003175) та № 236-2 "Розробка математичних моделей і методів структурного синтезу територіально розподілених об'єктів з неоднорідними компонентами" (ДР № 0109U002571). У рамках завдань названих тем здобувачем розроблені математичні моделі, методи, алгоритми і програмне забезпечення для розв'язання задач багатокритеріального синтезу фізичних структур РБД.

**Мета і завдання дослідження.** Метою дисертаційної роботи є розробка ефективних математичних моделей, методів, алгоритмів та інструментального засобу для багатокритеріального синтезу фізичних структур РБД та розв'язання на цій основі важливого науково-практичного завдання підвищення ефективності систем автоматизації проектування РБД.

Мета дисертаційної роботи визначила такі задачі дослідження:

- провести огляд та аналіз сучасного стану проблеми автоматизованого

проектування РБД для підвищення ефективності систем їх автоматизованого проектування;

- сформулювати постановку загальної задачі синтезу фізичних структур РБД, яка дозволяє отримувати розв'язки за множиною функціонально-вартісних критеріїв для комп'ютерних мереж довільної структури;

- розробити комплекс математичних моделей для багатокритеріального оцінювання та оптимізації варіантів фізичних структур на етапі проектування РБД, які функціонують у комп'ютерних мережах довільної структури, що дозволить отримувати більш повний набір їх функціонально-вартісних характеристик;

- розробити комплекс ефективних за показниками точності та складності методів багатокритеріального синтезу фізичних структур РБД, які функціонують у комп'ютерних мережах довільної структури;

- розробити алгоритми та програмне забезпечення задачі багатокритеріального синтезу фізичних структур РБД для автоматизованої технології їх проектування;

- провести експериментальне дослідження ефективності та практичну апробацію отриманих теоретичних результатів.

*Об'єктом дослідження є процеси багатокритеріального синтезу фізичних структур розподілених баз даних.*

*Предметом дослідження є моделі та методи багатокритеріального синтезу фізичних структур розподілених баз даних на етапі їх проектування.*

*Методи дослідження.* Дослідження базуються на комплексному використанні методів системного аналізу, теорії графів, теорії корисності, багатофакторного оцінювання та математичного програмування. При розробці моделей оцінки функціональних характеристик фізичних структур РБД використані аналітичні моделі теорії масового обслуговування та метод пошуку найкоротших шляхів на основі алгоритму Флойда-Уоршелла; для багатофакторного оцінювання та вибору альтернатив використовуються методи теорії корисності та прийняття рішень; для розв'язання задач оптимізації фізичних структур використані методи усіченого перебору варіантів, на основі адитивного алгоритму Балаша, покоординатної оптимізації, еволюційного синтезу.

**Наукова новизна отриманих результатів** полягає в розробці комплексу ефективних математичних моделей, методів для багатокритеріальної оптимізації фізичних структур РБД та розв'язання на цій основі важливої науково-технічної задачі підвищення ефективності систем автоматизації проектування РБД.

В результаті дослідження отримані такі нові наукові результати:

- вперше розроблена математична модель загальної багатокритеріальної задачі синтезу фізичних структур РБД для комп'ютерних мереж довільної структури, яка враховує їх вартісні та функціональні характеристики, об'єднує відомі однокритеріальні задачі та дозволяє шляхом зміни системи обмежень отримувати відомі однокритеріальні моделі;

– розроблений метод усіченого перебору варіантів для розв’язання задачі багатокритеріального синтезу фізичних структур РБД, який має істотно меншу часову складність, ніж відомі методи перебору;

– удосконалені математична модель і метод оцінки часу доступу до інформаційних ресурсів РБД у частині їх розповсюдження на комп’ютерні мережі довільної структури;

– набули подальшого розвитку методи синтезу фізичних структур РБД на основі схем адитивного алгоритму Балаша, покоординатної оптимізації та еволюційного синтезу шляхом урахування особливостей багатокритеріальної задачі, що дозволяє отримувати ефективні проектні рішення за множиною функціонально-вартісних показників.

**Практичне значення отриманих результатів.** Розроблені моделі та методи багатofакторного синтезу фізичних структур розвивають методологічну основу створення ефективних інструментальних засобів систем підтримки прийняття рішень для технологій автоматизованого проектування РБД. Усі наведені моделі та методи розв’язання задач синтезу фізичних структур реалізовані програмно. Вони апробовані, довели свою працездатність та ефективність на прикладах розв’язання задач синтезу фізичних структур РБД для комп’ютерних мереж довільної структури.

Практичне значення результатів підтверджується їх впровадженням. Результати дисертаційної роботи впроваджені: в держбюджетні науково-дослідні роботи, які виконуються згідно з тематичним планом ХНУРЕ (акт від 20.04.2010 р.); у навчальний процес на кафедрі системотехніки ХНУРЕ (акт від 20.06.2010 р.); у НДІ Біології Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна (акт № 68 від 19.01.2010 р.).

**Особистий внесок здобувача.** Усі результати дисертаційної роботи отримані безпосередньо здобувачем та опубліковані в [1 – 19]. У працях, опублікованих у співавторстві, здобувачеві належить: у [1] – багатокритеріальний підхід до проектування РБД; у [2] – програмне забезпечення автоматизованого проектування РБД за вартісним критерієм; у [4] – програмне забезпечення автоматизованого проектування РБД за критерієм середнього часу відповіді; у [6] – схема декомпозиції загальної задачі синтезу РБД; у [7] – багатокритеріальна математична модель синтезу фізичних структур РБД; у [8] – метод оцінювання часу доступу до інформаційних ресурсів при фізичній реалізації РБД; у [9] – методи багатокритеріального синтезу фізичних структур РБД; у [11] – програмне забезпечення для розв’язання задач багатокритеріального синтезу фізичних структур РБД; у [13] – багатокритеріальний підхід до синтезу фізичних структур РБД.

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати дисертаційної роботи доповідалися й обговорювалися на: 10-ій Міжнародній конференції "Теорія й техніка передачі, прийому й обробки інформації", м. Харків, ХНУРЕ, 2004 р.; 8–11-му, 14-му Міжнародних молодіжних форумах "Радіоелектроніка й молодь у ХХІ столітті", м. Харків, ХНУРЕ, 2004–2007 рр., 2010 р.; 7–9-ій, 12-ій Науково-практичних міжнародних конференціях "Інформаційні технології в

освіті та управлінні", м. Нова Каховка, 2005–2007 рр., 2010 р.; 3-му Молодіжному науково-практичному форумі "Інформаційні технології в ХХІ столітті", м. Дніпропетровськ, УДХТУ, 2005 р.; 1-му Міжнародному форумі "*Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science*" Львів-Славське, 2006 р.; 4-му Молодіжному науково-практичному форумі "Інформаційні технології в ХХІ столітті", м. Дніпропетровськ, УДХТУ, 2006 р.; 2-ій Міжнародній конференції "Сучасні інформаційні системи. Проблеми та тенденції розвитку", м. Харків, ХНУРЕ, 2007 р.

**Публікації.** Основні результати дисертаційної роботи опубліковані у 19 працях, серед яких 9 статей у журналах та збірниках наукових праць, що входять до переліків, затверджених ВАК України, 10 тез доповідей опублікованих у матеріалах наукових конференцій.

**Структура та обсяг роботи.** Робота складається із вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел із 132 найменувань на 15 сторінках, 1 додатку на 4 сторінках. Її повний обсяг становить 181 сторінку, у тому числі 30 рисунків (15 сторінок), 68 таблиць (29 сторінок).

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтована актуальність теми дослідження та необхідність розробки багатокритеріальних математичних моделей і методів синтезу фізичних структур РБД; сформульовані мета, завдання, об'єкт, предмет дослідження, наукова новизна та практична цінність роботи; названі методи дослідження; наведена декларація особистого внеску здобувача у публікаціях зі співавторами, відомості про апробацію результатів і публікації за темою дисертації.

**Перший розділ** роботи присвячено огляду й аналізу сучасного стану проблеми автоматизованого проектування РБД. У ньому виділені особливості РБД, як об'єктів автоматизованого проектування, виконано аналіз процесів їх автоматизованого проектування. РБД, які проектуються, істотно розрізняються за кількістю потенційних користувачів, вузлів комп'ютерних мереж, в яких вони функціонують, інформаційних ресурсів (ІР), локальних баз даних. Це вимагає використання у системах автоматизації проектування РБД множин методів синтезу їх фізичних структур, що розрізняються за точністю, часовою та ємнісною складністю.

На основі огляду публікацій за темою дослідження виділено постановки і математичні описи типових задач синтезу фізичних структур РБД. В результаті аналізу традиційних задач синтезу фізичних структур РБД, математичних моделей і методів їх розв'язання встановлено, що, не дивлячись на численні публікації, ця тема вимагає подальших досліджень.

Зокрема, встановлена необхідність постановки узагальненої задачі синтезу фізичних структур РБД, яка б об'єднувала відомі часткові задачі та враховувала б різні функціонально-вартісні критерії оптимізації. Для такої задачі необхідною є розробка математичних моделей і ефективних методів її розв'язання для комп'ютерних мереж із різними видами структур та з врахуван-

ням вимог точності, обчислювальних і часових обмежень.

Основні результати розділу опубліковані в [1, 5, 13, 14, 16 – 18].

У другому розділі розглядаються питання розробки математичних моделей задач багатокритеріального синтезу фізичних структур РБД. На початковому етапі виконано декомпозицію проблеми синтезу РБД *MetaTask*, що дозволило подати її у вигляді дворівневого комплексу задач макро- та мікрорівнів:

$$MetaTask = \{Task^l\}, \quad Task^l = \{Task_i^l\}, \quad i = \overline{1, i_l}, \quad l = \overline{1, 2}, \quad (1)$$

де  $Task^l$  – множина задач синтезу РБД рівня  $l$ ;  $i$  – номер задачі;  $i_l$  – кількість задач на  $l$ -му рівні декомпозиції.

Задачі макрорівня є задачами системного проектування та відрізняються обмеженнями, які відображають особливості етапів життєвого циклу РБД:

$$Task^l = \{Task_i^l\}, \quad i = \overline{1, 4}, \quad (2)$$

де  $Task_1^l$  – формування вимог до РБД та розробка технічного завдання на проектування;  $Task_2^l$  – системне проектування РБД;  $Task_3^l$  – підтримка структур (адаптація) РБД;  $Task_4^l$  – реінжиніринг РБД.

Задачі мікрорівня пов'язані з розв'язанням питань системного проектування РБД:

$$Task^2 = \{Task_i^2\}, \quad i = \overline{1, 5}, \quad (3)$$

де  $Task_1^2$  – визначення кількості та складу ІР;  $Task_2^2$  – вибір типу та архітектури РБД;  $Task_3^2$  – розміщення ІР у РБД;  $Task_4^2$  – визначення характеристик каналів зв'язку;  $Task_5^2$  – визначення ємності запам'ятовуючих пристроїв для зберігання локальних баз даних.

На основі аналізу множини виділених задач (1) – (3) створені інформаційні моделі технології проектування РБД на макро- та мікрорівнях, які відображають схеми взаємозв'язків задач за вхідними і вихідними даними і служать ескізами технологій і процедур проектування РБД.

Загальна задача синтезу фізичних структур РБД об'єднує задачі  $Task_3^2$ ,  $Task_4^2$  та  $Task_5^2$  і сформульована так. Задані: множина потенційних територіально розосереджених користувачів бази даних  $I = \{i\}$ ,  $i = \overline{1, n}$ , які пов'язані однорідною комп'ютерною мережею  $G = (I, R)$  (де  $R = [r_{ik}]$ ,  $i, k = \overline{1, n}$  – матриця суміжності, яка визначає множину каналів зв'язку між вузлами мережі); множина ІР (файлів, фондів)  $J = \{j\}$ ,  $j = \overline{1, m}$ ; обсяги ІР

$l = [l_j]$ ,  $j = \overline{1, m}$ ; інтенсивності надходження запитів із кожного вузла мережі до кожного з ІР  $\lambda = [\lambda_{ij}]$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $j = \overline{1, m}$ ; середні обсяги запитів до ІР із вузлів мережі  $a = [a_{ij}]$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $j = \overline{1, m}$ ; обсяги відповідей на запити  $\beta_{ij}$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $j = \overline{1, m}$ ; витрати на зберігання ІР у вузлах мережі в залежності від обсягу інформації  $c(x) = [c_{ij}(x)]$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $j = \overline{1, m}$ ;  $x = [x_{ij}]$  – матриця розміщення ІР по вузлах мережі:  $x_{ij}$  – булева змінна:  $x_{ij} = 1$ , якщо  $j$ -й ІР зберігається у  $i$ -му вузлі мережі;  $x_{ij} = 0$ , у іншому випадку; витрати на передавання одиниці інформації  $c_t$ ; обсяг інформації, що передається для оновлення ІР  $l' = [l'_j]$ ,  $j = \overline{1, m}$ ;  $z = [z_{ij}]$  – матриця оновлень ІР:  $z_{ij}$  – булева змінна:  $z_{ij} = 1$ , якщо  $j$ -й ІР оновлюється з  $i$ -го вузла мережі;  $z_{ij} = 0$ , у іншому випадку;  $S^* = \{s\}$  – множина допустимих реалізацій фізичних структур.

Необхідно визначити найкращий за множиною функціонально-вартісних показників (витрати на реалізацію фізичної структури РБД, час доступу до інформаційних ресурсів РБД, обсяг даних, що передаються) варіант фізичної структури  $s^0$  (кількість локальних баз даних, розподіл ІР по локальним базам  $x = [x_{ij}]$ , розміщення баз даних по вузлах мережі  $x = [x_{ij}]$ , ємності запам'ятовуючих пристроїв для зберігання локальних баз даних  $b = [b_i]$ ,  $i = \overline{1, n}$  та пропускні здатності каналів зв'язку між вузлами мережі  $h = [h_{ik}]$ ,  $i, k = \overline{1, n}$ ).

Формально варіант фізичної структури подається кортежем  $s = \langle x, b, h \rangle$ , а множина допустимих розв'язків задачі визначається умовами:

$$S^* = \{s = \langle x^*, b^*, h^* \rangle\} = \left\{ \begin{array}{l} \underset{\Pi}{M} x^* = \{x\}, x = [x_{ij}], x_{ij} \in \{0, 1\}, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}, \\ \underset{\Pi}{\Pi} \underset{\Pi}{e} \underset{\Pi}{e} \underset{\Pi}{x_{ij}} \underset{\Pi}{i} \underset{\Pi}{m}, \underset{\Pi}{e} \underset{\Pi}{x_{ij}} \underset{\Pi}{i} \underset{\Pi}{1}, \forall j = \overline{1, m}; \\ \underset{\Pi}{\Pi} \underset{\Pi}{i=1} \underset{\Pi}{j=1} \underset{\Pi}{i=1} \underset{\Pi}{i=1} \\ \underset{\Pi}{\Pi} b^*(x) = [b_i^*(x)], b_i^*(x) = \underset{\Pi}{e} \underset{\Pi}{j=1} \underset{\Pi}{m} l_j x_{ij}, i = \overline{1, n}; \\ \underset{\Pi}{\Pi} \underset{\Pi}{h^*(x)} = [h_{ij}^*(x)], h_{ij}^*(x) = \underset{\Pi}{\Pi} \underset{\Pi}{\Pi} \max\{ \underset{\Pi}{e} \underset{\Pi}{i,j} \lambda_{ij} a_{ij} x_{ij}, \underset{\Pi}{e} \underset{\Pi}{i,j} \lambda_{ij} \beta_{ij} x_{ij} \}, i, j \in N_{ij}, \\ \underset{\Pi}{\Pi} \underset{\Pi}{\Pi} \end{array} \right.$$

де  $S^*$  – множина допустимих варіантів фізичних структур;  $s$  – варіант фізичної структури;  $x^*$  – множина допустимих варіантів розміщення ІР по вузлах мережі;  $n$  – кількість вузлів мережі;  $m$  – кількість ІР у РБД;  $b^*$ ,  $h^*$  – вектори раціональних ємностей запам'ятовуючих пристроїв і пропускних здатностей каналів зв'язку.

Витрати на реалізацію  $s$ -го варіанту фізичної структури РБД складаються з витрат на зберігання ІР та витрат на передавання запитів-відповідей (включа-



ючи оновлення IP):

$$c(s) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij}(s) x_{ij} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_t (\alpha_{ij} + \beta'_{ij}) x_{ij} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_t l_j z_{ij}, \quad (4)$$

де  $c_{ij}(s)$  – витрати на зберігання  $j$ -го IP у  $i$ -му вузлі мережі;  $c_t$  – витрати на передачі одиниці інформації;  $\alpha_{ij}$  – сумарний обсяг запитів до  $j$ -го IP з  $i$ -го вузла ( $\alpha_{ij} = \lambda_{ij} a_{ij} T$ , де  $\lambda_{ij}$  та  $a_{ij}$  – відповідно середня інтенсивність виникнення запитів та середній обсяг запиту до  $j$ -го IP з  $i$ -го вузла мережі;  $T$  – інтервал часу, на якому здійснюється оцінка витрат);  $\beta'_{ij}$  – сумарний обсяг відповідей на запити до  $j$ -го IP з  $i$ -го вузла мережі ( $\beta'_{ij} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \beta_{ij}$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $j = \overline{1, m}$ ).

Час доступу до інформаційних ресурсів РБД включає час передавання та час обробки запитів і відповідей:

$$t(s) = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m [t_{ij}^{tr}(s) + t_{ij}^{pr}(s) + t_{ij}^{qp}(s) + t_{ij}^{rp}(s)] x_{ij}}{n \cdot m}, \quad (5)$$

де  $t_{ij}^{tr}(s)$  – час передавання запиту з  $i$ -го вузла мережі до  $j$ -го IP;  $t_{ij}^{pr}(s)$  – час очікування запиту з  $i$ -го вузла мережі по  $j$ -му IP;  $t_{ij}^{qp}(s)$  – час обробки запиту з  $i$ -го вузла мережі по  $j$ -му IP;  $t_{ij}^{rp}(s)$  – час передачі відповіді на запит з  $i$ -го вузла мережі до  $j$ -го IP.

Загальний обсяг інформації, що передається комп'ютерною мережею:

$$v(s) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (\alpha_{ij} + \beta_{ij}) d_{ij}(s) x_{ij} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m l_j d_{ij}(s) z_{ij}, \quad (6)$$

де  $d_{ij}(s)$  – відстань від місця зберігання  $j$ -го IP до  $i$ -го вузла мережі.

Обмеження загальної задачі:

– на значення змінних

$$x_{ij} \in \{0, 1\}, \forall i = \overline{1, n}, \forall j = \overline{1, m}; \quad (7)$$

– на наявність усіх інформаційних ресурсів у РБД

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} = m; \quad (8)$$

–на тиражування (кількість копій) IP

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} > 1, \forall j = 1, m, \sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, \forall j = 1, m. \quad (9)$$

При цьому перше обмеження (9) відповідає РБД із тиражуванням (зберігання більш однієї копії) IP, а друге – без тиражування. При зберіганні більш ніж однієї копії інформаційних ресурсів у розподіленій базі даних обмеження

(8) трансформується у 
$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} > m.$$

Компромісний розв’язок базової багатокритеріальної задачі синтезу фізичних структур формально визначається системою з трьох часткових критеріїв, побудованих на основі (4) – (6)

$$c(s) \rightarrow \min_{s \in S^*}; t(s) \rightarrow \min_{s \in S^*}; v(s) \rightarrow \min_{s \in S^*} \quad (10)$$

та системою обмежень (7) – (9).

Частковими варіантами загальної багатокритеріальної задачі синтезу фізичних структур є задачі з обмеженнями на показники (4) – (6).

$$t(s) \rightarrow \min_{s \in S^*}; v(s) \rightarrow \min_{s \in S^*}; c(s) \leq c^*; \quad (11)$$

$$c(s) \rightarrow \min_{s \in S^*}; v(s) \rightarrow \min_{s \in S^*}; t(s) \leq t^*; \quad (12)$$

$$v(s) \rightarrow \min_{s \in S^*}; c(s) \leq c^*; t(s) \leq t^* \quad (13)$$

при виконанні обмежень (7) – (9).

При створенні РБД на базі корпоративних мереж враховуються обмеження на пропускні здатності каналів зв’язку (14) і (або) ємкості запам’ятовуючих пристроїв

$$h_{ik} \leq h_{ik}^*, \forall i, k = 1, n; \quad (14)$$

$$b_i \leq b_i^*, \forall i = 1, n, \quad (15)$$

де  $h_{ik}^*$  – допустиме значення пропускної здатності каналу зв’язку між  $i$ -м

и  $k$ -м вузлами мережі;  $b_i^*$  – допустиме значення ємності  $i$ -го запам'ятовуючого пристрою.

З урахуванням особливостей технологій проектування РБД для багатокритеріального оцінювання та вибору компромісних проектних рішень обрано моделі аналізу ієрархії та кількісної теорії корисності виду:

$$P(s) = \left\{ \left[ \beta \prod_{i=1}^L \lambda_i \xi_i(s) \right] + \left[ (1 - \beta) \prod_{i=1}^L \xi_i(s) \right]^{\lambda_i} \right\}; \quad (16)$$

де  $L$  – кількість часткових критеріїв;  $\lambda_i$ ,  $\xi_i(s) = \xi(k_i(s))$  – ваговий коефіцієнт і функція корисності часткового критерію  $k_i(s)$ ,  $i = \overline{1, L}$ ,  $\lambda_i \geq 0$ ,

$\sum_{i=1}^L \lambda_i = 1$ ;  $\xi_i(s) = [\bar{k}_i(s)]^{\alpha_i} = \{ [k_i(s) - k_i^-] / [k_i^+ - k_i^-] \}^{\alpha_i}$ ;  $\alpha_i$  – параметр, що ви-

значає вид залежності  $\xi_i(s)$ : при  $0 < \alpha < 1$  – опукла вгору; при  $\alpha = 1$  – лінійна;  $\alpha > 1$  – опукла вниз;  $\beta$  – адаптаційний параметр, що визначає вид залежності (16),  $0 \leq \beta \leq 1$ . При  $\beta = 1$  і  $\beta = 0$  реалізуються відповідно адитивна і мультиплікативна функції загальної корисності.

Для визначених вагових коефіцієнтів часткових критеріїв  $\lambda_i$ ,  $i = \overline{1, L}$  задача багатокритеріального синтезу фізичних структур РБД набуває вигляду:

$$s^0 = \arg \max_{s \in S^*} P(s), \quad (17)$$

де  $S^*$  – множина допустимих розв'язків задачі.

Основні результати розділу опубліковані в [6, 7, 19].

У **третьому розділі** наведено опис запропонованих комбінаторних і евристичних методів розв'язання задач багатокритеріального синтезу фізичних структур РБД та надана їх порівняльна оцінка.

Для оцінки часу доступу до інформаційних ресурсів РБД, що функціонують у комп'ютерних мережах довільної структури запропоновано двоетапний аналітико-імітаційний метод. На першому етапі за допомогою алгоритму Флойда-Уоршелла визначаються шляхи передачі запитів-відповідей і трафік комп'ютерної мережі. На другому етапі з використанням теорії масового обслуговування визначається час доступу до ІР. У загальному випадку час доступу до ІР складається з часів очікування запитів і відповідей у чергах кожного вузла на шляху від вузла-джерела до вузла, у якому розміщений відповідний ресурс, часу передавання по каналах зв'язку та часу пошуку ІР у локальній базі даних.

Час доступу з  $i$ -го вузла мережі до ІР, розташованого у  $j$ -му вузлі мережі, для заданого варіанту фізичної структури РБД  $s \in S^*$  визначається згідно з (5).

При цьому час передавання запиту  $t_{ij}^{tr}$  по комп'ютерній мережі:

$$t_{ij}^{tr} = \sum_{k,l \in N_{ij}} \frac{a_{ij}}{h_{kl}}, \quad (18)$$

де  $a_{ij}$  – обсяг запиту до  $j$ -го інформаційного ресурсу з  $i$ -го вузла мережі;  $h_{kl}$  – пропускна здатність каналу зв'язку між  $k$ -м і  $l$ -м вузлами мережі;  $N_{ij}$  – множина вузлів на шляху передавання запиту з  $i$ -го у  $j$ -й вузол мережі.

Загальний час очікування запитів у чергах вузлів мережі  $t_{ij}^{pr}$  визначається як сума часів очікувань на кожній фазі при передачі запиту  $t_{kl}^{pr}$  і відповіді  $t_{lk}^{pr}$ :

$$t_{ij}^{pr} = \sum_{k,l \in N_{ij}} (t_{kl}^{pr} + t_{lk}^{pr}). \quad (19)$$

На початкових етапах проектування фізичної структури розподіленої бази даних оцінка часів очікувань запитів  $t_{kl}^{pr}$  і відповідей  $t_{lk}^{pr}$  (за умови пуасонівських потоків запитів і відповідей) може бути проведена за співвідношеннями:

$$t_{kl}^{pr} = \frac{\eta_{kl}}{\lambda_{kl}}, \quad t_{lk}^{pr} = \frac{\eta_{lk}}{\lambda_{lk}}, \quad l, k \in N_{ij}, \quad (20)$$

де  $\eta_{kl} = \frac{\rho_l^2}{1 - \rho_l}$ ,  $\eta_{lk} = \frac{\rho_k^2}{1 - \rho_k}$  – середні кількості запитів і відповідей у

чергах між  $k$ -м та  $l$ -м, а також  $l$ -м та  $k$ -м вузлами мережі;  $\rho_k = \frac{\lambda_{kl}}{\mu_k}$ ,  $\rho_l = \frac{\lambda_{kl}}{\mu_l}$  – коефіцієнти завантаження  $k$ -го та  $l$ -го вузлів;  $\lambda_{kl}$ ,  $\lambda_{lk}$  – інтенсивності потоків між вузлами  $k$  та  $l$ , а також  $l$  та  $k$ ;  $\mu_k$ ,  $\mu_l$  – інтенсивності обробки запитів і відповідей у вузлах  $k$  та  $l$  відповідно.

Час передавання відповіді на запит з  $i$ -го вузла мережі до  $j$ -го ІР:

$$t_{ij}^{rp} = \sum_{l,k \in N_{ji}} \frac{\beta_{ij}}{h_{lk}}, \quad (21)$$

де  $\beta_{ij}$  – обсяг відповіді на запит до  $j$ -го ІР з  $i$ -го вузла мережі;  $h_{lk}$  – пропускна здатність каналу зв'язку між  $l$ -м та  $k$ -м вузлами мережі;  $N_{ji}$  – множина вузлів на шляху передавання відповіді з  $j$ -го в  $i$ -й вузол мережі.

Процес доступу до інформаційних ресурсів РБД подається ланцюгом

накопичувачів та каналів багатofазної системи масового обслуговування (рис. 1).

Для точного розв'язання багатокритеріальних задач синтезу фізичних структур РБД невеликої розмірності ( $n \leq 10$ ,  $m \leq 10$ ) запропоновано метод усіченого перебору варіантів (КМУП). Очевидно, що загальна кількість варіантів розподілення  $m$  ІР по локальним базам складає  $1^m + 2^m + \dots + \hat{n}^m$  (де  $\hat{n} = \min\{m, n\}$ ,  $n$  – кількість вузлів мережі). Множина варіантів розміщення  $n_b$  локальних баз на  $n$  вузлах являє собою множину сполучень  $C_n^{n_b}$ . З урахуванням цього загальна задача синтезу фізичних структур РБД без обмежень має

$$\text{Card } S_1^* = |S_1^*| = 1^m C_n^1 + 2^m C_n^2 + \dots + \hat{n}^m C_n^{\hat{n}} = \sum_{n_b=1}^{\hat{n}} n_b^m C_n^{n_b} \text{ варіантів розв'язків.}$$

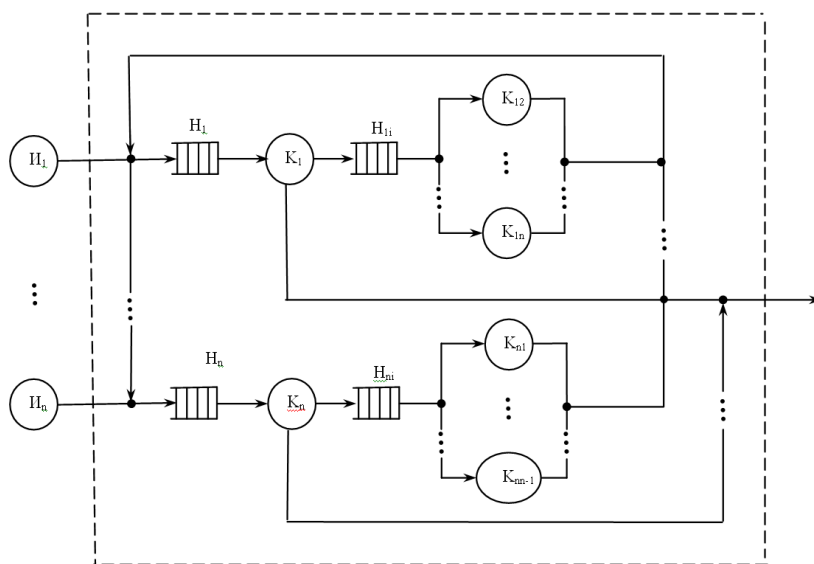


Рис. 1.  $Q$ -схема для моделювання фізичних структур РБД:

$K_i$ ,  $i = \overline{1, n}$  – вузли мережі;  $H_i$ ,  $i = \overline{1, n}$  – буферна пам'ять вузлів;  $K_{ij}$ ,

$i, j = \overline{1, n}$  – канали зв'язку між вузлами мережі;

$H_{ij}$ ,  $i, j = \overline{1, n}$  – буферна пам'ять каналів зв'язку між вузлами мережі.

Для скорочення перебору варіантів висунуто припущення, що локальні бази розміщуються в усіх  $n$  вузлах мережі ( $n_b = n$ ). Після розміщення  $m$  ІР по вузлах мережі локальні бази створюються лише в тих вузлах, де зберігатиметься хоча б один ІР. З урахуванням цього кількість варіантів розподілення  $m$  ІР по  $n$  вузлах мережі складає  $\text{Card } S_2^* = |S_2^*| = n^m$ , що дає суттєве скорочення кількості варіантів (табл. 1).

Для розв'язання задач більшої розмірності ( $n \leq 15$ ,  $m \leq 15$ ) за умови рівності кількості вузлів кількості ІР  $n=m$  запропоновано метод, заснований на

адитивному алгоритмі Балаша (МААБ), який для адитивної функції загальної корисності дозволяє знайти оптимальний варіант фізичної структури. У ньому за граничне (недопустиме) значення цільової функції  $\min P(s)$  приймається таке, що відповідає найгіршим (недопустимим) значенням критеріїв витрат (4), часу доступу (5) і обсягу інформації, що передається (6). Для розмірності  $n = 10$  та  $m = 10$  задача розв'язується за допомогою цього методу за прийнятний час. Проте при збільшенні кількості ІР на одиницю час розв'язку зростає приблизно у 21 раз, що обмежує його застосування на практиці.

Для розв'язання задач великої розмірності ( $n \leq 15$ ,  $m \leq 15$ ) запропоновано модифікації наближених методів еволюційного синтезу (МЕС) та покоординатної оптимізації (МПО).

Таблиця 1

### Скорочення множини варіантів фізичних структур

Розмірність задачі ( $n=m$ )	$Card S_1^* / Card S_2^*$	Розмірність задачі ( $n=m$ )	$Card S_1^* / Card S_2^*$
5	3,52	15	57,43
10	14,24	20	231,33

Кількість генів хромосоми для методу еволюційного синтезу дорівнює  $n \cdot m$ , а алелі генів приймають значення 0 або 1, залежно від наявності або відсутності ІР у вузлі мережі. Локус визначає номер вузла у комп'ютерній мережі. Перевірка ваги кожної хромосоми  $u$  здійснюється шляхом аналізу згенерованого бітового масиву, з урахуванням кількості ІР, що задається ( $u = m$ ).

Як координати у запропонованій модифікації методу по координатній оптимізації розглядаються місця розміщення ІР. Суть процедури оптимізації полягає в поліпшенні деякого початкового розміщення  $m$  ІР на  $n$  вузлах комп'ютерної мережі шляхом послідовного переміщення одного з ресурсів при фіксованому розміщенні  $m - 1$  інших. При цьому початкове розміщення інформаційних ресурсів формується випадковим способом, а для кожного з варіантів розміщення визначаються необхідні ємності запам'ятовуючих пристроїв для зберігання локальних баз даних і пропускні здатності каналів зв'язку комп'ютерної мережі.

Для остаточного вибору варіанту фізичної структури на останніх етапах проектування, коли розглядається лише декілька ефективних альтернатив, запропоновано використовувати метод аналізу ієрархій.

Порівняльна оцінка ефективності запропонованих методів здійснювалась на основі результатів розв'язків 150 задач синтезу фізичних структур РБД на персональному комп'ютері з тактовою частотою процесора 4,5 ГГц за показниками точності (похибки) та часу розв'язання.

При розв'язанні задач багатокритеріального синтезу фізичних структур РБД з  $n \in [100; 200]$  раціональним виявилось застосування комбінаторних методів. Часова складність методу усіченого перебору варіантів апроксимується функціями  $t(n) = 0,0221 n^m$  ( $m = 5$ ,  $2 \leq n \leq 15$ , достовірність  $R = 0,99$ ) і

$t(m) = 0,0251 n^m$  ( $n = 5, 2 \leq m \leq 10$ , достовірність  $R = 0,99$ ). При цьому в задачах з  $n = m = 5$  час розв'язання задачі методом на основі адитивного алгоритму приблизно в 2,4 рази менший, ніж методом усіченого перебору варіантів. При  $n \uparrow m > 200$ , зважаючи на значний час розв'язання задачі, застосування комбінаторних методів стає нераціональним. Застосування методів еволюційного синтезу і покоординатної оптимізації виправдане при допустимості отримання наближеного розв'язку задачі із  $n \uparrow m > 200$ .

Часова складність методу еволюційного синтезу апроксимується функціями  $t(n) = 0,531 n^2 - 8,510 n + 61,019$  ( $15 \leq n \leq 30$ ,  $m = 30$ , кількість епох  $\zeta^* = 100$ , достовірність  $R = 0,96$ ) і  $t(m) = 11,755 m^2 - 248,89 m + 1210,1$  ( $15 \leq m \leq 30$ ,  $n = 30$ , кількість епох  $\zeta^* = 100$ , достовірність  $R = 0,98$ ). Часова складність методу покоординатної оптимізації апроксимується функціями  $t(n) = 9,031 n^2 - 188,35 n + 856,83$  ( $15 \leq n \leq 30$ ,  $m = 30$ , достовірність  $R = 0,98$ ) і  $t(m) = 21,175 m^2 - 421,59 m + 1892,8$  ( $15 \leq m \leq 30$ ,  $n = 30$ , достовірність  $R = 0,97$ ). При значно меншому часі розв'язання задачі методом покоординатної оптимізації (у порівнянні з комбінаторними методами) середня відносна похибка склала  $\bar{\sigma} = 3,7 \%$ , а максимальна відносна похибка –  $\sigma_{max} = 6,1 \%$ . Для методу еволюційного синтезу, похибки склала  $\bar{\sigma} = 7,3 \%$  та  $\sigma_{max} = 12,1 \%$  відповідно.

Основні результати розділу опубліковані в [8, 9, 12, 15].

У **четвертому розділі** наведено опис розробленого програмного забезпечення та приклади розв'язання задач синтезу фізичних структур РБД для комп'ютерних мереж із різними видами структур.

Для розв'язання задач синтезу фізичних структур РБД розроблений інтерактивний програмний комплекс *SyntFS*. Він реалізований на основі процедурного принципу. Кожна процедура відповідає окремому блоку алгоритму розв'язання задачі (рис. 2). Програмний комплекс *SyntFS* призначений для розв'язання загальної і часткових задач багатокритеріального синтезу фізичних структур РБД за показниками витрат на реалізацію фізичної структури, середнього часу доступу до IP, загального обсягу переданої інформації при реалізації фізичної структури РБД. Структура програмного комплексу *SyntFS* включає блоки для зберігання, відображення й обробки інформації в процесі розв'язання задачі синтезу фізичних структур РБД.

Розглянуті приклади розв'язання за допомогою програмного комплексу *SyntFS* практичних задач синтезу фізичних структур РБД, що реалізуються у корпоративних комп'ютерних мережах із зіркоподібною, деревовидною і комбінованою структурами методами усіченого перебору, еволюційного синтезу та покоординатної оптимізації.

Наведено детальний опис задачі оптимізації фізичної структури РБД для науково-дослідного інституту Біології Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна, що функціонує у комп'ютерній мережі з 13 серверами та

потребує зберігання 30 ІР. Отримані її багатокритеріальні розв'язки за показниками витрат і часу доступу до ІР методами покоординатної оптимізації та еволюційного синтезу.

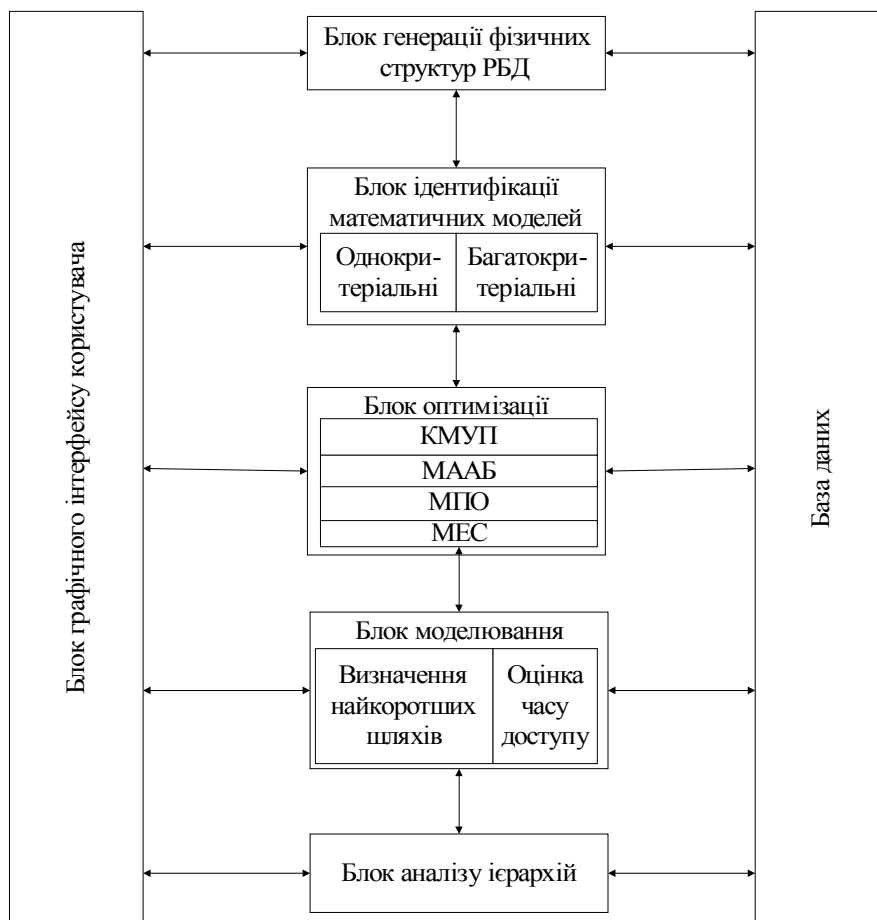


Рис. 2. Структура програмного комплексу синтезу фізичних структур *SynFS*

Час розв'язання задачі на персональному комп'ютері з тактовою частотою процесора 4,5 ГГц склав відповідно 11300,2 секунди і 3954,2 секунди. Розв'язок, отриманий методом покоординатної оптимізації дозволив скоротити витрати на реалізацію фізичної структури РБД у 1,47 рази та середній час доступу до інформаційних ресурсів у 2,6 рази, в порівнянні з існуючою фізичною структурою РБД.

Наведені приклади розв'язання задач синтезу фізичних структур РБД повністю підтвердили працездатність і ефективність розроблених в дисертаційній роботі математичних моделей, методів, алгоритмів і програмного комплексу.

Основні результати розділу опубліковані в [2, 4, 10, 11].

## ВИСНОВКИ



У дисертаційній роботі отримано розв'язання науково-технічної задачі підвищення ефективності систем автоматизації проектування розподілених баз даних шляхом створення ефективних математичних моделей, методів, алгоритмів і програмного забезпечення для процедур багатокритеріального синтезу їх фізичних структур.

1. Проведено системологічний аналіз проблеми проектування розподілених баз даних, виконана її декомпозиція на комплекси взаємопов'язаних задач макро- і мікрорівня. Встановлено, що: більшість задач проектування РБД мають комбінаторний багатокритеріальний характер і високу розмірність; складність їх спільного розв'язання обумовлює ітераційний характер процедур проектування РБД; витрати на створення і ефективність функціонування РБД багато в чому визначаються їх фізичними структурами, що визначає особливе місце задач синтезу фізичних структур у технологіях проектування РБД.

2. Сформульована постановка загальної багатокритеріальної задачі синтезу фізичних структур РБД для комп'ютерних мереж довільної структури, що враховує їх вартісні і функціональні характеристики і об'єднує відомі однокритеріальні задачі. Шляхом введення обмежень вона трансформується до відомих часткових і однокритеріальних задач.

3. Удосконалена математична модель для оцінки часу доступу до інформаційних ресурсів РБД, яка, на відміну від існуючих моделей, придатна для комп'ютерних мереж довільної структури. Її використання у системах автоматизації проектування дозволить зменшити обсяг їх математичного забезпечення без втрати адекватності моделювання.

4. Розроблена математична модель задачі багатокритеріального синтезу фізичних структур РБД, що враховує їх вартісні і функціональні характеристики та дозволяє шляхом зміни системи обмежень отримувати відомі однокритеріальні моделі. У ній використана адитивно-мультиплікативна функція загальної корисності, що дозволяє з використанням одного додаткового параметра реалізувати переваги адитивних і мультиплікативних моделей.

5. Для розв'язання задач синтезу фізичних структур РБД із врахуванням специфіки задачі наявних обчислювальних і часових ресурсів пропонується використовувати комбінаторні і наближені методи багатокритеріальної кількісної теорії корисності, а також метод аналізу ієрархії.

6. Розроблений метод усіченого перебору варіантів для розв'язання задачі багатокритеріального синтезу фізичних структур РБД, що має істотно меншу часову складність, ніж відомі методи перебору. Для кількості інформаційних ресурсів і вузлів мережі від 5 до 20 він дозволяє зменшити час розв'язання задачі від 3,52 до 231,33 разів. Це дозволяє розв'язувати в умовах обмежених обчислювальних і часових ресурсів задачі значно більшої розмірності.

7. Набули подальшого розвитку методи синтезу фізичних структур на основі схем адитивного алгоритму Балаша, покоординатної оптимізації і еволюційного синтезу шляхом урахування особливостей багатокритеріальних задач синтезу фізичних структур РБД. Це дозволяє отримувати ефективні

проектні розв'язки з урахуванням множини функціонально-вартісних показників. Запропонований варіант методу покоординатної оптимізації дозволяє зменшити середню відносну похибку розв'язків задачі розмірністю (кількості вузлів та інформаційних ресурсів) від 5 до 30, у порівнянні з відомим методом еволюційного синтезу, на 12,3 – 49,31%.

8. Розроблені математичні моделі і методи багатокритеріального синтезу фізичних структур розвивають методологічну основу створення ефективних інструментальних засобів автоматизації проектування, розподілених баз даних. Вони реалізовані у розробленому програмному комплексі багатокритеріального синтезу фізичних структур РБД *SyntFS*.

9. Практичне значення результатів підтверджується їх впровадженням. Результати дисертаційної роботи впроваджені: у держбюджетні науководослідні роботи, що виконуються згідно з тематичним планом науководослідних робіт ХНУРЕ; у навчальний процес на кафедрі системотехніки ХНУРЕ; у НДІ Біології Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна.

10. Розроблені математичні моделі, методи, алгоритми і програмне забезпечення можуть бути використані при розв'язанні практичних задач проектування, управління проектами створення, планування розвитку і реінжинірингу РБД. Практична цінність отриманих результатів полягає у зменшенні часу проектування, підвищенні якості проектних рішень за рахунок урахування множини різнорідних показників, а також у можливості розв'язання практичних завдань більшої розмірності.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Евсеев В.В. Многокритериальный подход к проектированию распределенной базы данных / В.В. Евсеев, О.С. Богуш // Вестник Херсонского национального технического университета. – 2005. – № 1(21). – С. 317 – 320.

2. Евсеев В.В. Разработка программного обеспечения автоматизированного проектирования распределенных баз данных / В.В. Евсеев, О.С. Богуш // Вестник Херсонского национального технического университета. – 2006. – № 1(24). – С. 259 – 261.

3. Богуш О.С. Синтез распределенной базы данных в информационно-обучающей среде с использованием генетического алгоритма / О.С. Богуш // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – 2006. – № 31. – С. 227 – 232.

4. Евсеев В.В. Программное средство размещения информационных фондов в распределенной базе данных по стоимостному критерию / В.В. Евсеев, О.С. Богуш, Д.А. Войтко // Вестник Херсонского национального технического университета. – 2007. – № 4(27). – С. 317 – 321.

5. Богуш О.С. Использование Grid-концепции при проектировании распределенных баз данных в информационно-обучающей среде / О.С. Богуш // Бионика интеллекта. – 2007. – № 2(67). – С. 99 – 102.

6. Бескоровайный В.В. Системологический анализ проблемы автоматизированного проектирования распределенных баз данных / В.В. Бескоровайный, В.В. Евсеев, О.С. Ульянова // Вестник Херсонского национального технического университета. – 2010. – № 38. – С. 120 – 125.
7. Бескоровайный В.В. Математические модели многокритериального синтеза распределенных баз данных / В.В. Бескоровайный, О.С. Ульянова // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2010. – № 4. – С. 44 – 48.
8. Бескоровайный В.В. Оценка времени доступа к информационным ресурсам распределенных баз данных при решении задач синтеза их физических структур / В.В. Бескоровайный, О.С. Ульянова // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2010. – № 3(15). – С. 210 – 214.
9. Бескоровайный В.В. Методы синтеза физических структур распределенных баз данных / В.В. Бескоровайный, О.С. Ульянова // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – 2010. – № 47. – С.136 – 146.
10. Богуш О.С. Разработка программного средства оптимального размещения информационных фондов в распределенной базе данных / О.С. Богуш // Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке: 8-й междунар. молодеж. форум, 2 – 5 апр. 2004 г.: тезисы докл. – Харьков: ХНУРЭ, 2004. – С. 202.
11. Евсеев В.В. Разработка программного комплекса проектирования распределенной базы данных в информационно-обучающей среде / В.В. Евсеев, О.С. Богуш // Теория и техника передачи, приема и обработки информации: 10-я междунар. науч. конф., 20 – 22 сент. 2004 г.: тезисы докл. – Харьков: ХНУРЭ, 2004. – С. 237 – 238.
12. Богуш О.С. Методы и алгоритмы многокритериального проектирования распределенной базы данных / О.С. Богуш // Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке: 9-й междунар. молодеж. форум, 30 март. – 2 апр., 2005 г.: тезисы докл. – Харьков: ХНУРЭ, 2005. – С. 402.
13. Евсеев В.В. Многокритериальный синтез распределенной базы данных / В.В. Евсеев, О.С. Богуш // Информационные технологии в XXI веке: III-й молодеж. науч.-практич. форум, 27 – 29 апр. 2005 г.: сб. докл. и тезисов. – Днепрпетровск: ИПК ИнКомЦентра УГХТУ, 2005. – С. 73 – 74.
14. Bogush O.S. Theoretical aspects of synthesis of the distributed database it is information-training environments on the basis of technology a client-server / O.S. Bogush // Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science, 22 – 26 febr. 2006. – Lviv: Publishing House of Lviv Polytechnic. – 2006. – P. 414 – 416.
15. Богуш О.С. Генетический алгоритм – метод многокритериального проектирования распределенных баз данных / О.С. Богуш // Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке: 10-й междунар. молодеж. форум, 31 март. – 3 апр. 2006 г.: сб. материалов форума. – Харьков: ХНУРЭ, 2006. – С. 397.
16. Богуш О.С. Построение распределенной базы данных на основе архитектуры клиент-сервер / О.С. Богуш // Информационные технологии в XXI

веке: IV-й молодеж. науч.-практич. форум, 28 – 31 апр. 2006 г.: сб. докл. и тезисов. – Днепропетровск: ИПК ИнКомЦентра УГХТУ, 2006. – С. 11 – 12.

17. Богуш О.С. Информационно-коммуникационное обеспечение узла информационно-обучающей среды / О.С. Богуш // Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке: 11-й междунар. молодеж. форум, 2 – 5 апр. 2007 г.: сб. материалов форума. – Харьков: ХНУРЭ, 2007. – С. 207.

18. Богуш О.С. Автоматизированное проектирование распределенных баз данных в информационно-обучающей среде / О.С. Богуш // Сучасні інформаційні системи. Проблеми та тенденції розвитку: 2-я междунар. конф., 14 – 17 сент. 2007 г.: сб. материалов конф. – Харьков: ХНУРЭ, 2007. – С. 221 – 222.

19. Ульянова О.С. Модели оптимального проектирования распределенных баз данных / О.С. Ульянова // Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке: 14-й междунар. молодеж. форум, 2 – 4 апр. 2010 г.: сб. материалов форума. – Харьков: ХНУРЭ, 2010. – С. 218.

## АНОТАЦІЯ

**Ульянова О.С. Моделі та методи багатокритеріального синтезу фізичних структур при автоматизованому проектуванні розподілених баз даних.** – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.12 – системи автоматизації проектувальних робіт. – Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, 2011.

У дисертаційній роботі отримано розв'язання важливої науково-технічної задачі підвищення ефективності систем автоматизації проектування розподілених баз даних (РБД) шляхом створення ефективних математичних моделей, методів, алгоритмів і програмного забезпечення для процедур багатокритеріального синтезу їх фізичних структур. Сформульована постановка загальної багатокритеріальної задачі синтезу фізичних структур РБД для комп'ютерних мереж довільної структури, що враховує їх вартісні і функціональні характеристики й об'єднує відомі однокритеріальні задачі.

Розроблені та вдосконалені математичні моделі задач оцінки часу доступу до інформаційних ресурсів РБД і багатокритеріального синтезу їх фізичних структур РБД. Розроблені та вдосконалені методи усіченого перебору варіантів, на основі адитивного алгоритму Балаша, еволюційного синтезу і покоординатної оптимізації для розв'язання задач багатокритеріального синтезу фізичних структур РБД, що мають меншу часову складність, ніж відомі методи.

**Ключові слова:** розподілена база даних, автоматизація проектування, багатокритеріальний синтез, фізична структура, часу доступу, модель, оптимізація.

## АННОТАЦИЯ

**Ульянова О.С. Модели и методы многокритериального синтеза физических структур при автоматизированном проектировании распределенных баз данных.** – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.12 – системы автоматизации проектных работ. – Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков, 2011.

В диссертационной работе получено решение важной научно-технической задачи повышения эффективности систем автоматизации проектирования распределенных баз данных (РБД) путем создания эффективных математических моделей, методов, алгоритмов и программного обеспечения для процедур многокритериального синтеза их физических структур.

Проведен системологический анализ проблемы проектирования распределенных баз данных. В рамках агрегативно-декомпозиционного и блочно-иерархического подходов выполнена ее декомпозиция на комплексы взаимосвязанных задач макро- и микроуровня. Установлено, что: большинство задач проектирования РБД имеют комбинаторный многокритериальный характер и высокую размерность; сложность их совместного решения обуславливает итерационный характер процедур проектирования РБД; затраты на создание и эффективность функционирования РБД во многом определяются их физическими структурами, что определяет особое место задач синтеза физических структур в технологиях проектирования РБД.

На основе анализа множества выделенных задач проблемы разработаны информационные модели технологии проектирования РБД на макро- и микроуровнях, отражающие схемы их взаимосвязей по входным и выходным данным. Созданные информационные модели служат эскизами технологии и процедур проектирования РБД.

Сформулирована постановка общей многокритериальной задачи синтеза физических структур РБД для компьютерных сетей произвольной структуры, учитывающая их стоимостные и функциональные характеристики и объединяющая известные однокритериальные задачи. Путем введения ограничений она трансформируется к известным частным однокритериальным задачам. Усовершенствована математическая модель для оценки времени доступа к информационным ресурсам РБД, которая, в отличие от существующих моделей, применима для компьютерных сетей различной структуры. Ее использование в системах автоматизации проектирования позволит сократить объем их математического обеспечения без потери адекватности моделирования.

Разработана математическая модель задачи многокритериального синтеза физических структур РБД, учитывающая их стоимостные и функциональные характеристики, позволяющая путем изменения системы ограничений получать известные однокритериальные модели. В ней использована адитивно-мультипликативная функция общей полезности, позволяющая с использо-

ванием одного дополнительного параметра реализовать достоинства аддитивных и мультипликативных моделей.

Для решения задач синтеза физических структур распределенных баз данных с учетом специфики задач и имеющихся вычислительных и временных ресурсов предлагается использовать комбинаторные и приближенные методы многокритериальной количественной теории полезности, а также метод анализа иерархии. Разработан метод усеченного перебора вариантов для решения задачи многокритериального синтеза физических структур РБД, имеющий существенно меньшую временную сложность, чем известные методы перебора. Для количества информационных ресурсов и узлов сети от 5 до 20 он позволяет сократить время решения задачи от 3,52 до 231,33 раза. Это позволяет решать в условиях ограниченных вычислительных и временных ресурсов задачи большей размерности. Нашли дальнейшее развитие методы синтеза физических структур РБД на основе схем аддитивного алгоритма Балаша, покоординатной оптимизации и эволюционного синтеза путем учета особенностей многокритериальной задачи. Это позволяет получать более эффективные проектные решения с учетом множества функционально-стоимостных показателей. Предложенный вариант метода покоординатной оптимизации позволяет сократить среднюю относительную погрешность решения задачи размерностью (количество узлов и ИР) от 5 до 30 по сравнению с известным методом эволюционного синтеза от 12,3 до 49,31%.

Разработанные математические модели и методы многокритериального синтеза физических структур развивают методологическую основу создания эффективных инструментальных средств автоматизации проектирования, распределенных баз данных. Они реализованы в разработанном программном комплексе многокритериального синтеза физических структур РБД *SyntFS*. Практическое значение результатов подтверждается их внедрением. Результаты диссертационной работы внедрены: в госбюджетные научно-исследовательские работы, выполняемые в Харьковском национальном университете радиоэлектроники; в учебном процессе на кафедре системотехники Харьковского национального университета радиоэлектроники; в НИИ Биологии Харьковского национального университета им. В.Н. Каразина.

Разработанные математические модели, методы, алгоритмы и программное обеспечение могут быть использованы при решении практических задач проектирования, управления проектами создания, планирования развития и реинжиниринга распределенных баз данных. Практическая значимость полученных результатов проявляется в сокращении времени проектирования, повышении качества проектных решений за счет учета множества разнородных показателей, а также возможности решения практических задач большей размерности.

**Ключевые слова:** распределенная база данных, автоматизация проектирования, многокритериальный синтез, физическая структура, время доступа, модель, оптимизация.

## SUMMARY

**O.S. Ulyanova. Models and methods for multi-criteria synthesis of physical structures at the computer-aided designing of the distributed databases.**

The dissertation for the degree of Candidate of Technical Science in the 05.13.12 – System of Computer-Aided Designing. – The Kharkov National University of Radio Electronics. Kharkov, 2011.

In dissertational work the decision of the important scientific and technical problem of increase of efficiency of systems of computer-aided designing of the distributed databases (DDB) by creation of effective mathematical models, methods, algorithms and the software for procedures multi-criteria synthesis of their physical structures is received. Statement of the general multi-criteria problems of synthesis of physical structures DDB for computer networks of any structure, considering their cost both functional characteristics and uniting known single-criteria problems is formulated.

Are developed and improved the mathematical model and a method of an estimation of time of access to information resources of the DDB and the methods multi-criteria synthesis of physical structures of the DDB. Are developed and improved a method of the truncated search of variants, on the basis of schemes of additive algorithm of Balash, coordinate optimisation and evolutionary synthesis for the decision of problems for multi-criteria synthesis of physical structures DDB, which have essentially smaller time complexity, than known.

**Keywords:** the distributed database, computer-aided designing, multi-criteria synthesis, physical structure, access time, model, optimisation.

Підп. до друку 04.01.11. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Спосіб друку – ризографія.

Умов. друк. арк. 1,2. Тираж 100 прим.

Зам. № 2-461. Ціна договірна.

---

ХНУРЕ, 61166, пр. Леніна, 14

---

Віддруковано в навчально-науковому  
видавничо-поліграфічному центрі ХНУРЕ  
Харків, просп. Леніна, 14