

Authoritative sources in a hyperlinked environment. – In proceedings of the 9th ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms (SODA), 1998. 5. Z. Gyöngyi and H. Garcia-Molina. Link spam alliances. – In Proceedings of the 31st International Conference on Very Large Data Bases (VLDB), 2005. 6. da Costa-Carvalho, A. L., Chirita, P.-A., de Moura, E. S., Calado, P., and Nejdl, W. Site level noise removal for search engines. – In Proceedings of the 15th international conference on World Wide Web, 2006. 7. G. Roberts and J. Rosenthal. Downweighting tightly knit communities in world wide web rankings. – Advances and Applications in Statistics (ADAS), 2005. – №. 3 – С. 199-216

Поступила в редколлегию 16.05.07

УДК 519.854.2

О.А.ПАВЛОВ, д-р. техн. наук, НТУУ «КПІ»,
О.Б.МІСЮРА, канд. техн. наук, НТУУ «КПІ»,
О.А.ХАЛУС, асп. НТУУ «КПІ»

ЗАДАЧА МІНІМІЗАЦІЇ СУМАРНОГО ЗАПІЗНЕННЯ ВИКОНАННЯ НЕЗАЛЕЖНИХ ЗАВДАНЬ З ДИРЕКТИВНИМИ СТРОКАМИ ОДИМ ПРИЛАДОМ В СИСТЕМІ ПЛАНУВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ ДРІБНОСЕРІЙНИМ ВИРОБНИЦТВОМ (СПУДВ)

В статті розглянута задача мінімізації сумарного запізнення виконання незалежних завдань з директивними строками одним приладом, яка входить до складу математичного забезпечення системи СПУДВ. Ця задача відноситься до NP-складних, що обумовлює складність пошуку не тільки точних методів розв'язання задачі, але і наближених. Запропоновано ефективний точний ПДС-алгоритм (алгоритм із поліноміальною й експоненційною складовими) розв'язання задачі, заснований на новому підході до розв'язання задач з директивними строками, що полягає в оптимальному використанні резервів часу незапізнених завдань.

Вступ

Задача сумарного зваженого запізнення привертає увагу вчених протягом багатьох років, але через надмірні обчислювальні вимоги точне розв'язання для задачі з 50 завданнями – це бар'єр, що практично неможливо перебороти.

Запропоновано новий підхід до розв'язання задачі і розроблений на його основі алгоритм, що дозволяє одержувати точні розв'язки для задач з числом змінних $n > 500$ [1, 2]. Цей підхід заснований на конструктивній теорії розв'язання важкорозв'язуємих задач комбінаторної оптимізації, розробленої під керівництвом професора О.А. Павлова [3]. Основна ідея теорії полягає в дослідженні властивостей розглядуваних класів важкорозв'язуємих задач, доказі положень, правил, що дозволяють розробити єдиний принцип обчислень, і на їх основі побудові ПДС-алгоритмів.

Загальна постановка задачі планування в системі СПУДВ

Задано множину операцій $J = \{J_1, J_2, \dots, J_n\}$ по виготовленню n виробів, що розглядаються при формуванні портфеля замовлень (під виробом мається на увазі серія однотипних виробів). На кожній підмножині J_k задано частковий порядок орієнтованим ациклічним графом. Вершини графу відповідають операціям, зв'язки вказують на відношення передування. Відношення передування задається на основі конструкторсько-технологічної документації по виготовленню виробів, що входять у портфель замовлень. Кінцеві вершини відповідають готовим виробам. Для кожної вершини j графу відома lj – тривалість виконання, для кожного виробу $i \in I$ (I – множина кінцевих вершин) задана вага ω_i ; для окремих виробів задано директивний строк закінчення D_i . Для виконання операцій використовується система обслуговування у виді множини обмежених ресурсів. Сукупність виробничих засобів і приладів розділена на окремі, досить автономні виробничі модулі (комірки). Кожна комірка входить в одну з груп однотипних комірок. Виробництво характеризується різними технологічними циклами, широкими взаємозв'язками між підрозділами (комірками) по передачі виготовленої продукції.

Максимізація прибутку, як загальний критерій оптимальності для всіх рівнів моделі планування, грає важливу роль у визначенні спрямованості виробництва. У забезпеченні прибутковості підприємства істотне значення грає фактор часу. У вигравші буде той виробник, що забезпечує скорочення часу виходу на ринок нових виробів і підвищення гнучкості виробничого процесу. Вартість продукції, а, виходить, і прибуток підприємства за умови відсутності росту витрат виробництва, буде змінюватись в залежності від часу випуску виробів.

У випадку відсутності директивних строків прибуток від реалізації i -го виробу є функцією часу й дорівнює $P_i(t) = \omega_i(T - C_i)$, де ω_i – вага виробу i , визначена як одиничний прибуток від реалізації i -го виробу; T – період часу, протягом якого гарантоване виконання всіх виробів; C_i – момент закінчення виготовлення виробу. Критерій максимізації сумарного прибутку підприємства в цьому випадку визначається виразом:

$$F_1 = \sum_{i=1}^n P_i(t) = \sum_{i=1}^n \omega_i(T - C_i) = T \cdot \sum_{i=1}^n \omega_i - \sum_{i=1}^n \omega_i \cdot C_i \rightarrow \max .$$

Отже, критерій F_1 еквівалентний критерію мінімізації сумарного зваженого моменту закінчення виготовлення виробів при заданому відношенні порядку на множині операцій кожного виробу:

$$\sum_{i=1}^n \omega_i \cdot C_i \rightarrow \min .$$

У системі СПУДВ розглядаються наступні критерії оптимальності і їх комбінації:

а) максимізація сумарного прибутку підприємства (критерій F_1) у випадку, якщо директивні строки виробів відсутні (задача 1);

б) максимізація сумарного прибутку підприємства, якщо для всіх виробів $i \in I$ не можуть бути порушені директивні строки D_i (планування «точно в строк», задача 2);

в) максимізація сумарного прибутку підприємства, якщо для деяких виробів $i \in I$ не можуть бути порушені директивні строки D_i (задача 3);

г) максимізація сумарного прибутку підприємства за умови, що для всіх виробів задані директивні строки D_i . Необхідно мінімізувати сумарне зважене запізнення виготовлення виробів щодо директивних строків:

$$\sum_{i=1}^n \omega_i \max(0, C_i - D_i) \rightarrow \min \text{ (задача 4);}$$

д) максимізація сумарного прибутку підприємства за умови, що для всіх виробів задані директивні строки D_i . Необхідно мінімізувати сумарне зважене запізнення виготовлення виробів щодо директивних строків, якщо для деяких виробів $i \in I$ директивні строки D_i не можуть бути порушені (задача 5);

е) максимізація сумарного прибутку підприємства у випадку, коли для всіх виробів $i \in I$ задані директивні строки D_i , задана також абсолютна величина прибутку ω_i , що не залежить від моменту закінчення виконання виробу у випадку, якщо виріб виконується без порушення директивного строку, інакше прибуток підприємства по цьому виробу дорівнює нулю. Критерій оптимальності:

$$\sum_{i=1}^n \omega_i \zeta_i \rightarrow \max, \text{ де } \zeta_i = \begin{cases} 1, C_i \leq D_i \\ 0, C_i > D_i \end{cases} \text{ (задача 6);}$$

ж) максимізація сумарного прибутку підприємства за умови, що для всіх виробів задані директивні строки D_i . Необхідно мінімізувати сумарний штраф підприємства за випередження або запізнення щодо директивних строків:

$$\sum_{i=1}^n \omega_i |C_i - D_i| \rightarrow \min \text{ (задача 7).}$$

Основу системи СПУДВ складає тривірнева модель.

У задачах погодженого планування як критерій оптимальності доцільно прийняти мінімум запізнення щодо планових строків запуску і випуску партій деталей (складальних одиниць) на всіх стадіях виробничого процесу з урахуванням наявних ресурсів і обмежень. Цей показник забезпечить своєчасний випуск виробів, зниження додаткових витрат у виробництві і, отже, відповідає головній меті оперативного управління виробництвом –

виконанню плану випуску продукції по номенклатурі, кількості, якості і строкам з найменшими витратами і, тим самим, досягненню найкращих кінцевих результатів.

На третьому рівні будується поопераційний план функціонування комірок із прив'язкою до устаткування (внутрішньокміркове планування) за критеріями мінімізації штрафу підприємства за несвоєчасне виконання виробів, для яких задані директивні строки. Ці критерії повинні бути погодженими із критерієм оптимальності діяльності підприємства. На цьому рівні розв'язуються наступні задачі (як для одного, так і для паралельних приладів, у випадку незалежних або взаємозалежних завдань) [4]:

(1) Мінімізація сумарного запізнення виконання множин завдань з директивними строками одним приладом;

(2) Мінімізація сумарного зваженого запізнення виконання множини завдань із різними директивними строками;

(3) Мінімізація сумарного запізнення виконання множини завдань із загальним директивним строком;

(4) Мінімізація сумарного зваженого запізнення виконання множини завдань за умови, коли для частини завдань заборонені порушення директивних строків;

(5) Мінімізація сумарного зваженого запізнення виконання множини завдань за умови, коли для частини завдань заборонені випередження й запізнення щодо директивних строків;

(6) Мінімізація сумарного зваженого запізнення виконання множини завдань за умови мінімізації числа переналадок в комірках.

(7) Мінімізація сумарного випередження – запізнення виконання завдань відносно директивних строків.

Розглянемо задачу мінімізації сумарного запізнення виконання множин завдань з директивними строками одним приладом. Наведена задача відноситься до NP-складних, що обумовлює складність пошуку не тільки точних методів розв'язання цих задач, але і наближених. Існуючі методи дозволяють розв'язати задачі невеликої розмірності. Наведемо постановку задачі.

“Мінімізація сумарного запізнення виконання незалежних завдань з директивними строками одним приладом” (МСЗ)

Припустимо, що задано множину незалежних завдань $J = \{j_1, j_2, \dots, j_n\}$, кожне з яких складається з однієї операції. Для кожного завдання відома тривалість виконання l_j і директивний строк виконання D_j . Завдання надходять у систему одночасно в момент $d_j = 0, j = \overline{1, n}$. Переривання не допускаються. Необхідно побудувати розклад виконання завдань для одного приладу, що мінімізує сумарне запізнення при виконанні завдань:

$$f = \sum_{i=1}^n \max(0, C_i - D_i),$$

де C_j – момент завершення виконання завдання j .

Огляд відомих методів розв'язання цієї задачі приведений у [1]. Згідно Ду і Люнгу, задача є NP-складною. Еммонс розробив правила домінантності, що були застосовані в алгоритмах гілок і границь, так само як і в алгоритмах динамічного програмування. Алгоритм динамічного програмування Шрейга і Бейкера знаходиться в категорії другого покоління, тому що він розв'язує задачі з кількістю завдань до 50-ти для $1 \leq l_k \leq 10$. Лоулер знайшов, що задача може бути декомповована на підзадачі, визначаючи позицію роботи з найбільшим часом виконання в оптимальній послідовності. Потім він представив правило для зменшення списку можливих позицій. Цей список надалі коротшає завдяки правилам Поттса і Ван Вассенгова і Шварца. Останні алгоритми третього покоління Поттса і Ван Вассенгова комбінують результат Лоулера – спочатку розбити задачу на підзадачі припустимі розмірності, а потім розв'язати кожну підзадачу динамічним алгоритмом Шрейга і Бейкера. Вони були здатні розв'язати задачі з кількістю завдань до 100 при $1 \leq l_k \leq 100$. Поттс і Ван Вассенгов указують, що для розв'язання задач з більш, ніж 100 завданнями необхідний новий підхід. Для розв'язання даної задачі створені конструктивні і декомпозиційні евристики; найбільш відомі з них досліджуються в [1], де показано, що усі вони представляють дуже погані нижні границі коефіцієнтів апроксимації: їх нижні розглядається алгоритм четвертого покоління, що ефективно розв'язує задачі з кількістю завдань до 150. Найсучасніший точний метод Шварца, Гроссо і Кросе може розв'язувати задачі з розмірністю до 500 робіт.

На кафедрі АСОІУ було запропоновано ефективний точний ПДС-алгоритм (алгоритм із поліноміальною й експоненційною складовими) розв'язання задачі, заснований на новому підході до розв'язання задач з директивними строками, що полягає в оптимальному використанні резервів часу незапізнених завдань, що дозволяє розв'язувати задачі з числом завдань, суттєво більшим, ніж 500 [2].

Алгоритм розв'язання задачі для одного приладу за вище наведеним критерієм заснований на твердженні, що якщо в послідовності σ^{yn} (послідовності, у якій завдання $j \in J$ упорядковані за неспаданням відношення a_j/C_j) запізненим завданням не передують завдання з резервом часу, то не існує переносів завдань, що приводять до покращення цільової функції [2]. Алгоритм полягає в динамічному пошуку найбільш ефективного використання запізненими завданнями резервів часу незапізнених завдань, у результаті чого значення функціонала зменшується. В результаті аналізу послідовності σ^{yn} визначається множина конкуруючих запізнених завдань, тобто тих завдань, які можуть претендувати на резерви незапізнених завдань.

В алгоритмі використовуються наступні типи перестановок і вставок.

Перестановки: а) завдань, для яких резерв часу більше нуля; б) завдань, що використовували резерви в результаті перестановок і вставок, якщо за ними слідує запізнєні завдання вищого чи рівного пріоритету. Перестановки здійснюються, якщо при їх виконанні значення функціонала зменшується.

Вставки: а) при наявності резервів на інтервалі вставки; б) при утворенні резервів на інтервалі вставки завданнями, що раніше використовували ці резерви у результаті виконання перестановок.

Число ітерацій запропонованого в [2] алгоритму визначається кількістю конкуруючих завдань. На кожній ітерації перевіряється можливість використання резервів часу попередніх завдань наступним конкуруючим завданням і будується оптимальний розклад розглянутої послідовності. На першій ітерації будується оптимальний розклад для завдань на інтервалі $\overline{1, g_1}$, де $j_{[g_1]}$ – перше запізнєне конкуруюче завдання в послідовності σ^{cn} (отриманій у результаті вільних перестановок [2]). На наступній ітерації розглядається послідовність завдань на інтервалі $\overline{1, g_2}$, де $j_{[g_2]}$ – наступне запізнєне конкуруюче завдання. Нехай вже виконана $k-1$ ітерація і побудований оптимальний розклад для послідовності завдань на інтервалі $\overline{1, k-1}$, переходимо до наступного запізнєного конкуруючого завдання $j_{[k]}$ і будемо оптимальний розклад для підпослідовності σ^k , що включає завдання на інтервалі $\overline{1, k}$. Перевіряється можливість зменшення значення функціонала за рахунок використання завданням $j_{[k]}$ існуючих резервів часу чи резервів, отриманих у результаті перестановок завдань з мітками (чи завдань меншого пріоритету) на більш пізні позиції. На кожній ітерації значення функціонала зменшується чи залишається незмінним. В процесі розв'язання задачі перевіряються умови [2], при виконанні яких оптимальний розклад досягається за поліноміальний час (поліноміальна складова алгоритму). При цьому частина конкуруючих завдань виключається з множини конкуруючих. При невиконанні умов задача розв'язується експоненціальною складовою алгоритму. Таким чином, будується оптимальний розклад по зазначеному критерію.

Висновок

Розглянута NP-складна задача «Мінімізація сумарного запізнєння виконання незалежних завдань», яка відноситься до третього рівня системи СПУДВ, та запропоновано новий ефективний ПДС-алгоритм, заснований на новому підході до розв'язання задач з директивними строками, який полягає в оптимальному використанні резервів часу незапізнєних завдань, що

дозволяє отримати точні розв'язки для задач з числом завдань, суттєво більшим, ніж існуючими методами.

Список літератури: 1. Павлов А.А., Теленик С.Ф. Информационные технологии и алгоритмизация в управлении.– К.: Техника.– 2002.– 344 с. 2. Павлов А.А., Мисюра Е.Б. Эффективный точный ПДС-алгоритм решения задачи о суммарном запаздывании для одного прибора // Системні дослідження та інформаційні технології.– 2004.– №4.– С.30-59. 3. Pavlov A.A, Pavlova L.A. PDC-algorithms for intractable combinatorial problems. Theory and methodology of design.– Uzhhorod: «Karpatskij region» shelf, 1997.– 320 p. 4. Павлов О.А., Мисюра О.Б., Халус О.А. Аналіз складності та ефективності розв'язання задач третього рівня системи планування та управління дрібносерійним виробництвом. / Вісник НТУУ “КПІ”. Інформатика, управління та обчислювальна техніка. К.: “ВЕК+”, 2006.– №44.– С.14-20

Поступила в редколегію 10.05.07

УДК 519.685

И.П. ГАМАЮН, д-р техн. наук, ***В.А. КОМАРЧУК***

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ СЛУЖБОЙ ЗАКАЗОВ ТАКСИ

В статті пропонується імітаційна модель процесу функціонування служби заказів таксі, що розроблена на основі GPSS (General Purpose Simulation System). Ця модель дозволяє в достатньо повній мірі відзеркалити особливості функціонування служби заказів, як системи масового обслуговування.

В статье предлагается имитационная модель процесса функционирования службы заказов такси, разработанная на основе GPSS (General Purpose Simulation System). Эта модель позволяет в достаточно полной мере отобразить особенности службы заказов, как системы массового обслуживания.

In article proposed the simulation model of functioning of service of orders of a taxi on basis GPSS (General Purpose Simulation System). This model allows to display the full features of functioning of service of orders of a taxi, as queue system.

Введение. Увеличение объема информации, поступающей в органы управления, усложнение задач управления, необходимость учета большого числа взаимосвязанных факторов и быстро изменяющейся обстановки требуют использования в процессе принятия решения нового класса систем – систем поддержки принятия решений (СППР) [1,2]. Эти системы находят свое применение во всех сферах управленческой деятельности человека. Одной из них является служба заказов такси, для которой в условиях мегаполиса характерны особенности, предопределяющие необходимость разработки и использования СППР. Современные компании, предоставляющие транспортные услуги, связывают дальнейшее повышение