

УДК 004.942

МУРАШИНИЙ АЛГОРИТМ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНУВАННЯ РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ДІЛЯНКИ МАШИНОБУДІВНОГО ПІДПРИЄМСТВА

О.В. Ченгар, Ю.О. Скобцов, О.І. Секірін
Донецький національний технічний університет, кафедра АСУ

Сформульована задача оптимізації оперативного планування роботи виробничої ділянки машинобудівного підприємства. Описано математичну постановку завдання, обрані критерії оптимізації. Запропонований граф для моделювання роботи ділянки й знаходження оптимальних розкладів роботи встаткування.

Постановка задачі в загальному вигляді і її зв'язок з важливими науковими й практичними завданнями

Автоматизація обробного й допоміжного устаткування з використанням сучасних комп'ютерних технологій, в умовах бурхливого розвитку машинобудування, є одним з основних напрямків технічного прогресу в машинобудуванні [1]. Сучасні тенденції пропонують використати на виробничих ділянках автоматизовані системи здатні реалізувати різні технологічні операції. Все це устаткування повинне забезпечувати виконання заданої номенклатури технологічних операцій на ділянці у встановлений термін і мати здатність швидко (оперативно) реагувати на зміну стану устаткування.

Більшість розроблених до теперішнього часу методик оперативно-календарного планування засновано на спрощених моделях, що знижує їхню практичну значимість, або ці методики застосовані лише для певних специфічних умов [2]. Значну складність, крім того, представляє проблема оцінки якості одержуваних розкладів. Разом з тим, рівень оперативного планування, як заключний етап виробничого планування, безпосередньо визначальний сценарій роботи виробляючих цехів, відіграє важливу роль у формуванні адекватних завданням підприємства здійснених виробничих планів.

Для забезпечення високої ефективності роботи виробничих ділянок і максимального використання можливостей устаткування, необхідно створювати близькі до оптимального розклади роботи устаткування. Тому необхідно розробити комп'ютерну підсистему оперативного планування роботи виробничої ділянки машинобудівного підприємства для підвищення ефективності роботи за рахунок складання

субоптимальних розкладів роботи на рівні виробничої ділянки, на основі обраних критеріїв оптимізації.

Математична постановка завдання оптимізації оперативного планування

Характеристики технологічних операцій. Для календарного планування технологічний процес роздроблений на технологічні операції. Будемо вважати, що на даній виробничій ділянці обробляється n партій деталей d_i ($i = 1, 2 \dots, n$). Позначимо деяку довільну операцію, яку необхідно виконати над деталлю d_i , через O_{ij} ($j = 1, 2, \dots, m_i$), де m_i – загальна кількість операцій, який необхідно виконати над d_i .

Кожна операція O_{ij} однозначно визначається парою символів $O_{ij} = (l_{ij}, T_{ij})$, де l_{ij} - номер групи обладнання, на якому може бути виконана операція O_{ij} ; T_{ij} - тривалість виконання операції на деякому еталонному для даної групи обладнання робочому місці.

Технологічний маршрут. Під технологічним маршрутом деталі звичайно розуміють порядок проходження деталлю робочих місць у процесі обробки або ж послідовність виконуваних операцій (1).

$$M_i = (O_{i1}, O_{i2}, \dots, O_{imi}) \quad (1)$$

При послідовному виконанні операцій передбачається суворе впорядкованість технологічного маршруту. Однак можна припустити, це часто і є насправді, що порядок виконання операцій змінюється (не є строгим), тобто впорядкованість виконання операцій часткова. Операція O_{ij} повинна виконуватися без перерви із самого початку. Якщо позначити через t_{ij} — час початку обробки операції O_{ij} , а через $*t_{ij}$ – момент закінчення обробки операції, то для еталонного верстата завжди повинна виконуватися умова (2).

$$*t_{ij} = t_{ij} + T_{ij}. \quad (2)$$

Вочевидь, що час початку обробки операції повинен залежати від часу виконання попередніх операцій. Зокрема, для технологічного маршруту, заданого у вигляді рівняння (1), завжди повинна виконуватися нерівність (3).

$$t_{ij} \leq t_{ij+1} \quad (3)$$

Для спрощення рішення завдань календарного планування будемо вважати, що на кожному робочому місці не може виконуватися більше однієї операції одночасно. Цю умову можна сформулювати й інакше: ні для яких двох операцій O_{i1j1} й O_{i2j2} , які виконуються на тому ж самому робочому місці, не може виконуватися нерівність (4).

$$t_{i1j1} \leq t_{i2j2} < *t_{i1j1} \quad (4)$$

Одне з основних завдань оперативного планування полягає в тому, щоб для виробничої ділянки із заданими технологічними маршрутами обробки деталей побудувати деякий календарний план, що задо-

вольняє сформульованим умовам. Вочевидь побудова такого графа еквівалентно визначенню чисел t_{ij} – моментів початку операції O_{ij} . Таким чином, величини t_{ij} й є невідомими в нашому завданні і їх варто знайти, виходячи з наведеного формулювання завдання з урахуванням обмежень (3) – (4).

Сукупність чисел $\{t_{ij}\}$ ($i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m_i$), що задовольняють сформульованим умовам й обмеженням, будемо називати надалі календарним планом роботи виробничої ділянки, або його графом, і позначати символом G . Графом $G(i)$ обробки деталі d_i будемо називати сукупність чисел $\{t_{ij}\}$ ($j = 1, 2, \dots, m_i$), (тобто при фіксованому індексі i).

Критерії оптимальності. Неважко зрозуміти, що існує незліченна безліч графів, що задовольняють сформульованим умовам й обмеженням. Наприклад, якщо $G \{t_{ij}\}$ — граф, то й $G = \{t_{ij} + h\}$ – теж граф ($h > 0$ довільно). Таким чином, виникає завдання про побудову деякого найкращого графа відповідно до обраного критерію. Для рішення завдань оптимального календарного планування необхідно задатися деякою числовою функцією F (функцією-критерієм), визначеною на всіх графах G й, що ставить у відповідність кожному графові G визначене число $F(G)$. Причому найкращому графові повинне відповідати екстремальне значення функції F . Загальне завдання полягає в тому, щоб побудувати граф, що задовольняє всім сформульованим у завданні умовам й обмеженням, на якому функція $F(G)$ досягає свого екстремального значення (5).

$$F(G) = \text{extr } F(G) \quad (5)$$

Розробка мурашиного алгоритму для оптимізації оперативного планування роботи виробничої ділянки

Особливістю поставленого завдання є те, що необхідно знайти не один шлях (маршрут проходження деталей по ділянці), а більше, які разом давали б найкращий результат.

Для рішення завдання методами мурашиних алгоритмів, необхідно:

1) Відповідне подання у вигляді графа для опису дискретного простору пошуку. Граф повинен представляти всі стани й переходи між ними.

2) Визначити правила корекції концентрації феромона, які визначають позитивний зворотний зв'язок у процесі.

3) При необхідності розробити евристику для визначення переваги дуги в графі.

4) Визначити евристику поведінки мурахи при побудові рішення у вигляді ймовірності переходу.

5) Визначити засіб перевірки потенційного рішення з урахуванням обмежень завдання.

б) Визначити основні параметри мурашиного алгоритму (число штучних мурах і т.п.).

Для завдання календарного планування можна скласти наступний граф. Вершини – одиниця встаткування (верстат) на якому виконуються операції над деталлю. Ребра – сумарний час, що буде очікувати деталь до переходу до наступної вершини. Це час обробки на поточному встаткуванні плюс час очікування звільнення наступного встаткування (час переналагодження встаткування, час переходу ...). У такий спосіб одержуємо граф, що представлений на рисунку 1.

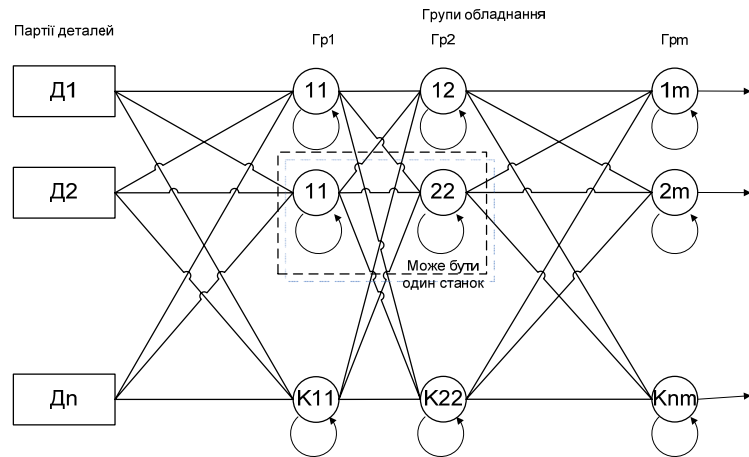


Рисунок 1 – Граф для завдання оперативного планування виробничої ділянки

Таким чином, для кожної партії деталей, необхідно провести цикл пошуку оптимального плану, з обліком знайдених раніше.

Евристична інформація для визначення переваги дуги в графі. Ця інформація може бути представлена в різній формі й залежати від завдання [3]. Наприклад, для вибору найкоротшого шляху можна використати формулу (6).

$$\eta_{ij} = \frac{1}{d_{ij}}, \text{ де } d_{ij} - \text{відстань між вершинами } i \text{ й } j. \quad (6)$$

Вочевидь, що в цьому випадку перевага надається короткій дузі, що виходить із вершини i . У нашому завданні відстань між вершинами i й j визначається виразом (7).

$$d_{ij} = T_{\text{осв}} + T_{\text{нал}} + k * T_{\text{обр}} + T_{\text{тр}}, \text{ де} \quad (7)$$

$T_{\text{осв}}$ - час, звільнення групи встаткування для обраних деталей;

$T_{\text{нал}}$ - час, необхідне для переналагодження встаткування;

k - кількість деталей, у партії деталей;

$T_{\text{обр}}$ - час, необхідний для обробки однієї деталі на обладнанні;

$T_{\text{тр}}$ - час транспортування партії деталей до обраного верстата.

В залежності від вибору критеріїв оптимізації евристична інформація може бути різною, тобто розрахунок відстані між вершинами графа може відрізнятись. Якщо необхідно мінімізувати перебування

деталей на складі, необхідно підрахувати тільки час переходу на іншу одиницю обладнання, без урахування можливості обробки. Обрана евристика, формула (7) розрахунку якої вибрана дуже вдало, тому що навіть не використовуючи особливості мурашиного алгоритму, урахування концентрації феромону на дугах графу визначається згідно обраної евристики. Мураха обере не той вузол, який раніше звільниться щоб мати можливість прийняти на обробку партію деталей, до якої належить мураха, а той вузол (обладнання) на якому його партія скоріше закінчить обробку [4]. Це розширює коло пошуку і дозволяє знайти оптимальне рішення. Розроблено функціональну структуру підсистеми та побудоване інформаційне та програмне забезпечення. В якості розробки спеціального ПЗ було обрано розповсюджену об'єктно орієнтовану середу програмування Visual 6.0. Проведено дослідження розробленої моделі та перевірку на реальних даних ефективності розробленого алгоритму оптимізації. Експериментально доведено результативність розробленого алгоритму.

Висновки

В статті розглянуто застосування мурашиного алгоритму для рішення завдання оптимізації роботи виробничої ділянки машинобудівного підприємства. Описано математичну постановку завдання, обрані критерії оптимізації. Запропонований граф для моделювання роботи ділянки й знаходження оптимальних розкладів роботи встаткування. Проаналізовано й враховані особливості поставленого завдання, запропоновано спосіб об'єднання строгої послідовності операцій з можливостями автоматизованих систем. Обрано евристичні знання для вибору наступного вузла графа, визначені правила переходу. Розроблено функціональну структуру підсистеми та побудоване інформаційне та програмне забезпечення.

Бібліографічний перелік

1. Сачко Н.С. Организация и оперативное управление машиностроительным производством / Н.С. Сачко. – Минск: Новое знание, 2005. – 635 с.
2. Маляренко И. Планирование и оптимизация / И. Маляренко // Корпоративные системы. – 2006. – № 27. – С. 29-32.
3. Скобцов Ю.А. Основы эволюционных вычислений: учебное пособие / Ю.А. Скобцов. – Донецк: ДонНТУ, 2008. – 326 с.
4. Dorigo M. Swarm Intelligence, Ant Algorithms and Ant Colony Optimization // Reader for CEU Summer University Course «Complex System». – Budapest, Central European University, 2001. – P. 1–38.