

ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

УДК 332.12:658.7

Шугалій Є. П.

МЕТОДОЛОГІЯ СИНТЕЗУ СТРУКТУР ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ НА ОСНОВІ МЕТОДУ ДИНАМІЧНОГО ПРОГРАМУВАННЯ

У статті досліджено проблему синтезу структур інформаційно-телекомунікаційної системи на основі вибору оптимального варіанта ієрархічної вертикалі управління за критерієм мінімуму часу на вирішення завдань управління в разі обмеження на вартість системи, враховуючи розподіл інформаційного ресурсу через наближення його до оперативного персоналу. В основу вирішення поставленого завдання розроблення методології покладено метод динамічного програмування, використані моделі та положення системного аналізу.

Ключові слова: інформаційно-телекомунікаційна система, метод динамічного програмування, робоча станція, інформаційний модуль, неоднорідний дискретний ресурс, оперативний персонал.

Постановка проблеми в загальному вигляді. Сучасні системи управління являють собою складні організаційні структури, які охоплюють оперативний персонал, програмні й апаратні засоби у вигляді інформаційно-телекомунікаційних систем (ІТС). Організаційна структура – це впорядкована сукупність служб, відділів, підрозділів і окремих посадових осіб (оперативного персоналу), що перебувають у взаємозв'язку і співвідпорядкованості й виконують певні управлінські функції. При цьому системоутворювальним чинником є оперативний персонал, який формує мету функціонування системи й обирає стратегію її досягнення.

Тому синтез структури системи управління – це насамперед проектування колективної діяльності оперативного персоналу. Проте вирішення такого завдання потрібно здійснювати з системних позицій, тобто діяльність оперативного персоналу потрібно розглядати в сукупності з програмно-технічними засобами, які її забезпечують. При цьому центральну роль відіграють наявні ІТС.

Синтез структури ІТС є складним завданням, під час вирішення якого необхідно враховувати велику кількість різнорідних чинників, які умовно можна об'єднати в групи системних, функційних, ергономічних і технічних чинників.

Центральним питанням структурного проектування за уніфікованих робочих місць операторів є питання визначення складу та обсягу інформації, що відображається на робочих місцях операторів. При цьому враховують дані синтезу організаційної структури або функції, які виконують, а також важливість завдань, що вирішують, їх взаємозв'язок, граничні можливості оператора з виконання функцій.

Інформаційне забезпечення діяльності оперативного персоналу пов'язано як з функційним, так і зі структурним проектуванням. Їх взаємозв'язок визначають насамперед використанням загальної вихідної інформації про роль і місце посадових осіб у процесі управління, їх функцій, важливості завдань, що вирішують, та їх взаємозв'язку. При цьому принциповою особливістю інформаційної моделі, що формується на робочому

місці, а отже і процесу управління видавання інформації на робочі місця оператора з ІТС є різноманітність інформації як за складом, так і за обсягом. У зв'язку з цим виникає наукове завдання розподілу неоднорідного дискретного ресурсу в ІТС під час його видавання на робочі місця (робочі станції) оперативного персоналу. Вирішенню такого завдання присвячено цю статтю.

Аналізування останніх досліджень і публікацій. Під час вирішення багатьох прикладних завдань оптимізації в техніці, економіці, управлінні широке застосування знайшов метод динамічного програмування [1]. Цей метод використовують, зокрема, для знаходження абсолютно оптимального рішення в завданнях розподілу однорідного дискретного ресурсу за об'єктами доповнень. У разі однорідності дискретного ресурсу ефективність його розподілу визначається лише кількістю одиниць виділеного ресурсу на кожний об'єкт доповнення. Водночас у багатьох практичних завданнях ресурс, що підлягає розподілу, задається кінцевою множиною елементів, кожний з яких описується значеннями визначеного для всієї множини набору атрибутів. Тому під час вирішення таких завдань варто враховувати, що ефективність розподілу визначають не лише кількістю елементів (одиниць), що виділяють на об'єкти доповнень, а й значеннями їх атрибутів, які змінюються від елемента до елемента. Отже, в таких ситуаціях дискретний ресурс, який підлягає розподілу, неоднорідний, що значно ускладнює вирішення завдання оптимального розподілу. Цю тему описано в працях таких учених, як Б. Ричард, В. В. Подиновський, Л. М. Осинський, Б. М. Герасимов та інші.

Метою статті є дослідження методології синтезу структур інформаційно-телекомунікаційних систем на основі методу динамічного програмування для вирішення завдань управління, враховуючи розподіл інформаційного ресурсу за робочими станціями оперативного персоналу.

Виклад основного матеріалу. Формалізовані методи постановок подібних завдань належать до класу завдань цілочислового програмування з бульовими змінними [2], [3]. Якщо в завданнях такого класу множина можливих варіантів рішень невелика, то оптимальне рішення може бути отримано методом прямого перебирання всіх можливих варіантів. Збільшення кількості можливих варіантів приводить до значного зростання обчислювальних витрат такого методу, що робить неможливим використання його під час вирішення багатьох практичних завдань [4], [5]. У зв'язку з цим виникає необхідність побудови загальної алгоритмічної схеми, в рамках якої було б можливо, по-перше, виразити специфіку завдання розподілу неоднорідного дискретного ресурсу, по-друге, організувати ефективний пошук оптимального рішення за рахунок суттєвого зниження обчислювальних витрат зменшенням розмірності множини всіх можливих варіантів.

Для розроблення такої алгоритмічної схеми, яка забезпечить знаходження абсолютно оптимального рішення, можна використовувати метод динамічного програмування. Проте на сьогодні не проведено оцінення його ефективності в разі використання в завданнях розподілу неоднорідного дискретного ресурсу й доцільності застосування його в завданнях подібного класу.

Особливістю запропонованої методології є подання багатокрокового процесу вибору рішень у просторі станів і параметрів управління, що описують підмножинами елементів інформаційних модулів (неоднорідних одиниць ресурсів).

Відповідно до поставленого завдання вихідними даними для розроблення методології синтезу структур ІТС є:

1. Інформаційно-телекомунікаційна система

$$\{W_i S_i\}_{i=1,k} = \{W_1 S_1, W_2 S_2, \dots, W_k S_k\}, \quad (1)$$

де S_i – i -та робоча станція (РС), що належить до складу ІТС; W_i – ресурс пам'яті, що відповідає i -й РС; k – загальна кількість РС у складі ІТС (розмірність множини РС).

2. Множина інформаційних модулів (ІМ)

$$\{V_j R_j\}_{i=1, n} = \{V_1 R_1, V_2 R_2, \dots, V_n R_n\}, \quad (2)$$

де R_j – j -й ІМ, що використовують користувачі РС ІТС; V_j – ресурс пам'яті, необхідний для функціонування j -го ІМ; n – загальна кількість ІМ у складі ІТС (розмірність множини ІМ).

3. Ймовірності використання користувачем i -ї РС j -го ІМ в одному циклі управління

$$P_{ij} = P(W_i S_i | V_j R_j), i = \overline{1, k}; i = \overline{1, n}. \quad (3)$$

При цьому ймовірності (3) становлять повну множину подій

$$\left(\sum_{j=1}^n P_{ij} = 1 \right). \quad (4)$$

У результаті вирішення завдання оптимізації синтезу структури ІТС знаходимо оптимальний розподіл множини ІМ по РС, який відповідає мінімальному навантаженню на мережу зв'язку.

Для подання такого завдання оптимізації в формалізованому вигляді [6] введемо бульові змінні:

$$a_{ij}; i = \overline{1, k}; i = \overline{1, n}, \quad (5)$$

де $a_{ij} = \begin{cases} 1 & - j\text{-ий ІМ розміщений в } i\text{-ий РС} \\ 0 & - \text{в іншому випадку} \end{cases}$

З урахуванням (3) ймовірність звернення користувачем i -ї РС до мережі зв'язку ІТС в одному циклі управління можна подати у вигляді:

$$P_i = 1 - \sum_{j=1}^n a_{ij} P_{ij}. \quad (6)$$

Загальне навантаження на мережу зв'язку ІТС може бути визначено через значення математичного очікування сумарної кількості звернень до неї з усіх РС, відповідно до одного циклу управління:

$$M(W_i S_i | V_j R_j)_{i=\overline{1, k}; i=\overline{1, n}} = \sum_{i=1}^k P_i = k - \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n a_{ij} P_{ij}. \quad (7)$$

Завдання мінімізації (7) еквівалентне максимізації її другого складника, тобто середнього значення сумарного всередині станційного навантаження.

Отже, формалізоване завдання оптимального розподілу неоднорідного дискретно ресурсу можна звести до знаходження значень бульових змінних a_{ij} , за яких максимізується функціонал

$$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n a_{ij} P_{ij} \rightarrow \max, \quad (8)$$

або, в загальнішому вигляді

$$\{a_{ij}^*\}_{opt} = \arg \max \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n a_{ij} P_{ij} \quad (9)$$

за таких обмежень:

$$a_{ij} \in \{0,1\}, \sum_{j=1}^n a_{ij} = 1, i = \overline{1, n}, \sum_{j=1}^n a_{ij} V_j \leq W_i, i = \overline{1, k}.$$

Відповідно до схеми динамічного програмування [7] рішення поставленого завдання подамо у вигляді покрокового процесу призначення підмножин ІМ на РС WS1 (1-й крок), на РС WS2 (2-й) крок тощо до призначення ІМ на РС WSK (останній k -й крок). Пошук оптимального рішення в рамках цього методу починається з останнього k -го кроку й продовжується на $(k-1)$ -му, на $(k-2)$ -му, ..., на i -му, ..., 2-му, 1-му кроках. На i -му кроці перелічують всі можливі результати на $(i-1)$ -му кроці розподілу і для кожного з них визначають умовно оптимальні рішення (для $i = 1$ це буде абсолютно оптимальним рішенням). Обчислювальну схему такого процесу оптимізації подано основним функційним рівнянням динамічного програмування, для складання якого відповідно до завдання (8) виділимо такі алгебраїчні об'єкти:

S_{i-1} – кінцева множина результатів $(i-1)$ -го кроку розподілу ІМ; результат $s_{i-1} \in S_{i-1}$ ототожнюють з однією з підмножин ще нерозподілених ІМ, для яких виконуються необхідні умови існування варіанта розподілу їх за РС $WS_i, WS_{i+1}, \dots, WSK$;

$U(s_{i-1})$ – множина підмножин u_i, q , що задовольняють умови:

а) ІМ підмножини u_i, q можуть бути спільно розміщені в РС WS_i ;

б) підмножина $s_{i-1} \setminus \{u_i, q\} \in S_i$;

в) підмножина $u_i, q \in U(s_{i-1})$, які упорядковані за параметром $q=1,2,\dots,|U(s_{i-1})|$; значення $|U(s_{i-1})|$ дорівнює числу бінарних розбивань виду $(u_i, q; s_{i-1} \setminus \{u_i, q\})$;

$F^*_{i,k}(s_{i-1})$ – умовно оптимальний виграш, який можна отримати за умови оптимального розподілу ІМ підмножини $s_{i-1} \in S_{i-1}$ за РС $WS_i, WS_{i+1}, \dots, WSK$; вказаному виграшу відповідає умовно оптимальне управління $U^*_{i,k}(s_{i-1}) \in U_i(s_{i-1})$.

Основне функційне рівняння динамічного програмування, що визначає обчислювальну схему вирішення завдання оптимального розподілу ІМ по РС ІТС, матиме вигляд:

$$F^*_{i,k}(s_{i-1}) = \max \left[\sum_{j \in U_{i,q}} P_{i,j} + F^*_{i+1,k}(s_i = s_{i-1} \setminus \{u_{i,q}\}) \right]. \quad (10)$$

Висновки. Дослідження ефективності розробленої методології оптимального розподілу неоднорідного дискретного ресурсу на основі методу динамічного програмування проводилося математичним імітаційним моделюванням на прикладі вирішення завдання оптимізації розподілу ІМ по робочих станціях ІТС. Оцінення ефективності запропонованого методу (10) проведено порівняно з відомим методом, у якому оптимальне рішення знаходять прямим перебиранням усіх можливих варіантів. Результати порівняльного оцінення ефективності засвідчили, що за однакової розмірності масивів РС та ІМ обчислювальні витрати запропонованого в підрозділі методу на один-два порядки нижче, ніж відомий метод, що використовує пряме перебирання всіх можливих варіантів, тобто становить 5...10% обчислювальної складності останньої.

ЛІТЕРАТУРА

1. Беллман Ричард. Динамическое программирование и современная теория управления / Беллман Ричард. – М.: Наука, 1969.
2. Подиновский В. В. Оптимальные решения многокритериальных задач / В. В. Подиновский, В. Д. Ногин. – М.: Наука, 1982. – 260 с.
3. Герасимов Б. М. Дискретні структури / Герасимов Б. М., Ейдельман С. Д., Сирченко З. Ф. – К.: КВІРТУ ПВО, 1989. – 324 с.
4. Шугалій Є. П. Організація та застосування систем представлення та обробки знань для автоматизованого управління обчислювальними мережами / Збірник наукових праць КВІУЗ. – 1998. – №2. – С. 192–201.
5. Шугалій Є. П. Модель оптимального розподілу неоднорідного дискретного ресурсу в локальній обчислювальній мережі на основі методу динамічного програмування / Збірник наукових праць НУОУ. – 2008. – №76. – С. 45–52.
6. Шугалій Є. П. Метод визначення сильно та слабо пов'язаних задач при синтезі структури системи управління / Шугалій Є. П. // Збірник наукових праць НУОУ. – 2009. – № 90. – С. 192–198.
7. Осинский Л. М. Методы оптимизации с приложениями к военному делу / Осинский Л. М. – К.: КВІРТУ ПВО, 1981. – 263 с.

Шугалій Є. П.

МЕТОДОЛОГИЯ СИНТЕЗА СТРУКТУР ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОМУНИКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

В статье исследована проблема синтеза структур информационно-телекоммуникационной системы на основе выбора оптимального варианта иерархической вертикали управления по критерию минимизации времени на решение задач управления при ограничении на стоимость системы, учитывая распределение информационного ресурса путем приближения его к оперативному персоналу, который непосредственно его использует. В основе решения поставленного задания разработки методологии применен метод динамического программирования, использованы модели и положения системного анализа.

Ключевые слова: *информационно-телекоммуникационная система, метод динамического программирования, рабочая станция, информационный модуль, неоднородный дискретный ресурс, оперативный персонал.*

Shugaliy E.P.

METHODOLOGY FOR THE SYNTHESIS OF INFORMATION AND TELECOMMUNICATION SYSTEM STRUCTURES ON THE BASIS OF THE DYNAMIC PROGRAMMING METHOD

The article deals with the problem of synthesizing structures by the information and telecommunication system based on the choice of the optimal variant of the hierarchical control vertical by the criterion of minimizing the time for solving management problems while limiting the cost of the system, taking into account the distribution of the information resource by bringing it closer to the operational staff who directly use it. The method of dynamic programming is used as the basis for the solution of the task set for the development of the methodology, and the models and positions of system analysis are used.

Key words: *information-telecommunication system, dynamic programming method, workstation, information module, heterogeneous discrete resource, operational personnel.*

Рецензент: Салієнко О. В., к. т. н., доцент,
професор кафедри Національного університету
оборони України ім. Івана Черняхівського