

УДК 519.876.5:658.512

МОДИФІКАЦІЯ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ РОЗПОДІЛУ ТА ВИКОНАННЯ ПАКЕТІВ РОБІТ ПРИ ОПТИМІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ

Безкорвайний В.В., Чоломбитько Д.В

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків

Ефективність технологічних систем (ТС) сучасних виробничих компаній багато в чому визначається способом їхньої структурної організації. Проекти оптимізації ТС передбачають вирішення в умовах неповної визначеності множини багатокритеріальних завдань їх структурного, параметричного, топологічного та функціонального синтезу. При цьому, як при розв'язанні кожного з таких завдань, так і в процесах керування ТС виникає необхідність оцінки ефективності прийнятих рішень. Зокрема, в задачах оперативного керування ТС необхідно здійснювати розподіл пакетів робіт між її елементами (лініями, виконавцями, обладнанням) з урахування їх функціонально-вартісних характеристик і поточного стану. З цією метою комплексно використовуються методи розв'язання задач про призначення та математичного моделювання систем масового обслуговування (СМО) [1-3]. Для підвищення ефективності оптимізаційних рішень щодо організаційно-технічних ТС пропонується удосконалити існуючі моделі за рахунок врахування пріоритетності робіт і можливості їх повторного виконання [4].

Пропонується подавати розподіл і виконання робіт у ТС як процес функціонування трифазної СМО [2-3]. Пакети робіт подаються як заявки СМО, що надходять на її вхід у випадкові моменти часу. На першій фазі канал (супервізор) за показниками витрат, оперативності та якості здійснює розподіл заявки на $n = var$ споріднених заявок (робіт пакету різної спеціалізації) між $r \geq n$ каналами (виконавцями різної кваліфікації). Матеріальні (фінансові) витрати, час та якість обслуговування заявки на другій фазі (виконання робіт пакету) залежать від характеристик каналу (кваліфікації виконавця) і є випадковими величинами з заданими законами розподілу. На третій фазі здійснюється агрегація заявок одного сімейства (складання, оцінка якості виконаних робіт пакету тощо). Її тривалість

пропонується подавати випадковою величиною з заданим законом розподілу.

Розгалуження вхідної заявки на n споріднених (робіт пакету) між r каналами другої фази (виконавцям) здійснюватиметься шляхом розв'язання класичної задачі про призначення за трьома показниками: фінансових витрат, часу перебування заявки в системі (виконання пакету робіт) та якості обслуговування (виконання пакету робіт) [2].

Цільову функцію витрат на виконання пакету робіт пропонується подати у такому вигляді:

$$k_1(x) = c_{\Delta} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min_x, \quad (1)$$

де c_{Δ} – сумарні витрати на першій і третій фазах; n – кількість робіт і виконавців; $c_{ij} = (c_{ij}^0 + c'_{ij})$, $i, j = \overline{1, n}$ – загальні ресурсні витрати на виконання i -ї роботи j -м виконавцем; c_{ij}^0 – витрати на перехід до виконання поточної роботи після виконання роботи з попереднього пакету; c'_{ij} – номінальні витрати на виконання i -ої роботи j -м виконавцем; $x = [x_{ij}]$, $i, j = \overline{1, n}$ – матриця призначення робіт ($x_{ij} = 1$, якщо робота i призначена виконавцю j , $x_{ij} = 0$ – в іншому разі).

На другій фазі після розподілу кожна з призначених робіт виконується паралельно, а отже за критерій оперативності системи приймемо максимальний час виконання пакету робіт:

$$k_2(x) = \tau_{\Delta} + \max_i \{ \tau_{ij} x_{ij} \} \rightarrow \min_x, \quad (2)$$

де τ_{Δ} – сумарний час виконання пакету робіт на першій та третій фазах; $\tau_{ij} = (\tau_{ij}^0 + \tau'_{ij})$, $i, j = \overline{1, n}$ – повний час, необхідний на виконання i -ї роботи j -м виконавцем; τ_{ij}^0 – час, який необхідно витратити для переходу після виконання попередньої роботи (цього або попереднього пакету робіт); τ'_{ij} – номінальний час виконання i -ї роботи j -м виконавцем.

Визначення параметрів матеріальних витрат c_{ij}^0 та витрат часу τ_{ij}^0 при переході до нової роботи в цільових функціях (1)-(2) буде здійснюватися з урахуванням особливостей технічних і організаційно-технічних ТС і використанням функцій

належності нечітким множинам [5-6]. З цією метою пропонується використати допоміжні параметри оцінки стану виконавця, за допомогою яких можна буде уточнювати витрати або час виконання роботи з врахуванням їх виду (ручні, автоматизовані чи автоматичні).

Для оцінювання якості виконання робіт на другій фазі пропонується використати мінімальне її значення серед усіх робіт пакету:

$$k_3(x) = \min_i \{q_{ij}x_{ij}\} \rightarrow \max_x \quad (3)$$

де q_{ij} – якість виконання i -ї роботи j -м виконавцем.

З використанням функцій корисності $\xi_l(x)$, $l = \overline{1,3}$ локальних критеріїв $k_l(x)$, $l = \overline{1,3}$ (1)-(3) математичну модель багатокритеріальної задачі розподілу та виконання пакетів робіт можна подати у такому вигляді:

$$\left\{ \begin{array}{l} P(x) = \sum_{l=1}^3 \lambda_l \xi_l(x) \rightarrow \max_x \\ \sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, \quad j = \overline{1,n}; \quad \sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, \quad i = \overline{1,n}; \quad x_{ij} \in \{0,1\}. \end{array} \right. \quad (4)$$

Враховуючи ймовірнісний характер потоку пакетів та часу виконання робіт, пропонується здійснювати імітаційне моделювання ТС СМО (Q-схеми) з пріоритетами в обслуговуванні. Вибір виду пріоритету (абсолютний чи відносний) та його значення суттєво впливає на загальний час перебування заявок в систем [4]. Пропонується використати 3 значення відносного пріоритету для робіт a^w : низький ($a_1^w = 0$); нормальний ($a_2^w = 1$) та високий ($a_3^w = 2$).

При низькій якості виконання деяких робіт пакету з заданою вірогідністю P_r , $r = \overline{1,n}$ передбачається необхідність їх повторного виконання. Для уникнення «застрягання» пакету роботам для повторного виконання надається високий пріоритет $a_3^w = 2$, що автоматично включить такі роботи до першого розподілу.

Програмна реалізація моделювального алгоритму та експерименти з нею дозволяють отримувати оцінки витратних і функціональних характеристик ТС, точність яких зростає зі збільшенням кількості експериментів. Запропоноване удосконалення аналітико-імітаційної моделі процесу розподілу та виконання пакетів

робіт при оптимізації технологічних систем дозволяє враховувати вплив стану виконавців на час та якість виконання робіт пакетів. Це дозволить підвищити точність результатів моделювання технологічних систем та сприятиме підвищенню ефективності процесів їхнього функціонування.

Література:

1. L. Lelyakova, A. Kharitonova and G. Chernyshova, "Applied assignment problems (models, solution algorithms)", Bull. Voronezh State University: System Anal. Inf. Technol., no. 2, pp. 22-27, 2017.
2. V. Bezkorovainyi, H. Bezuhla and D. Cholombytko, "Mathematical models of the cyclic work package distribution task", in Innovative Integrated Computer Systems in Strategic Project Management. Riga: ISMA, 2022, pp. 7-15.
3. В. В. Безкоровайний та Г. Е. Безугла, «Оцінка параметрів розподілу пакетів робіт у процесах реінжинірингу сервісних систем», Міжнар. науково-практ. конф. «Інтелект. інформ. системи в упр. проєктами та програмами», Харків: ХНУРЕ, 2023, с. 54–55.
4. M. V. Shimanovskaja and A. V. Yurtaev, "Model of a queuing system with heterogeneous customers and the absolute priority of service", Vestnik Permsk. Univ., no. 1(32), 2016.
5. Е. Петров, В. Безкоровайний та В. Пісклакова, «Формування функцій корисності часткових критеріїв у задачах багатокритеріального оцінювання», Радіоелектроніка та інформатика, №1, с. 71-73, 1997.
6. V. Beskorovainyi, "Parametric synthesis of models for multicriterial estimation of technological systems", Innovative Technol. Scientific Solutions Industries, no. 2 (2), pp. 5–11, 2017.