

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

**Сарі Мохаммед Сарі Закаїлі**

УДК 519.8:681.518

**МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ  
РОЗВИТКОМ СКЛАДНИХ СИСТЕМ (НА ПРИКЛАДІ  
КОРПОРАТИВНОЇ ІНФОРМАЦІЙНО-ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ)**

Спеціальність 05.13.06 – автоматизовані системи управління  
та прогресивні інформаційні технології

Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» Міністерства освіти і науки України.

- Науковий керівник - доктор технічних наук, професор Годлевський Михайло Дмитрович, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», завідувач кафедри автоматизованих систем управління.
- Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор Шаронова Наталія Валеріївна, Національний технічний університет «ХПІ», професор кафедри педагогіки і психології управління соціальними системами;  
кандидат технічних наук, доцент Безкорвайний Володимир Валентинович, Харківський національний університет радіоелектроніки, професор кафедри системотехніки.
- Провідна установа - Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», кафедра автоматизованих систем обробки інформації та управління, Міністерство освіти і науки України, м. Київ.

Захист відбудеться «25» листопада 2004 о 14-30 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.050.07 у Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут», за адресою: 61002, Харків – 2, вул. Фрунзе, 21.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», 61002, Харків – 2, вул. Фрунзе, 21.

Автореферат розісланий «22» жовтня 2004 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради

Голоскоков О.Є.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** У теперішній час сталося переміщення акцентів розвитку суспільства з речовинно-енергетичних на інформаційні. Цілеспрямоване створення і використання інформаційних ресурсів для проектування, планування і прогнозування перспектив розвитку підприємств становить вид діяльності, що активно формується і бурхливо розвивається – інформаційно-аналітичне супроводження підприємств та організацій. Основу цього супроводження складає корпоративна інформаційно-обчислювальна система (ІОС).

Таким чином, виникає проблема створення у рамках АСУ підприємства підсистеми, яка займалася б питанням не тільки стратегії розвитку виробничих потужностей підприємства, але й інформаційних ресурсів, що базуються на корпоративній ІОС. У теперішній час у наукових дослідженнях недостатньо уваги приділено проблемі розробки методик, моделей, алгоритмів та інформаційних технологій, які погоджують проблему розвитку підприємства із задачею перспективного розвитку корпоративної ІОС.

Проблема структурно-топологічного синтезу розподілених ІОС достатньо повно вивчена для випадків статичної постановки задачі на основі вартісного критерію. У незначній кількості досліджень використовуються критерії, які пов'язані з надійністю та оперативністю ІОС, у доповнення до вартісного показника. Обмежена кількість робіт присвячена динамічній постановці задачі структурно-топологічного синтезу ІОС, які враховують тільки вартісний критерій та відсутні роботи, в яких ставиться динамічна задача з декількома критеріями. Все це говорить про актуальність наукових досліджень, наведених у дисертаційній роботі, яка присвячена цим питанням.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота виконувалася у рамках державних бюджетних тем: “Розвиток прикладних аспектів методології системного підходу до автоматизованого аналізу та синтезу складних систем з використанням прогресивних інформаційних технологій” (план прийняття робіт МОН України, № ДР 0100U001670); “Розробка інформаційних моделей для реалізації процедур структурного синтезу в комп'ютерно-інтегрованих системах” (план прийняття робіт МОН України, № ДР 0103U001543).

Здобувач брав участь у виконанні зазначених робіт як виконавець.

**Мета і задачі дослідження.** Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності управління розвитком складних систем на прикладі корпоративних ІОС шляхом розробки та дослідження моделей, алгоритмів та інформаційної технології СППР. Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати наступні задачі:

– формалізувати структуру підсистеми АСУ управління розвитком підприємства і виділити як самостійну задачу управління розвитком корпоративної ІОС;

- провести якісний аналіз динамічного вартісного критерію та запропонувати базові варіанти побудови моделей управління розвитком корпоративної ІОС на рівні топологічних структур;
- розробити технологію побудови базової опорної траєкторії топологічних структур ІОС;
- синтезувати динамічні моделі структурно-топологічного синтезу корпоративної ІОС, які засновані на траєкторному підході і динамічному програмуванні і використовують поняття “подія”;
- розробити алгоритми формування складових цільової функції моделі та управління розвитком корпоративної ІОС на рівні топологічних структур;
- розробити інформаційну технологію СППР для розв’язання задачі управління розвитком корпоративної ІОС;
- провести перевірку працездатності моделей, алгоритмів та інформаційної технології СППР на прикладі корпоративної ІОС Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут” (НТУ “ХПІ”).

*Об’єктом дослідження є процес переробки інформації в складній розподіленій системі на прикладі корпоративної ІОС.*

*Предмет дослідження – моделі середньострокового та перспективного управління розвитком корпоративної ІОС.*

*Методи дослідження.* Досягнення мети дисертаційної роботи базується на комплексному використанні теорії системного аналізу, програмно-цільового планування – для формалізації задачі управління розвитком складної системи; динамічного програмування, багатокритеріальної оптимізації – для синтезу моделей корпоративної ІОС; теорії прийняття рішень – для побудови СППР.

**Наукова новизна одержаних результатів.** Наукова новизна роботи полягає у постановці та розв’язанні актуальної динамічної задачі структурно-топологічного синтезу складної системи на прикладі корпоративних ІОС. У результаті вирішення цієї проблеми одержано нові наукові результати:

- одержали подальший розвиток постановка і підхід до взаємопов’язаного вирішення проблеми управління розвитком виробничих потужностей підприємства (організації) та корпоративної ІОС за рахунок формалізації структури підсистеми АСУ управління розвитком;
- вперше розроблено технологію формування базової опорної траєкторії топологічних структур корпоративної ІОС, яка є основою для побудови динамічних моделей структурно-топологічного синтезу;

– вперше запропоновано підхід до побудови моделей динамічного програмування при управлінні розвитком складних систем, який базується на понятті “подія” і дозволяє зменшити час моделювання при заданій адекватності моделі реальному процесу;

– одержали подальший розвиток динамічні моделі управління розвитком корпоративних ІОС за рахунок: розгляду трьох базових варіантів моделі; аналізу багатокритеріальної постановки динамічної задачі; сумісного використання траєкторного підходу та динамічного програмування;

– одержали подальший розвиток інформаційні технології у рамках СППР для розв’язання задачі управління розвитком корпоративної ІОС за рахунок розгляду динамічної постановки задачі з урахування декількох критеріїв.

**Практичне значення одержаних результатів.** Практичне значення проведеної роботи складається з наступного. Розроблено: технологію побудови базової опорної траєкторії топологічних структур корпоративної ІОС, яка може бути використана для синтезу динамічних моделей різноманітних складних систем; підхід до побудови моделі динамічного програмування, який базується на понятті “подія” і дозволяє при заданій адекватності моделі реальному процесу зменшити час моделювання; інформаційну технологію у рамках СППР, яка дозволяє розв’язувати динамічну задачу структурно-топологічного синтезу для різних територіально розподілених ІОС.

Впровадження результатів досліджень, проведених у дисертаційній роботі, здійснено на прикладі корпоративної ІОС Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут” і підтверджено довідкою про використання розробленої СППР для управління розвитком корпоративної ІОС НТУ “ХПІ”.

Результати досліджень, проведених у дисертаційній роботі, використовуються у навчальному процесі кафедри АСУ НТУ “ХПІ” у дисциплінах: “Теорія прийняття рішень”, “Комп’ютерні мережі”.

**Особистий внесок здобувача.** Всі основні результати, що виносяться на захист, одержані особисто здобувачем. У роботах, виконаних у співавторстві, автору належать: модель управління розвитком корпоративної ІОС на основі сумісного використання траєкторного підходу та динамічного програмування [2]; постановка та підхід до взаємопов’язаного вирішення задачі управління розвитком виробничих потужностей підприємства та корпоративної ІОС [3]; аналіз критеріїв та трьох базових варіантів моделей управління розвитком корпоративних ІОС [4]; підхід до побудови моделей динамічного програмування при управлінні розвитком складних систем, який базується на понятті “подія” і дозволяє зменшити час моделювання при заданій адекватності моделі реальному процесу [5]; модель та алгоритм управління розвитком ІОС [8].

**Апробація результатів дисертації.** Результати досліджень доповідалися та обговорювалися на міжнародних науково-практичних конференціях “Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров’я” (Харків 2002, 2003, 2004), на 10-ій Міжнародній

конференції з управління “Автоматика-2003” (Севастополь, 2003), на наукових семінарах кафедри автоматизованих систем управління і кафедри системного аналізу і управління НТУ “ХПІ” (2000-2004 рр.).

**Публікації.** За темою дисертації опубліковано 9 робіт, з них 5 статей у виданнях, рекомендованих ВАК України, та 4 – в працях наукових конференцій.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків і додатків. Повний обсяг дисертації складає 222 сторінки. Робота містить 25 ілюстрацій по тексту; 5 таблиць по тексту; 7 ілюстрацій на 7 сторінках; 1 таблиця на 1 сторінці; 5 додатків на 65 сторінках; 174 найменування використаних джерел на 16 сторінках.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**У вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації, сформульовано основну мету та задачі дослідження, охарактеризовано наукову новизну, наукове та практичне значення одержаних результатів, наведено інформацію про реалізацію, апробації та публікації результатів роботи.

**У першому розділі** проведено аналіз проблем управління розвитком складних систем. Відзначено, що однією з основних проблем управління розвитком складних систем є їх розподіленість та ієрархічність. Розглянута проблема координації функціонування окремих локальних підсистем, часткова формалізованість задач і особливо виділена проблема динамічного розв’язання задачі розвитку.

**У другому підрозділі** проведено аналіз моделей і алгоритмів управління розвитком складних систем з точки зору формування багатокритеріальної моделі вибору її кращого варіанту на основі структурно-параметричного синтезу для статичної і динамічної постановки задачі. Розглянуто оптимізаційно-імітаційний підхід, метод агрегативно-декомпозиційного аналізу систем, різні схеми динамічного програмування.

**Третій підрозділ** присвячено аналізу моделей і алгоритмів структурно-топологічного синтезу територіально-розподілених інформаційно-обчислювальних систем для різноманітних видів топологічних структур ІОС. Відзначено, що в наукових роботах недостатньо уваги приділено динамічній постановці задачі структурно-топологічного синтезу. У зв’язку з цим у четвертому підрозділі наведено постановку динамічної задачі структурно-топологічного синтезу ІОС на основі траєкторного підходу і динамічного програмування у межах загальної проблеми управління розвитком складної системи.

**Другий розділ** присвячено питанням аналізу та вихідних передумов побудови моделей управління розвитком корпоративних ІОС на основі траєкторного підходу та динамічного програмування. Попередньо формалізовано ієрархічну розподілену структуру підсистеми АСУ

управління розвитком підприємства (організації) і показано місце, яке займає у ній СППР управління розвитком корпоративної ІОС. Сформульовано основні етапи розв'язання задачі управління розвитком підприємства.

Для розв'язання задачі управління розвитком корпоративної ІОС використовується наступна інформація:

- 1) обсяги робіт, пов'язаних з передачею та обробкою інформації

$$v^0 = \left\{ v_i^{ot}, i \in I^t, t \in [1, T] \right\},$$

- 2) обмеження на ресурси

$$\sum_{\tau=0}^t \tilde{R}_c(\chi_c^\tau) \leq \sum_{\tau=0}^t R_{*c}^\tau = \check{R}_c^t, t \in [0, T-1], \quad (1)$$

де  $\left\{ \chi_c^\tau, \tau \in [0, T-1] \right\}$  – вектор змінних, які визначають динаміку розвитку корпоративної ІОС;  $\tilde{R}_c(\chi_c^\tau)$  і  $R_{*c}^\tau$  – ресурси, які використовуються та, відповідно, виділяються на розвиток ІОС.

У другому підрозділі проведено аналіз можливих показників управління розвитком корпоративної ІОС і виділено три критерії.

1. Вартісний показник, який складається з двох складових: капітальні витрати на розвиток корпоративної ІОС; втрата доходів (прибутку) у разі невиконання повного обсягу робіт, які визначаються  $\Lambda$ -траєкторією.

2. Оперативність корпоративної ІОС, яка визначається середньою затримкою передачі біта інформації і складається з середньої затримки у вузлах та каналах зв'язку.

3. Надійність (структурна живучість) корпоративної ІОС, під якою будемо розуміти середню вірогідність того, що деякий АП залишається підключеним до хост-ЕОМ при заданих вірогідностях відмов каналів зв'язку і пунктів мережі.

Основною ідеєю використання траєкторного підходу і динамічного програмування є формування множини статичних варіантів структурно-топологічного синтезу корпоративної ІОС на основі просування вздовж  $\Lambda$ -траєкторії і використання їх у моделі динамічного програмування.

Синтез множини базових опорних структур  $\left\{ g_l^s, l = \overline{0, M_s} \right\}$ , де  $M_s$  – їх кількість

$(M_s \leq T - 1)$ , проводиться на основі розв'язання послідовності оптимізаційних задач. Знайти оптимальне значення вектора  $\chi_c^t$ , який мінімізує статичний вартісний критерій

$$\bar{F}_{c1}^{t+1}(u(t, \tau), \chi_c^t) \quad (2)$$

при обмеженнях

$$\bar{F}_{c2}^{t+1}(u(t, \tau), \chi_c^t) < F_{c2}^{*t+1}, \quad (3)$$

$$\bar{F}_{c3}^{t+1}(u(t, \tau), \chi_c^t) > F_{c3}^{*t+1}, \quad (4)$$

де  $\tau \in [t, t + 1]$ ,  $t \in [0, T - 1]$ , а  $F_{c2}^{*t+1}$  і  $F_{c3}^{*t+1}$  – визначають для кожного підперіоду планування нижню межу оперативності та надійності функціонування ІОС. Задача (2)–(4) розв'язується для множини значень  $(t, \tau) = (t_l^s, \tau_l^s)$ ,  $l = \overline{1, M_s}$ , які визначаються у ході просування вздовж  $\Lambda$ -траєкторії. Кожна структура  $g_{l+1}^s$  є розвитком структури  $g_l^s$ . Множина базових опорних структур у роботі називається базовою опорною траєкторією, технологію побудови якої запропоновано у третьому підрозділі.

**У третьому розділі** розглядаються моделі та алгоритми управління розвитком корпоративної ІОС на рівні топологічних структур. Запропоновано два типи базових моделей, які відрізняються завданням складових адитивної цільової функції моделі. Кожна складова першого типу базових моделей визначає якість функціонування ІОС між кінцями  $(k - 1)$ -ї та  $k$ -ї реконструкцій, а складові цільової функції другого типу визначають якість функціонування ІОС на кожному  $t$ -му підперіоді планового періоду.

Крім цього повинні виконуватися умови

$$i_{k-1} \leq i_k, \quad t_{k-1} < t_k, \quad k = \overline{2, N_s}. \quad (5)$$

Цільова функція моделі записується у вигляді

$$\bar{\Phi}(y) = \sum_{k=1}^{N_s+1} \Phi_k(y_{k-1}, y_k), \quad (6)$$



де  $\Phi_k(y_{k-1}, y_k)$  визначає якість функціонування ІОС на інтервалі між кінцями  $(k-1)$ -ї і  $k$ -ї реконструкцій. При цьому  $\Phi_1(y_0, y_1)$  і  $\Phi_{N_s+1}(y_{N_s}, y_{N_s+1})$  – якість функціонування ІОС з початку планового періоду до кінця першої реконструкції і, відповідно, з кінця  $N_s$ -ї реконструкції до кінця планового періоду. Будемо вважати, що

$$y_0 \Leftrightarrow g_0^s, \quad y_{N_s+1} \Leftrightarrow g_{i_{N_s}}^s. \quad (7)$$

Тоді оптимізаційна задача формулюється таким чином. Знайти вектор  $y^* = \{y_k^*, k = \overline{1, N_s}\}$ , який забезпечує мінімальне значення функції (6) при обмеженнях

$$y_k \in \overline{Y}_k, \quad k = \overline{1, N_s} \quad (8)$$

та умовах (5), (7).

Вектор змінних  $\chi_c = \{\chi_c^t, t = \overline{1, T}\}$  використовується для другого типу моделей, де  $t$  – номер підперіоду. Кожна змінна  $\chi_c^t$  може приймати значення із множини

$$\overline{\Sigma}_t = \{g_{i_t}^s, i_t = \overline{0, \overline{M}_s^t}\}, \quad t = \overline{1, T}, \quad (9)$$

де  $\overline{M}_s^t$  – максимальний номер опорного стану корпоративної ІОС ( $\overline{M}_s^t \leq M_s$ ), який може бути реалізованим до початку  $t$ -го підперіоду, і визначається обмеженням (1). Крім цього, повинні виконуватися умови

$$\chi_c^0 \Leftrightarrow g_0^s, \quad i_{t-1} \leq i_t, \quad t = \overline{2, T}. \quad (10)$$

Кожна складова  $F_t(\chi_c^{t-1}, \chi_c^t)$  цільової функції другої моделі визначає якість функціонування ІОС на кожному  $t$ -му підперіоді, а змінна  $\chi_c^t$  – варіант реконструкції ІОС до початку  $t$ -го підперіоду. Таким чином, цільова функція має наступний вигляд

$$\overline{F}(\chi_c) = \sum_{t=1}^T F_t(\chi_c^{t-1}, \chi_c^t). \quad (11)$$

Тоді оптимізаційна задача формулюється так. Знайти вектор  $\chi_c^* = \{\chi_c^{t*}, t = \overline{1, T}\}$ , який забезпечує мінімальне значення функції (11) при обмеженнях  $\chi_c^t \in \Sigma_t$ ,  $t = \overline{1, T}$  та умові (10).

У роботі запропоновано використання ідеї просування модельного часу при імітаційному моделюванні, яка базується на понятті “подія”, для синтезу динамічних моделей управління розвитком складних систем. При синтезі базових опорних станів корпоративної ІОС визначається множина моментів часу  $\{\tau_k^s, k = \overline{1, M_s}\}$ , які можна назвати подіями, пов’язаними з переходом системи в нові стани. Таким чином пропонується новий підхід до побудови динамічних моделей, який базується не на заданих фіксованих підперіодах планування, а на інтервалах, які визначаються подіями і формуються виходячи з конкретної системи, динаміки зміни обсягів робіт, специфіки задачі. При цьому враховується початковий стан системи, який істотно впливає на інтервали планування, які визначаються заздалегідь. Такий підхід дозволяє при заданій адекватності моделі реальній системі зменшити час моделювання.

Таким чином, якщо при традиційному підході розглядаються підперіоди планування  $[t, t+1)$ ,  $t = \overline{0, T-2}; [T-1, T]$ , то при новому підході:  $[0, \tau_1^s); [\tau_l^s, \tau_{l+1}^s), l = \overline{1, M_s-1}; [\tau_{M_s}^s, T]$ . У дисертаційній роботі розглянуто застосування такого підходу для синтезу трьох базових динамічних моделей на основі змінних першого і другого типів. Перша базова модель припускає на плановому періоді як невиконання, так і перевиконання потужністю корпоративної ІОС запланованого обсягу робіт. Другий тип базової моделі характеризується тим, що усі обсяги робіт, які визначаються  $\Lambda$ -траєкторією, повинні бути виконані. Третій тип базової моделі припускає, що на усьому плановому періоді пропускна здатність ІОС не перевершує попит, який визначається  $\Lambda$ -траєкторією.

Розглянемо формування складових цільової функції для базової моделі та змінних першого типу. Цільові функції решти базових моделей є частковими випадками. Зобразимо кожен складову (6) у вигляді двох частин

$$\Phi_k(y_{k-1}, y_k) = \Phi_k^{\Pi}(y_{k-1}, y_k) + \Phi_k^R(y_{k-1}, y_k),$$

де  $\Phi_k^{\Pi}(y_{k-1}, y_k)$  – зведена втрата прибутку на інтервалі між кінцями  $(k-1)$ -ї і  $k$ -ї реконструкції у випадку невиконання на ньому усього обсягу робіт, які визначаються  $\Lambda$ -траєкторією;  $\Phi_k^R(y_{k-1}, y_k)$  – сумарні зведені капітальні витрати на  $k$ -у реконструкцію.

Розглянемо формування другої частини  $k$ -ї складової цільової функції. Будемо вважати, що витрати на  $k$ -у реконструкцію здійснюються у  $\bar{P}_{t_k-1}$ -му вихідному підперіоді. У свою чергу  $\Phi_k^R(y_{k-1}, y_k)$  складається з двох частин:

$$\Phi_k^{R_0}(\bar{y}_{i_{k-1}}^{t_{k-1}}, \bar{y}_{i_k}^{t_k}) (1 + E_n)^{-\bar{P}_{t_k-1}} - \text{зведені до початку планового періоду капітальні}$$

витрати, які здійснюються у  $\bar{P}_{t_k-1}$ -му вихідному підперіоді;

$$\Phi_k^{R_{ocm}}(t_k, T) - \text{зведений на кінець планового періоду залишок капітальних витрат, які}$$

здійснюються у  $\bar{P}_{t_k-1}$ -му вихідному підперіоді.

Для розв'язання задачі управління розвитком корпоративної ІОС у роботі використовується алгоритм, який являє собою багатокроковий процес, у ході реалізації якого на кожному кроці проводиться відкидання неконкурентоспроможних варіантів. У результаті визначається оптимальна кількість реконструкцій, моменти їх проведення, а також варіанти реконструкцій із множини базових опорних станів корпоративної ІОС.

**Четвертий розділ** присвячено питанням розробки інформаційної технології СППР для задач середньострокового і перспективного управління розвитком корпоративних ІОС на рівні структурно-топологічного синтезу і перевірки її працездатності на прикладі корпоративної ІОС НТУ “ХПІ”. Функціональну схему інформаційної технології СППР наведено на рис. 1.

Основні складові СППР являють собою набір додатків, які розроблено в інтегрованих середовищах Borland Delphi і C++ Builder. При реалізації інформаційної технології було вибрано систему управління базами даних (СУБД) Access 2000. Підсистема статичного синтезу (СС) призначена для оптимізації централізованих топологічних структур ІОС у класах деревоподібних та радіально-вузлових топологій. У класі деревоподібних структур для оптимізації використано наступні алгоритми: Прима, Краскала, Іссау-Вільямса, Шарма, Кана та інші. У класі радіально-вузлових структур реалізовано наступні алгоритми: ADD, New Clust, COM, RAM.

Особливим класом алгоритмів, які реалізовано в СППР є генетичні. У роботі реалізовано два типи генетичних алгоритмів (ГА) для класу деревоподібних структур. Вони призначені для MLCMST (Multi Level Capacitated Minimal Spanning Tree) постановки задачі, яка дозволяє шукати мінімальне стягуюче дерево з різнотипними каналами зв'язку і обмеженнями на пропускні здатності. Як допоміжні, у ГА використано алгоритми Краскала і Іссау-Вільямса.

Синтез топологічних структур ІОС для формування базової опорної траєкторії (БОТ) виконувався у роботі на основі ГА для трьох показників ефективності: вартісний, оперативність, надійність. У дисертаційній роботі наведено ряд припущень, на основі яких визначаються другий і третій критерії.

Задача синтезу топологічних структур ІОС (2) – (4) розв’язується шляхом переходу до безумовної оптимізації на основі методу штрафних функцій.

Підсистема управління розвитком (УР) використовує результати побудови базової опорної траєкторії для синтезу одного з варіантів динамічної моделі управління розвитком корпоративної ІОС. Оптимізація моделі виконується на основі алгоритму динамічного програмування (ДП).

Перевірку працездатності розробленої СППР проведено на вихідній інформації для корпоративної ІОС НТУ “ХПІ”, яка розташована у 18-ти будівлях університету і використовується в навчальному процесі 24-х факультетів, на яких проводиться навчання більш ніж 20-ти тисяч студентів з 86-ти спеціальностей. Задача управління розвитком ІОС розглядається на плановому періоді 10 років, починаючи з 2005 по 2014 рік. На теперішній час до корпоративної ІОС підключено більш ніж 800 комп’ютерів, які були на початок планового періоду об’єднані у 119 логічних абонентів. На основі прогнозу зростання кількості студентів в університеті, появи нових спеціальностей, необхідності зростання якості підготовки в області інформаційних технологій майбутніх фахівців, а також виходячи з фінансових обмежень спрогнозовано зростання кількості комп’ютерів (логічних абонентів) по рокам планового періоду. У результаті обсяг робіт з переробки та передачі інформації повинен зрости приблизно у двічі на кінець планового періоду.

На основі генетичного алгоритму у дисертаційній роботі сформовано дві БОТ, кожна з яких складається з десяти базових опорних структур. Перша БОТ ураховує, а друга не ураховує вихідне положення корпоративної ІОС НТУ “ХПІ”. Обидві БОТ синтезовано на основі динаміки зростання обсягів робіт логічних абонентів на протязі планового періоду. Як приклад розглянемо розрахунки для моделей із змінними першого типу, які використано для другої БОТ і першого та другого типів базових моделей. На рис. 2, 3 наведено поточну пропускну здатність ІОС і прогнозований обсяг робіт. Для першого типу базових моделей (рис. 2) пропускну здатність ІОС нижче прогнозованих обсягів робіт на першому та другому підперіодах, а на решті підперіодів виконуються всі обсяги робіт. Перша реконструкція виконується до початку третього підперіоду, друга – до початку сьомого, третя і четверта – до початку дев’ятого та десятого підперіодів планування. Таким чином, оптимальна кількість реконструкцій дорівнює чотирьом. На рис. 3 пропускну здатність ІОС дорівнює або перевищує прогнозований обсяг робіт на всьому плановому періоді і оптимальна кількість реконструкцій зростає до шести. На рис. 4, 5 наведена динаміка використання ресурсів, а на рис. 6, 7 зображені графіки проведення реконструкцій.

Проведені розрахунки на реальній вихідній інформації показали працездатність розроблених у дисертаційній роботі моделей та алгоритмів, що дозволяє використовувати розроблену СППР для вирішення задач управління розвитком корпоративних ІОС на рівні топологічних структур.

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішена актуальна науково-практична задача розробки моделей, алгоритмів та інформаційної технології для динамічної задачі структурно-топологічного синтезу складної системи на прикладі корпоративної ІОС.

1. Проведено аналіз основних проблем управління розвитком складних систем і виділено існуючі моделі та алгоритми для розв'язання цієї задачі. Виділено окремий клас великих систем – територіально розподілених ІОС. Розглянуто основні моделі та алгоритми структурно-топологічного синтезу. Поставлена динамічна задача структурно-топологічного синтезу корпоративних ІОС на основі траєкторного підходу і динамічного програмування.

2. Формалізовано структуру підсистеми АСУ управління розвитком підприємства (організації) і виділена, як самостійна, задача управління розвитком корпоративної ІОС.

3. Розглянуто основні критерії, які характеризують якість функціонування і управління розвитком корпоративної ІОС: 1) вартісний критерій; 2) оперативність системи; 3) надійність (живучість) системи. Показано, що перший критерій є динамічним, а решта – статичні.

4. Розглянуто три базових варіанта побудови моделі управління розвитком структури і топології ІОС. Перший варіант характеризується тим, що пропускна здатність ІОС на протязі планового періоду може бути як більше так і менше обсягів робіт, які плануються. Для другого варіанту необхідно виконання усього запланованого обсягу робіт. Третій варіант характеризується тим, що пропускна здатність ІОС не повинна перевищувати обсяги робіт на протязі планового періоду.

5. Запропоновано технологію побудови базової опорної траєкторії топологічних структур ІОС, яка є основою для синтезу динамічних моделей задачі управління розвитком корпоративної ІОС.

6. Запропоновано підхід до синтезу динамічних моделей управління розвитком складних систем, який базується на понятті “подія” і дозволяє зменшити час моделювання при заданій адекватності моделі реальному процесу.

7. Розроблено алгоритми формування складових цільових функцій для двох типів динамічних моделей і використано послідовний алгоритм для їх оптимізації.

8. Розроблено інформаційну технологію СППР для розв'язання задачі управління розвитком корпоративної ІОС на рівні топологічних структур, яка дозволяє приймати рішення при середньостроковому і перспективному плануванні.

9. Працездатність інформаційної технології перевірено на реальній інформації, яка відображує вихідне положення корпоративної ІОС НТУ “ХПІ”, а також прогнози обсягів робіт на плановому періоді 10 років.

10. Розроблена СППР може бути використана для вирішення задачі управління розвитком корпоративних ІОС різного призначення і дозволяє зменшити фінансові витрати при реконструкції існуючих ІОС і які заново створюються.

11. Практичне значення результатів роботи підтверджено довідкою про використання розробленої СППР для управління розвитком корпоративної ІОС НТУ “ХПІ”. Результати досліджень використано у курсах лекцій кафедри АСУ НТУ “ХПІ”: “Теорія прийняття рішень”, “Комп’ютерні мережі”.

### СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. *Сари М.С. Закашли.* Постановка задачи управления развитием территориально распределенных информационно-вычислительных систем // Вісник Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”.- Харьков: НТУ «ХПИ».- 2002.- № 6.- Т.1.- С. 8-11.

2. *Годлевский М.Д., Сари М.С. Закашли.* Модель управления развитием территориально распределенной информационно-вычислительной системы // Вісник Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”.- 2002.- № 13.- С. 15-21.

3. *Годлевский М.Д., Сари М.С. Закашли.* Принципы построения подсистемы АСУ управления развитием предприятия // Восточно-Европейский журнал передовых технологий.- Харьков: УГАЖТ, Технол. Центр.-2003.- № 5.- С. 15-17.

4. *Годлевский М.Д., Сари М.С. Закашли.* Исходные предпосылки для построения динамических моделей управления развитием корпоративных информационно-вычислительных систем // Вісник Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”.- Харьков: НТУ «ХПИ».- 2003.- № 18.- С. 3-11.

5. *Годлевский М.Д., Сари М.С. Закашли.* Событийный подход к построению динамических моделей управления развитием сложных систем // Восточно-Евро-пейский журнал передовых технологий.-Харьков: УГАЖТ, Технол. Центр.- 2004.- № 2.- С. 24-27.

6. *Сари М.С. Закашли.* Об одном подходе к построению динамических моделей проектирования территориально распределенных информационно-вычислительных систем // Аннотации докладов междунар. научно-практ. конф. «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье».- Харьков: НТУ «ХПИ», 2002.- С. 26-27.

7. *Сари М.С. Закашли.* Принципы построения динамических моделей управления развитием информационно-вычислительных систем // Аннотация докладов междунар. научн.-практ. конф. «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье».- Харьков: НТУ «ХПИ», 2003.- С. 48.

8. *Годлевский М.Д., Сари М.С. Закаили.* Управление развитием информационно-вычислительных систем на основе траекторного подхода и динамического программирования // Материалы 10-й междунар. конф. по авто-матическому управлению «Автоматика 2003».- Севастополь, 2003.- Т.3.- С. 41-42.

9. *Сари М.С. Закаили.* Информационная технология системы поддержки принятия решений управления развитием корпоративной информационно-вычислительной системы // Аннотации докладов междунар. научно-практ. конф. «Информационные технологии: наука, техника, технология, образование, здоровье».-Харьков: НТУ «ХПИ», 2004.- С. 40.

## АНОТАЦІЇ

Сарі М.С. Закаїлі. Моделі та інформаційні технології управління розвитком складних систем (на прикладі корпоративної інформаційно-обчислювальної системи).- Рукопис.

Дисертаційна робота на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – автоматизовані системи управління та прогресивні інформаційні технології. – Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут”. Харків. – 2004.

У дисертаційній роботі вирішено актуальну наукову задачу розробки моделей, алгоритмів та інформаційної технології для динамічної задачі структурно-топологічного синтезу складної системи на прикладі корпоративної інформаційно-обчислювальної системи (ІОС).

Розглянуто основні критерії, які характеризують якість функціонування і управління розвитком ІОС: 1) вартісний критерій; 2) оперативність систем; 3) надійність (живучість) системи. Показано, що перший критерій є динамічним, а решта – статичні. Запропоновано технологію побудови базової опорної траєкторії топологічних структур ІОС, яка є основою для синтезу динамічних моделей задачі управління розвитком корпоративної ІОС. Запропоновано підхід до їх побудови, який базується на понятті “подія”, і дозволяє зменшити час моделювання при заданій адекватності моделі реальному процесу.

Розроблено інформаційну технологію системи підтримки прийняття рішень для розв’язання задачі управління розвитком корпоративної ІОС на рівні топологічних структур, яка дозволяє приймати рішення при середньостроковому і перспективному плануванні. Працездатність інформаційної технології перевірено на реальній інформації корпоративної ІОС Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”.

Ключові слова: модель, інформаційна технологія, структурно-топологічний синтез, управління розвитком, базова опорна траєкторія, система підтримки прийняття рішень, середньострокове і перспективне планування.

Сари М.С. Закаили. Модели и информационные технологии управления развитием сложных систем (на примере корпоративной информационно-вычислительной системы). – Рукопись.

Диссертационная работа на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – автоматизированные системы управления и прогрессивные информационные технологии. – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт». Харьков. – 2004.

В диссертационной работе решена актуальная научная проблема разработки моделей, алгоритмов и информационной технологии для динамической задачи структурно-топологического синтеза сложной системы на примере корпоративной информационно-вычислительной системы (ИВС). Проведен анализ основных проблем управления развитием сложных систем и выделены существующие модели и алгоритмы для решения этой задачи. Выделен отдельный класс больших систем – территориально распределенные ИВС. Рассмотрены основные модели и алгоритмы их структурно-топологического синтеза. Поставлена динамическая задача структурно-топологического синтеза корпоративных ИВС на основе траекторного подхода и динамического программирования. Формализована структура подсистемы АСУ управления развитием предприятия (организации) и выделена, как самостоятельная, задача управления развитием корпоративной ИВС.

Рассмотрены основные критерии, характеризующие качество функционирования и управления развитием корпоративной ИВС: 1) стоимостной критерий, состоящий из двух составляющих: а) затраты на функционирование и развитие ИВС; б) потеря дохода (прибыли) в случае невыполнения части прогнозируемых объемов работ; 2) оперативность системы, которая определяется средней задержкой передачи бита информации в узлах и каналах связи; 3) надежность (живучесть) системы как средняя вероятность того, что некоторый АП останется подключенным к хост-ЭВМ при заданных вероятностях отказа каждого канала связи и пунктов сети. Показано, что первый критерий является динамическим, а остальные два – статические. Рассмотрены три базовых варианта построения модели управления развитием структуры и топологии ИВС. Первый вариант характерен тем, что пропускная способность корпоративной ИВС на отдельных подпериодах планирования может быть как больше, так и меньше требуемых к выполнению объемов работ, определяемых  $\Lambda$ -траекторией. Второй вариант модели соответствует случаю, когда необходимо выполнять все объемы работ. Характерной особенностью третьего варианта является то, что пропускная способность ИВС не должна превышать требуемые к выполнению объемы работ. Такая модель позволяет получать максимальный доход на единицу вложенных ресурсов. Предложена технология построения базовой опорной траектории топологических структур ИВС, которая является основой для синтеза динамических моделей



задачи управления развитием корпоративной ИВС. Разработаны два типа динамических моделей. Каждая составляющая аддитивной целевой функции первой модели определяет качество функционирования ИВС между  $(k - 1)$ -й и  $k$ -й реконструкциями, а составляющие целевой функции второй модели определяют качество функционирования ИВС на каждом  $t$ -м подпериоде планового периода.

Предложен событийный подход к построению моделей динамического программирования при управлении развитием сложных систем, в котором используется идея продвижения модельного времени при имитационном моделировании. Рассмотренный подход позволяет уменьшить время моделирования при заданной адекватности модели реальному процессу. Разработаны алгоритмы формирования составляющих целевых функций для двух типов динамических моделей и рассмотрен последовательный алгоритм оптимизации применительно к решению задачи управления развитием корпоративной ИВС на уровне топологических структур.

Разработана информационная технология системы поддержки принятия решений (СППР) для решения задачи управления развитием корпоративной ИВС на уровне топологических структур. Эта технология позволяет организовать процесс принятия решений на этапе среднесрочного и перспективного планирования. Результаты исследований, проведенных в диссертационной работе, получены на реальной исходной информации, отражающей исходное состояние корпоративной ИВС Национального технического университета «Харьковский политехнический институт», а также прогнозы объемов работ по обработке информации на плановом периоде 10 лет. В результате подтверждена работоспособность информационной технологии СППР, которая позволяет:

- 1) формировать базовые опорные структуры корпоративной ИВС на основе различных алгоритмов структурно-топологического синтеза (статическая постановка задачи);
- 2) решать задачу управления развитием корпоративной ИВС, на основе которой определяется рациональное количество реконструкций на рассматриваемом периоде планирования, моменты их проведения и соответствующие им базовые опорные структуры корпоративной ИВС.

Ключевые слова: модель, информационная технология, структурно-топологический синтез, управление развитием, базовая опорная траектория, система поддержки принятия решений, среднесрочное и перспективное планирование.

Sari M.S. Zuqaili. Models and information technologies of complex systems development management. (by the example of enterprise information system).- Manuscript.

Thesis for a candidate's degree by speciality 05.13.06 - automated control systems and modern information technologies. National Technical University "Kharkiv Politechnical Institute", Kharkiv. – 2004.

Actual scientific problem (issue) of models, algorithms and information technology development for dynamic problem of structural-topological synthesis of complex system by the example of enterprise information system (IS) is solved. The structure of computer-aided subsystem of enterprise development management is formalized and the problem of enterprise IS development management is singled out.

The basic criteria characterizing functioning quality and IS development management are discussed, namely cost criterion, system responsiveness, system persistence (survivability). It is shown that the first criterion is dynamic, but others are static. The method of basic reference trajectory building of IS topological structures which is the fundamental for dynamic models synthesis in the problem of enterprise IS development management is proposed. The approach based on "event" conception decreasing modeling time under defined adequacy of the model of real process is proposed.

The DSS information technology for solving the problem of enterprise IS development management on the level of topological structures, which allows us to make a decision in the tasks of medium-term and perspective planning. The efficiency of information technology was checked on the real data of enterprise IS of National Technical University "Kharkov Polytechnical Institute".

Keywords: model, information technology, structural-topological synthesis, development management, basic reference trajectory, Decision Support System, medium-term and perspective planning.