

Висновки

Запропонований метод виявлення та виправлення помилок при виконанні арифметичних операцій (додавання, віднімання, множення) на основі модулярних коректуючих кодів дозволяє виявляти помилки в двох десяткових розрядах та виправляти помилки в одному десятковому розряді при використанні одного контрольного символу.

Література

1. Дрозд А. В. Оценка контролепригодности цифровых компонентов встроенных систем критического применения / А. В. Дрозд, В. С. Харченко, С. Г. Антошук, М. А. Дрозд, Ю. Ю. Сулима. Радиоэлектронные и компьютерные системы. – 2012. – №6. – С. 184-190.
2. Omondi A. Residue Number System: Theory and Implementation. / A. Omondi, B. Premkumar. Imperial College Press, vol. 2, 2007. – 296 p.
3. Акушский И.Я. Машинная арифметика в остаточных классах / И. Я. Акушский, Д.И. Юдицкий. – М.: Сов. радио. – 1968. – 460 с.
4. Система обработки информации и управления АСУ ТП на основе применения кодов в модулярной арифметике: моногр / В.И. Барсов, В.А. Краснобаев, И.А. Фурман, и др. – Х.: МОН, УИПА, 2009. – 159 с.
5. Hu Zhengbing. Increasing the Data Transmission Robustness in WSN Using the Modified Error Correction Codes on Residue Number System / Hu Zhengbing, V. Yatskiv, A. Sachenko // Elektronika ir Elektrotechnika. – 2015. – Vol 21, No 1 – P. 76-81.

References

1. Drozd A.V. Evaluation testability digital components embedded systems of critical application / A. V. Drozd, V. S. Harchenko, S.G. Antoshchuk, M.A. Drozd, Yu. Yu. Sulima. Radio electronic and computer systems. – 2012. – №6. – P. 184-190.
2. Omondi A. Residue Number System: Theory and Implementation / A. Omondi, B. Premkumar. Imperial College Press, vol. 2, 2007. – 296 p.
3. Akushskiy I.Y. Machine Arithmetics in Residue Number System/ I.Y. Akushskiy, D.I. Yuditskiy, Moscow, Soviet Radio, 1968. – 460 p.
4. The information processing system and control automation systems based on the use of codes in modular arithmetic: monograph / V.I. Barsov, V.A. Krasnobaev, I.A. Furman, et al. - X.: MON UEPA, 2009. – 159 p.
5. Hu Zhengbing. Increasing the Data Transmission Robustness in WSN Using the Modified Error Correction Codes on Residue Number System / Hu Zhengbing, V. Yatskiv, A. Sachenko // Elektronika ir Elektrotechnika. – 2015. – Vol 21, No 1 – P. 76-81.

Рецензія/Peer review : 9.11.2015 р.

Надрукована/Printed : 19.12.2015 р.

УДК 681.324

В.М. ДУБОВОЙ, О.Д. НИКИТЕНКО
Вінницький національний технічний університет

ОПТИМІЗАЦІЯ СТРУКТУРИ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПОТОКІВ У РОЗПОДІЛЕНИХ СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ

В статті представлена доцільність використання методу декомпозиції завдань управління за допомогою кластеризації для побудови оптимальної структури розподілених систем управління з урахуванням вартості обміну інформацією. Для оцінювання міжзадачного інформаційного обміну застосовано метод інформаційних потоків. Результати можуть бути використані для підвищення ефективності управління складними розподіленими технологічними процесами.

Ключові слова: інформаційний потік, оптимізація структури, розподілена система управління, кластеризація завдань, інформаційний обмін.

V.M. DUBOVOY, O.D. NIKITENKO
Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine

OPTIMIZATION OF THE STRUCTURE OF INFORMATION FLOW IN DISTRIBUTED CONTROL SYSTEMS

Abstract - The aim of this paper is to solve the problem of building structures distributed control systems based on clustering management tasks to the cost of information exchange.

To do this, optimization of structure of information flow by decomposition of control problems so that management costs were minimal. For the evaluation of information flow between the subsystems apply the method of information flow, based on static measure the amount of information of Shannon and the operator presenting the main models of information processes. Cost performance subprocess, depending on its complexity, assessed using algorithmic models.

Results can be used to improve the efficiency of managing complex distributed technological processes.

Keywords: information flow, optimization of the structure, distributed control system, clustering tasks, exchange of information.

Вступ

Зміни у функціонуванні промислових підприємств, пов'язані із зростанням їх розмірів і складності, викликають необхідність інформаційної координації елементів виробництва, вдосконалення структури

систем управління. Проблема побудови розподілених систем управління стає актуальною в умовах безперервної адаптації сучасних виробництв до зовнішніх змін. Серед найбільш значущих напрямків в області побудови структур управління слід відзначити теорію управління ієрархічними багаторівневими системами [1-6]. В основу теорії покладені класичні методи математичного програмування, теорії ігор, теорії управління динамічними системами.

Можна виділити ряд основних завдань функціонування та управління ієрархічними системами [4-6], зокрема: задачу декомпозиції системи, завдання координації системи, завдання обліку невизначеності параметрів і змінних в ієрархічних системах прийняття рішень.

Визначення оптимальної структури розподіленої системи управління є актуальним завданням при розробці складних систем управління технологічними процесами. Концепція розподіленого управління технологічним процесом визначає ієрархічну структуру системи управління. Можна виділити три основні рівні ієрархії: 1) рівень датчиків і виконавчих механізмів для збирання даних про хід технологічного процесу і передачі керуючих сигналів; 2) рівень технологічного обладнання, наприклад, контролерів, які здійснюють і збір і обробку інформації, одержуваної з датчиків; 3) рівень диспетчеризації для вирішення задач оперативного управління технологічним процесом. Основними характеристиками структури, які підлягають вибору, є число рівнів і число підсистем на кожному рівні.

В існуючих рішеннях завдання побудови ієрархічних структур систем не враховується вартість обміну інформацією, що істотно впливає на вибір структури системи управління, і тому метою даної статті є вирішення задачі побудови структур розподілених систем управління на основі кластеризації завдань управління з урахуванням вартості обміну інформацією.

Постановка задачі

Нехай задача керування розподіленим технологічним процесом, який складається з декількох підпроцесів, вимагає ресурсів загальною вартістю r_i і об'ємом інформації I_{ij} , забезпечення якої вимагає затрат c_{ij} , де i - керований підпроцес, j - підпроцес, з яким необхідна координація управління [7].

Таким чином, затрати на керування підпроцесом

$$q_i = r_i + \sum_{j \neq i}^n c_{ij} . \quad (1)$$

Необхідно виконати оптимізацію структури інформаційних потоків шляхом декомпозиції задач управління таким чином, щоб витрати на керування були мінімальні.

Розв'язок задачі

Вартість виконання підпроцесу r_i залежить від його складності. Складність підпроцесу можливо оцінити з допомогою алгоритмічної моделі [8]. З урахуванням цього вартість виконання підпроцесу визначається наступним чином

$$r_i = g_1(S_i) + g_2\left(\sum_{v \in A_i} I_{iv}\right) . \quad (2)$$

де S_i - складність підпроцесу;

I_{iv} - кількість інформації, необхідної для координації двох підпроцесів;

$g([P_{11}, P_{12}], [P_{21}, P_{22}])$ - вартісна функція;

P_{11} - множина послідовних операцій;

P_{12} - множина паралельних операцій;

P_{21} - множина апаратно реалізованих операцій;

P_{22} - множина програмно реалізованих операцій.

Оптимізація системи здійснюється в умовах структурної невизначеності. Оскільки структура системи характеризується матрицею $B(n, n)$ суміжності n її підсистем, то в умовах повної визначеності елементи матриці є бінарними, а в умовах невизначеності елементи матриці описуються функцією невизначеності $\beta_{ij}(x)$.

Для отримання вартісної функції охарактеризуємо вплив наявності зв'язку між підсистемами на результат функціонування системи двома векторами: $D(m)$, елемент якого $d_{ij}(x)$ характеризує вплив наявності зв'язку між i -ю і j -ю підсистемами на результат функціонування системи (m - кількість зв'язків між підсистемами); $T(m)$, елемент якого $t_{ij}(x)$ характеризує вплив наявності зв'язку між i -ю і j -ю підсистемами на час отримання результату функціонування системи. Розглянемо окремі випадки отримання вартісної функції.

1. Вартісна функція паралельно з'єднаних підсистем, які забезпечують адитивний результат роботи системи. Матриця суміжності такої системи містить один ненульовий стовпець.

$$g_{nap} = E_0 \sum_{i=1}^n g_{P_{12i}} + \left[C_0 - \sum_{i,j} \int_0^1 d_{ij}(x) \beta_{ij}(x) dx \right] + c_t \max_i \left[\int_0^1 t_{ij}(x) (1 - \beta_{ij}(x)) dx \right]. \quad (3)$$

2. Вартісна функція паралельно з'єднаних підсистем, які забезпечують адитивний результат роботи системи.

$$g_{nap} = E_0 \sum_{i=1}^n g_{P_{12i}} + \left[C_0 - \prod_{i,j} \int_0^1 d_{ij}(x) \beta_{ij}(x) dx \right] + c_t \max_i \left[\int_0^1 t_{ij}(x) (1 - \beta_{ij}(x)) dx \right]. \quad (4)$$

3. Вартісна функція послідовно з'єднаних підсистем

$$g_{nap} = E_0 \sum_{i=1}^n g_{P_{12i}} + \left[C_0 - \prod_{i,j} \int_0^1 d_{ij}(x) \beta_{ij}(x) dx \right] + c_t \sum_i \left[\int_0^1 t_{ij}(x) (1 - \beta_{ij}(x)) dx \right], \quad (5)$$

де $G = \{g_{P_{12i}}\}$ - вектор вартості апаратних засобів i -ї підсистеми;

E_0 - коефіцієнт окупності витрат на апаратні засоби, який дорівнює частині вартості апаратних засобів, які припадають на одне виконане завдання системи;

C_0 - вартість результату роботи системи;

c_t - вартість витрат часу.

Запишемо вартісний критерій (2) в лінеаризованому вигляді

$$r_i = k_1 S_i + k_2 \sum_{v \in A_i} I_{iv}, \quad (6)$$

де A_i - множина інформаційних зв'язків між задачами управління операціями i -го підпроцесу, яка задана у вигляді матриці суміжності;

I_{iv} - інформаційний потік у v -му інформаційному зв'язку;

k_1, k_2 - коефіцієнти.

Якщо управління підпроцесом забезпечується локальною системою, то витрати на забезпечення отримання зовнішньої інформації значно вище витрат на забезпечення внутрішніх потоків. Відповідно, витрати на забезпечення необхідного об'єму інформації

$$\sum_{j \neq i}^n c_{ij} = f_3 \left(\sum_{j \neq i}^n I_{ij} \right), \quad j \in \{A_0 / A_i\}, \quad (7)$$

де A_0 - множина інформаційних зв'язків між задачами управління всього процесу;

«/» - операція доповнення,

або в лінеаризованому вигляді

$$c_{ij} = k_3 I_{ij}, \quad (8)$$

$$n = \text{card}[A_0 / A_i], \quad (9)$$

$$k_3 > k_2. \quad (10)$$

Якісний характер впливу кількості задач, розв'язок яких здійснюється в межах однієї локальної системи управління, на вартість виконання підпроцесу при $\forall c_{ij} = c_0$ показаний на рис. 1.

Для оцінювання інформаційних потоків між підсистемами застосуємо метод інформаційних потоків (МІП) [9], який базується на статичній мірі кількості інформації Шеннона і операторному представленні моделей основних інформаційних процесів.

Аксіоматична основа метода співпадає з аксіоматичною основою Шеннонської теорії інформації. Крім аксіом при розробці МІП виникає необхідність використання ряду спрощуючих припущень. До них відносяться:

1. Припущення про спрямованість передачі інформації. Воно дозволяє нехтувати зворотнім впливом приймача на джерело інформації.

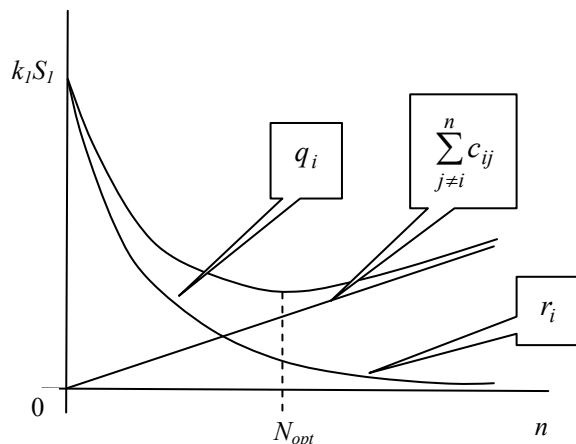


Рис. 1. Якісний характер впливу кількості задач, на вартість виконання підпроцесу

2. Припущення про відносність оцінки кількості інформації у статистичній мірі. Дозволяє виконувати оцінки інформаційних потенціалів у системі відліку зовнішнього спостерігача.

3. Припущення про збереження кількості статистичної інформації у замкнутій системі. Можливість використання принципу збереження кількості статистичної інформації аналогічного закону збереження енергії дає додаткові переваги статистичній інформаційній мірі, оскільки у структурній мірі кількість інформації зростає при виконанні операції копіювання всередині системи.

На основі аксіом та базових припущень будується система моделей інформаційних процесів. Така система має ієрархічну структуру. На нижньому рівні ієрархії знаходяться операторні моделі перетворення законів розподіл ймовірностей інформативних сигналів. Моделі передбачають використання операторних перетворень виду

$$f_Y(y) = \Phi(f_X(\bar{x}), C, G) = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} f_X(\bar{x}) \phi(\bar{x}, y, C, G) d\bar{x} \quad (11)$$

Модель $\phi^{(1)}(x, y)$ нелінійного статичного перетворювача $Y = N(X)$ отримана з відомої теорії випадкових процесів формули нелінійного перетворення випадкового процесу представленням її через δ -функцію Дірака

$$\phi^{(1)}(x, y) = \delta[y - N(x)] \quad (12)$$

Найскладніше питання оцінки законів розподілу ймовірностей – це оцінка розподілу комбінації двох випадкових процесів, а також розподілу результату проходження сигналу через інерційний перетворювач. Для цього необхідно визначити двомірний закон розподілу вхідних процесів. Оскільки задача отримання двомірного закону розподілу ймовірностей може бути віднесена до класу некоректних за Тихоновим, то всі методи її розв'язання є наближеними і відрізняються способами наближення і обмеженнями. В роботі [3] запропонований спосіб наближення. Він полягає у функціональному перетворенні безумовного розподілу в умовне. Вид функціонального перетворення визначається за допомогою рівняння регресії, яке пов'язує моменти безумовного і умовного розподілів. На основі такого наближення отримані вирази операторів перетворення:

- Двохвхідний перетворювач $Y = N(X_1, X_2)$

$$f_Y(y) = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} f_X(x_1) f_X(x_2) \phi^{(2)}(x_1, x_2, y) dx_1 dx_2 \quad (13)$$

$$\phi^{(2)}(x_1, x_2, y) = \int_{-\infty}^{+\infty} \delta[y - N(x_1, \xi)] \delta \left[\xi - r_{x_1 x_2} \sqrt{\frac{D_{x_2}}{D_{x_1}}} (x_1 - m_{x_1}) - \sqrt{1 - r_{x_1 x_2}^2} (x_2 - m_{x_2}) - m_2 \right] d\xi \quad (14)$$

де m_{x_1} – математичне очікування x_1 ;

m_{x_2} – математичне очікування x_2 ;

D_{x_1} – дисперсія x_1 ;

D_{x_2} – дисперсія x_2 ;

$r_{x_1 x_2}$ – коефіцієнт кореляції x_1 та x_2 .

- Лінійний інерційний перетворювач $y(t) = \int_0^t g(\tau) x(t - \tau) d\tau$

$$\phi^{(n)}(x, y, \omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \prod_{i=1}^{n-1} f_x(x_i - m_x) \delta \left[y - (1-a)m_y - a \sum_{i=1}^{n-1} x_{n-i}(t - i\Delta\tau) g_0(i\Delta\tau) \right] dx_1 \dots dx_{n-1} \quad (15)$$

$$\text{де } a = \sqrt{\frac{D}{\Delta\tau D_x \sum_{i=1}^{n-1} g_0^2(i\Delta\tau)}}; \quad g_0(i\Delta\tau) = \frac{1}{\Delta\tau} \int_{i\Delta\tau}^{(i+1)\Delta\tau} g(\tau) d\tau; \quad \Delta\tau = \frac{G_{xx\max}}{D_x}; \quad n = \text{ent} \left[\frac{T_{np}}{\Delta\tau} \right] + 1;$$

$$T_{np} = \frac{\pi W_{\max}}{\omega}; \quad \int_0^{\omega} W(\omega) d\omega$$

G_{xx} – спектральна щільність сигналу X ;

$W(\omega)$ – частотна передаточна функція перетворювача;

m_y і D_y – моменти розподілу вихідного сигналу.

З врахуванням виразів (12)...(15) загальна схема перетворення розподілів має вигляд

$$\begin{matrix} f_x(x) & \xrightarrow{A} & f_x(x_1, x_2, \tau) & \xrightarrow{B} & f_y(x) \\ R_x(\tau) & & & & R_y(\tau) \end{matrix} \quad (16)$$

де A і B – відповідні оператори.

Для отримання моделей складних послідовностей перетворень необхідно врахувати властивості ймовірнісних операторів:

Властивість 1. Операторна модель послідовності перетворень $f_y = \Phi_2[\Phi_1 f_x]$ виражається добутком операторів $\Phi = \Phi_2 \Phi_1$.

Властивість 2. Операторна модель паралельних операторних перетворень $f_y = \Phi^{(2)}[\Phi_1 f_x][\Phi_2 f_x]$ виражається добутком оператора другого порядку на добуток операторів гілок $\Phi = \Phi^{(2)} \Phi_2 \Phi_1$.

Властивість 3. Розподіл ймовірностей інформативного сигналу на виході замкнутого ланцюга перетворювачів є власна функція однорідного інтегрального рівняння Фредгольма другого роду з ядром $\Phi_1 \Phi^{(2)} \Phi_2$.

Властивість 4. Ймовірнісні оператори Φ мають властивість асоціативності $\Phi_1 \Phi_2 \Phi_3 = \Phi_1 (\Phi_2 \Phi_3)$.

Властивість 5. Ймовірнісні оператори Φ некомутативні $\Phi_1 \Phi_2 \neq \Phi_2 \Phi_1$.

Властивість 6. Існує одиничний ймовірнісний оператор, який задовольняє правилу множення $\Phi \cdot 1 = \Phi$.

Для отримання моделі основних інформаційних процесів зручно ввести узагальнені операторні інформаційні характеристики:

Інформаційний потенціал – гранична величина інформації про стан системи;

Інформаційна провідність – величина, що зворотна часу передачі або перетворення одиниці інформації.

$$Y_{12} = \Psi_N \Lambda \Psi \frac{F E_g^2 y_{12}}{P_n N} \quad (17)$$

де y_{12} узагальнена сигнальна провідність каналу;

N – розрядність даних паралельної передачі;

E_g – енергетичний поріг чутливості приймача;

P_n – потужність завад;

F – полоса частот каналу;

Ψ – інформаційні оператори перетворення інформаційних потоків у каналі.

З використанням цих характеристик моделі інформаційних процесів мають вигляд:

1. Нелінійного статичного перетворення

$$I_y = \Psi_N i_x = I i_x, \quad (18)$$

або

$$i_y(t) = P \frac{r_x(\tau) r'_x(\tau) \left[\left(\frac{K_E 2 \sigma_0 x}{K_{E1} D_x} \right)^2 - 1 \right]}{1 + r_x^2(\tau) \left[\left(\frac{K_E 2 \sigma_0 x}{K_{E1} D_x} \right)^2 - 1 \right]} \approx \text{Pr}_x(\tau) r'_x(\tau) \left[\left(\frac{K_E 2 \sigma_0 x}{K_{E1} D_x} \right)^2 - 1 \right], \quad (19)$$

де P – ймовірність працездатності інформаційного каналу;

D_x – діапазон зміни сигналу X ;

σ_0 – с.к.в. похибки початкового сигналу;

τ – проміжок часу між отриманням двох послідовних даних про значення контрольованого параметра;

$r_x(\tau)$ – кореляційна функція сигналу X ;

K_E – ентропійні коефіцієнти.

2. Лінійного динамічного перетворення

$$i_y(t) = P \frac{r_x(\tau)r'_x(\tau) \left[\left(\frac{K_{E2}\sigma_{0x}}{K_{E1}D_x} \right)^2 - 1 \right]}{1 + r_x^2(\tau) \left[\left(\frac{K_{E2}\sigma_{0x}}{K_{E1}D_x} \right)^2 - 1 \right]} \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} r_x(\tau_1)g(\tau_2)g'_\tau(\tau_1 - \tau_2)d\tau_1d\tau_2 \quad (20)$$

3. Виникнення інформаційних потоків у підсистемі сприйняття інформації від об'єктів контролю

$$J_0 = \ln(2\sqrt{(K_{E1}D_x)^2[1 - r_x^2(\tau)] + [K_{E2}\sigma_{0x}r_x(\tau)]^2}) \quad (21)$$

4. Виникнення інформаційних потоків у термінальному пристрої:

– в режимі з очікуванням

$$i = \frac{1}{T} \log(\text{card}[A]),$$

де A – алфавіт термінала;
 T – середній час очікування.
 – в режимі з перериванням

$$i = F_0 \log(\text{card}[A]) - \log(F_0\tau_n),$$

де F_0 – середня частота коливань;
 τ_n – похибка запізнення між перериванням і отриманням даних.

5. Виникнення інформаційних потоків у підсистемі накопичення та зберігання інформації. Якщо дані утворюють певну структуру, то

$$i = F_0 J = F_0 \left[\sum_{j=1}^n \left(I_j - I_{S,j} \frac{I_S}{I_{S0}} \right) + I_S \right] \quad (22)$$

де n – число елементів у структурі;
 $I_{S,j}$ – кількість інформації про статичну залежність j -го елемента структури;
 I_j – кількість інформації, що припадає на j -й елемент;
 n – довжина шляху у графі зв'язків елемента структури.

Для побудови таких моделей всі підсистеми розподілені на джерела інформації, споживачі інформації та перетворювачі інформації. Джерела та споживачі характеризуються інформаційним потенціалом, а перетворювачі – узагальненою інформаційною провідністю. Сукупність станів підсистеми представляється орієнтованим графом, а переходам з одного стану в інший відповідають інформаційні процеси другого рівня моделювання.

При децентралізованій координації у зв'язку з відсутністю координатора відсутні також і сигнали координації, які надходять від нього. Замість них на входи кожної локальної системи управління (ЛСУ) надходять сигнали від інших ЛСУ, в результаті чого інформаційний потік, який передається для здійснення координації, збільшується, що приводить до відповідного збільшення витрат. При використанні ієрархічної координації об'єднання завдань призводить не тільки до зміни вартості обміну даними, але і до зменшення інформаційних потоків по зовнішніх зв'язках, що пов'язано з агрегуванням інформації. Реалізація цього підходу передбачає вирішення завдання декомпозиції управління методом кластеризації підзадач з метою зменшення витрат на забезпечення інформацією.

Кластеризація завдань управління призводить до агрегування інформації, використовуваної для управління та координації [10]. Виграш від агрегування інформації в результаті кластеризації оцінимо з використанням лінеаризованих залежностей

$$\Delta c = [k_3 I_{10} + k_3 I_{20}] - [k_3 (I_1 \cup I_2) / I_{12} + k_2 I_{12}], \quad (6)$$

Завдання кластеризації вирішується на основі матриці відстаней між об'єктами кластеризації [11-13]. Такими об'єктами є підзадачі управління, а відстанями - витрати.

Для декомпозиції задач управління розподіленої технологічної системи пропонується модифікований алгоритм кластеризації за методом найближчого сусіда.

Задачу кластеризації будемо вирішувати шляхом мінімізації критерію

$$R = \sum_i r_i = \sum_i \left(k_1 S_i + k_2 \sum_{j \neq i}^n k_3 I_{ij} \right)$$

Основні кроки алгоритму кластеризації:

1. Початковий стан: кожна задача є окремим кластером, а всі зв'язки відмічені як зовнішні.
2. Цикл: поки серед всіх пар кластерів є такі, об'єднання яких зменшує критерій загальних витрат.

2.1. Цикл перебору всіх кластерів.

2.1.1. Цикл перебору усіх сусідніх кластерів стосовно розглянутого кластеру.

2.1.1.1. Розраховуються зміни витрат в результаті об'єднання кожної пари вершин.

2.1.1.2. Знаходиться варіант з найбільшою зміною витрат.

2.1.1.3. Якщо (зміна > 0), то

2.1.1.3.1. Здійснюється агрегування кластерів за правилами агрегування вершин графів.

2.1.1.3.2. Зменшується розмірність вектора вартості ресурсів і в нього замість вартостей ресурсів окремих кластерів, які об'єднувалися, записується вартість ресурсів об'єданого кластера.

2.1.1.3.3. Зв'язки між кластерами, які об'єднувалися, позначаються як внутрішні.

2.1.2. Кінець циклу.

2.2. Кінець циклу.

3. Кінець циклу.

4. Кінець.

Розглянемо приклад кластеризації множини з десяти завдань: $T = \{t_1, \dots, t_i, \dots, t_{10}\}$, і множини з трьох координаторів: $P = \{p_1, p_2, p_3\}$. Мета полягає в мінімізації загальних витрат на виконання і обміну інформацією. Позначимо $k_1 S_{ij}$ витрати на виконання задач t_i , коли вона виконується координатором p_j , і $k_3 I_{iv}$ витрати на обмін інформацією між завданнями i та v . Дані про витрати виражені в одиницях часу на виконання обробки та обміну інформацією. Вихідні дані задачі показані на рис. 2.

При застосуванні пропонованого алгоритму кластеризації до даних прикладу отримуємо наступний розподіл завдань

$$p_1 : T_2, T_3, T_5;$$

$$p_2 : T_4, T_7, T_8;$$

$$p_3 : T_1, T_6, T_9, T_{10}.$$

Порівняння максимального навантаження 180 одиниць, отриманого в роботі [13], з результатами, отриманими за допомогою запропонованого алгоритму кластеризації, показано в таблиці 1.

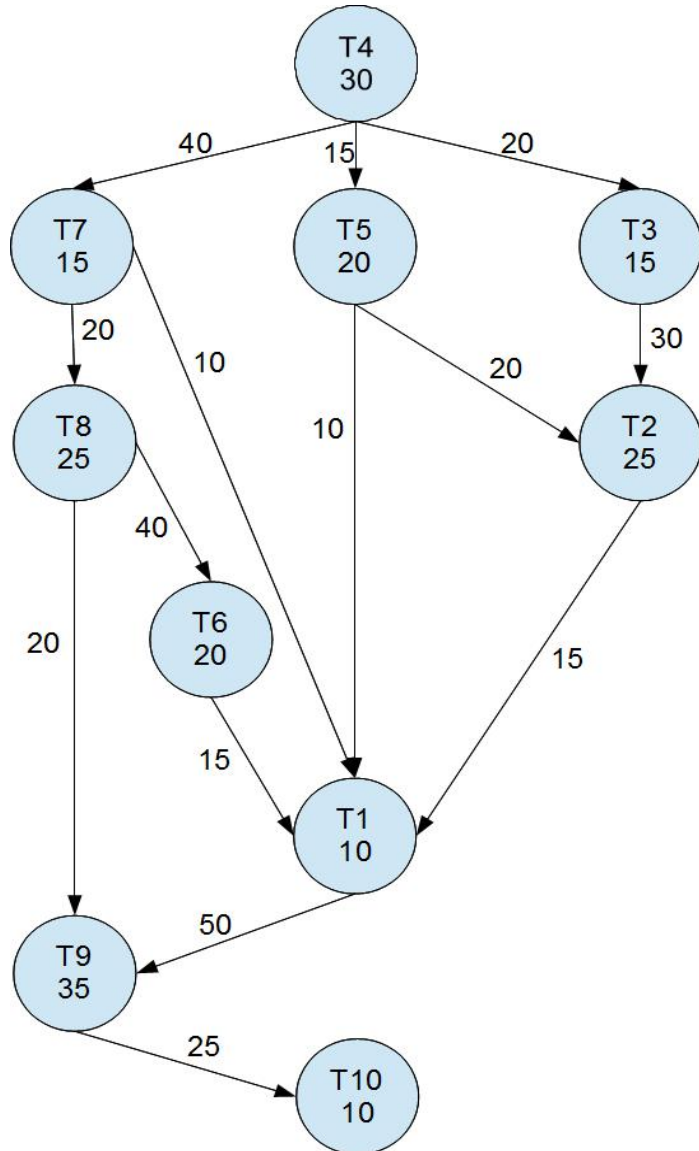


Рис.2. Спрямований ациклічний граф взаємозв'язку підзадач

Таблиця 1

Результати кластеризації підзадач

| Координатор | Модифікований алгоритм кластеризації | |
|-------------|--------------------------------------|--------------|
| | задачі | навантаження |
| p_1 | 2,3,5 | 120 |
| p_2 | 4,7,8 | 145 |
| p_3 | 1,6,9,10 | 140 |
| Максимум | | 145 |

Зауважимо, що наш алгоритм домігся кращого розподілу робочого навантаження.

Висновки

У даній роботі пропонується метод декомпозиції завдань управління за допомогою кластеризації, що дозволяє звести до мінімуму міжкластерний обмін інформацією. Для оцінювання міжзадачного інформаційного обміну застосовано метод інформаційних потоків. Результати можуть бути використані для підвищення ефективності управління складними розподіленими технологічними процесами.

Література

1. Месарович М. Теория иерархических многоуровневых систем / Месарович М., Мако Д. Такахара И.; – М.: Мир, 1973. – 344 с.
2. Бурков В.Н. Основы математической теории активных систем / В.Н. Бурков. – М.: Наука, 1977. – 255 с.
3. Волкович В.Л. Системный подход к исследованию иерархических систем управления / В.Л. Волкович; Н.Ф. Радомский. Материалы Международного симпозиума по проблемам организационного управления и иерархическим системам, Баку, 1971. – С. 25-31.
4. Попович А. Ю. Гибкая модель синтеза иерархических структур управления // Управление рисками и безопасностью. (Труды Института Системного Анализа РАН; Т. 41.) М.: ЛЕНАНД, 2009. С. 247-265.
5. Sethi S.P. et al. Optimal and hierarchical controls in dynamic stochastic manufacturing systems: A survey / S.P. Sethi, H. Yan, H. Zhang, Q. Zhang // Manufacturing & Service Operations Management. – 2002. – № 2. (4). – pp. 133–170.
6. Parmer G. West R. HIRES: A system for predictable hierarchical resource management / G. Parmer, R. West // Real-Time and Embedded Technology and Applications Symposium (RTAS), 2011, 17th IEEE. – 2011. – pp. 180–190.
7. Ладанюк А. П., Системна задача координації в технологічних комплексах неперервного типу / А. П. Ладанюк, Д. А. Шумигай, Р. О. Бойко. – Режим доступу : http://dSPACE.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/4444/1/Sh_3.pdf.
8. Дубовой В. М., Никитенко О. Д. Оптимізація підсистем збору даних АСУТП в умовах комбінованої невизначеності / В. М. Дубовой, О. Д. Никитенко: Монографія. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2011. – 169 с.
9. Дубовой В. М. Інформаційні потоки в моделюванні інформаційних систем. Друк. В кн.: "Контроль і управління в технічних системах", Т.2 – Вінниця: "УНІВЕРСУМ-Вінниця", 1997. - С.63-69.
10. Bayas M. M. Development of a coordination method for effective Decision-making in a hierarchical multilevel industrial system. / Bayas M. M. / «Радиоэлектроника, информатика, управление», 2014, № 2.
11. COMPACT — Comparative Package for Clustering Assessment. A free Matlab package, 2006.
12. Berkhin P. Survey of Clustering Data Mining Techniques / Berkhin P. : Accrue Software, 2002.
13. Murty J. Data Clustering: A Review / Jain Murty and Flynn: ACM Comp. Surv. – 1999.

References

1. Mesarovich M. Teoriya ierarhicheskikh mnogourovnevnykh sistem / Mesarovich M., Mako D. Takahara I.; – М.: Mir, 1973. – 344 p.
2. Burkov V.N. Osnovy matematicheskoy teorii aktivnykh sistem / V.N. Burkov. – М.: Nauka, 1977. – 255 p.
3. Volkovich V.L. Sistemnyj podhod k issledovaniyu ierarhicheskikh sistem upravleniya / V.L. Volkovich; N.F. Radomskij. Materialy Mezhdunarodnogo simpoziuma po problemam organizacionnogo upravleniya i ierarhicheskim sistemam, Baku, 1971. – pp. 25-31.
4. Popovich A. YU. Gибkaya model' sinteza ierarhicheskikh struktur upravleniya //Upravlenie riskami i bezopasnost'yu. (Trudy Instituta Sistemnogo Analiza RAN; T. 41.) М.: LENAND, 2009. pp. 247-265.
5. Sethi S.P. et al. Optimal and hierarchical controls in dynamic stochastic manufacturing systems: A survey / S.P. Sethi, H. Yan, H. Zhang, Q. Zhang // Manufacturing & Service Operations Management. – 2002. – № 2. (4). – pp. 133–170.
6. Parmer G. West R. HIRES: A system for predictable hierarchical resource management / G. Parmer, R. West // Real-Time and Embedded Technology and Applications Symposium (RTAS), 2011 17th IEEE. – 2011. – pp. 180–190.
7. Ladanyuk A. P., Sistemna zadacha koordinacii v tekhnologichnih kompleksah neperernovno tipu / A. P. Ladanyuk, D. A. SHumigaj, R. O. Bojko. – Rezhim dostupu : http://dSPACE.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/4444/1/Sh_3.pdf.
8. Dubovoj V. M., Nikitenko O. D. Optimizaciya pidsistem zboru danih ASUTP v umovah kombinovanoi nevznachenosti / V. M. Dubovoj, O. D. Nikitenko: Monografiya. – Viniicya: UNIVERSUM-Vinnicya, 2011. – 169 p.
9. Dubovoj V. M. Informacijni potoki v modelyuvanni informacijnih sistem. Druk. V kn.: "Kontrol' i upravlinnya v tekhnichnih sistemah", T.2 – Vinni-cya: "UNIVERSUM-Vinnicya", 1997. - pp.63-69
10. Bayas M. M. Development of a coordination method for effective Decision-making in a hierarchical multilevel industrial system. / Bayas M. M. / «Radioelektronika, informatika, upravlinnya», 2014, № 2.
11. COMPACT — Comparative Package for Clustering Assessment. A free Matlab package, 2006.
12. Berkhin P. Survey of Clustering Data Mining Techniques / Berkhin P. : Accrue Software, 2002.
13. Murty J. Data Clustering: A Review / Jain Murty and Flynn: ACM Comp. Surv. – 1999.

Рецензія/Peer review : 22.11.2015 р.

Надрукована/Printed : 19.12.2015 р.