УДК 658.612:621

РОЗРОБКА МУРАШИНОГО АЛГОРИТМУ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНУВАННЯ РОБІТ ПО ЗБИРАННЮ ВРОЖАЮ КІСТОЧКОВИХ

Мацулевич О.Є. [1], к.т.н.,
Вершков О.О. [1], к.т.н.,
Холодняк Ю.В. [1], к.т.н.,
Дмітрієв Ю.О. [1], к.т.н.,
Чаплінський А.П. [1], к.т.н.
[1]*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна.*

Постановка проблеми. Особливістю поставленого завдання є те, що необхідно знайти не один шлях (послідовність виконання операцій по збиранню врожаю) як, наприклад, завдання комівояжера, а декілька, які разом давали б найбільш кращий результат.

Для розв'язання 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 концетрації феромону, які визначають позитивний зворотний зв'язок у процесі.

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

4) Визначити евристику поводження мурахи при побудові розв'язання у вигляді імовірності переходу.

5) Визначити засіб перевірки виконання потенційного розв'язання з урахуванням обмежень завдання.

6) Визначити основні параметри МА (число штучних мурах).

Основні матеріали дослідження.

Для завдання календарного планування можна скласти наступний граф:

1. Вершини — одиниця устаткування (верстат, машина) на якому виконуються операції над деталлю.

2. Ребра — сумарний час, що буде очікувати деталь до переходу до наступної вершини. Це час проведення робіт + час очікування звільнення наступного місця роботи.

У такий спосіб одержуємо граф, що представлений на рисунку 1. Таким чином, для кожної партії деталей, необхідно провести цикл пошуку оптимального плану, з обліком знайдених раніше. Евристична інформація для визначення переваги дуги в графі n_{ij}.

Евристична інформація про перевазі вибору наступної вершини може бути в різній формі і залежить від завдання.

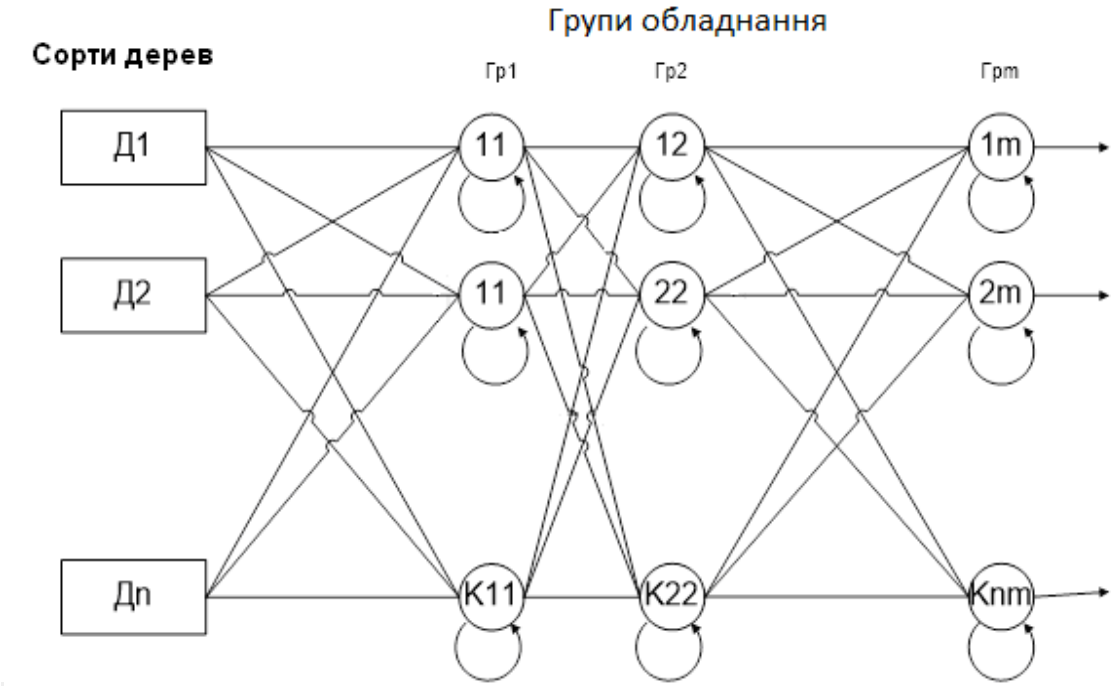

Рис. 1. Граф для завдання оперативного планування робіт по збиранню врожаю кісточкових.

Наприклад, для вибору найкоротшого шляху можна використати $n_{ij} = \frac{1}{d_{ij}}$, де d_{ij} — відстань між вершинами i й j. Очевидно, що в цьому випадку прийнятна коротка дуга, що виходить із вершини i.

У нашому завданні

$$d_{ij} = T_{осв} + T_{нал} + k*T_{обр} + T_{тр} \quad (1)$$

де $T_{осв}$ – час, коли звільниться група встаткування для обраної групи деталей;

$T_{нал}$ – час, необхідний для переналагодження встаткування;

k – кількість деталей, у партії;

$T_{обр}$ – час, необхідне для обробки однієї деталі на даному встаткуванні;

$T_{тр}$ – 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 відрізнятися. Якщо необхідно мінімізувати простій робітників, необхідно підрахувати тільки час переходу на іншу операцію, без урахування погодних умов.

Обрана евристика, формула розрахунку якої (1) обрана дуже вдало, тому що навіть не використовуючи особливості мурашиного алгоритму, урахування концентрації феромону на дугах графу, згідно обраної евристики, мураха обере не той вузол, який раніше звільниться щоб мати можливість перейти на інший частина збирання врожаю, до якої належить мураха, а той вузол, на якому його партія скоріше закінчить збирання. Це розширює коло пошуку і дозволяє знайти оптимальне рішення.

Правила корекції концентрації феромону. Концентрація феромону змінюється кожною мурахою. При переході на наступний вузол, мураха відкладає феромон відповідно до наступного правила

$$\tau_{ij}(t+1) = \tau_{ij}(t) + \Delta\tau_{ij,k}(t) \quad (2)$$

де $\Delta\tau_{ij,k}(t) = \frac{1}{L_k(t)}$, $L_k(t)$ – довжина дуги графа (час переходу до наступної операції)

Випар феромону відбуватися не буде. Це обумовлено тим, що необхідно знайти декілька маршрутів, котрі у купі давали б кращий результат роботи. Виходячи з цієї особливості, не можна щоб мураха проходив весь маршрут з першої по останню операцію. Тому що при пошуку маршрутів з «початку» до «кінця», отримаємо накладення маршрутів однин на інший, що суперечить математичній постановці задачі оперативного планування. Так як після вибору наступного вузла всіма мурахами системи, буде обрана дуга з максимальною концентрацією феромону, всі мурахи партії з мінімальним часом звільнення для даної дуги перейдуть на наступний вузол. Після чого матриця феромону обновитися і пошук буде розпочатий заново.

Правило переходу на наступний вузол. Імовірність переходу мурахи з вершини *i* у вершину *j* буде визначатися наступним співвідношенням:

$$\begin{cases} P_{ij,k}(t) = \dfrac{[\tau_{ij}(t)]^{\alpha} \cdot [\eta_{ij}(t)]^{\beta}}{\sum_{l \in J_{i,k}} [\tau_{il}(t)]^{\alpha} \cdot [\eta_{il}(t)]^{\beta}}, j \in J_{i,k} \\ P_{ij,k}(t) = 0, j \notin J_{i,k} \end{cases} \quad (3)$$

де α – коефіцієнт значимості концентрації феромона;
β – коефіцієнт значимості емпіричної інформації;
$\tau_{ij}(t)$ – концентрація феромона на дузі графа;
$n_{ij}(t)$ – евристична інформація;
J_{ik} – множина доступних для відвідування вершин.

Технологія збирання врожаю кісточкових – завжди суворо регламентований порядок виконання технологічних операцій (зняття плодів з дерева, підготовка до транспортування, саме транспортування, тощо). Однак, деколи, погодні умови вносять свої корективи в процес збирвння врожаю. Тому, для складання оптимальних розкладів необхідно врахувати всі комбінації.

Дане обмеження враховується при виборі мурахою наступного вузла. Множина $J_{i,k}$ містить тільки вузли (верстати) на яких може виробляється наступна операція, відповідно до технологічного маршруту.

Основні параметри алгоритму:
– початкове розташування колоній;
– коефіцієнти алгоритму.

У ході пророблених експериментальних досліджень було з'ясовано, що збіжність МА і якість розв'язання сильно залежать від початкового розташування колонії.

Для пошуку системи оптимальних маршрутів необхідно щоб за кожним сортом була закріплена колонія мурах, які будуть шукати найліпший маршрут збирання плодів згідно технологічної карти.

Необхідно також звернути увагу, на те, що деякі сорти, зані попередньою зміною, не встигли пройти подальшу обробку вчасно, тому їх треба обробити в першу чергу.

Для розв'язання цієї проблеми пропонується ввести пріоритет запуску зібраних плодів в подальшу обробку. Це буде коефіцієнтом, на який множиться кількість мурах партії. У такий спосіб одержимо число мурах для кожної партії.

Для найкращих результатів роботи мурашиного алгоритму, коефіцієнти алгоритму необхідно експериментально підбирати. Різні виробництва мають свої особливості, розміри партій, кількість партій, кількість устаткування, його розташування — це все впливає на результат роботи алгоритму.

З огляду на специфіку завдання, можна зробити висновок, що однократне налаштування параметрів алгоритму (α і β – *початкова концентрація феромона*) не є оптимальним варіантом. Це означає, що експериментальний висновок про значення даних параметрів на одному сільськогосподарському виробництві, може призвести до погіршення результатів, при використанні алгоритму на інших садах.

Крім того, що необхідно експериментально отримати оптимальні значення коефіцієнтів мурашиного алгоритму, також необхідно мати змогу автоматично корегувати ці параметри.

У зв'язку із цим, прийняте рішення реалізувати динамічну зміну основних параметрів алгоритму.

У такий спосіб одержуємо декілька комбінацій коефіцієнтів, за допомогою яких можна вплинути на виконання алгоритму оптимізації. По закінченню роботи алгоритму, і знаходженню всіх маршрутів з використанням комбінацій параметрів, необхідно обрати найбільш оптимальний.

На рисунку 2 наведена укрупнена блок-схема алгоритму оптимізації робіт по збиранню врожаю кісточкових з використанням мурашиного алгоритму.

Висновки. Встановлено, що несприятливі погодні умови, нехватка тарного обладнання, ресурсів, вихід з ладу обладнання, все це призводить до запізнення, зростання часу виробничого циклу. Якщо час запізнення виробничого процесу переходить деяку межу (запізнення у зборі врожаю) необхідно швидко знайти найбільш оптимальне вирішення ситуації.

Запропоновано спосіб оптимізації робіт по збиранню врожаю кісточкових на основі мурашиного алгоритму. Мурашиний алгоритм формує новий розклад, який є найбільш оптимальний, і виробництво переходить на новий розклад роботи.

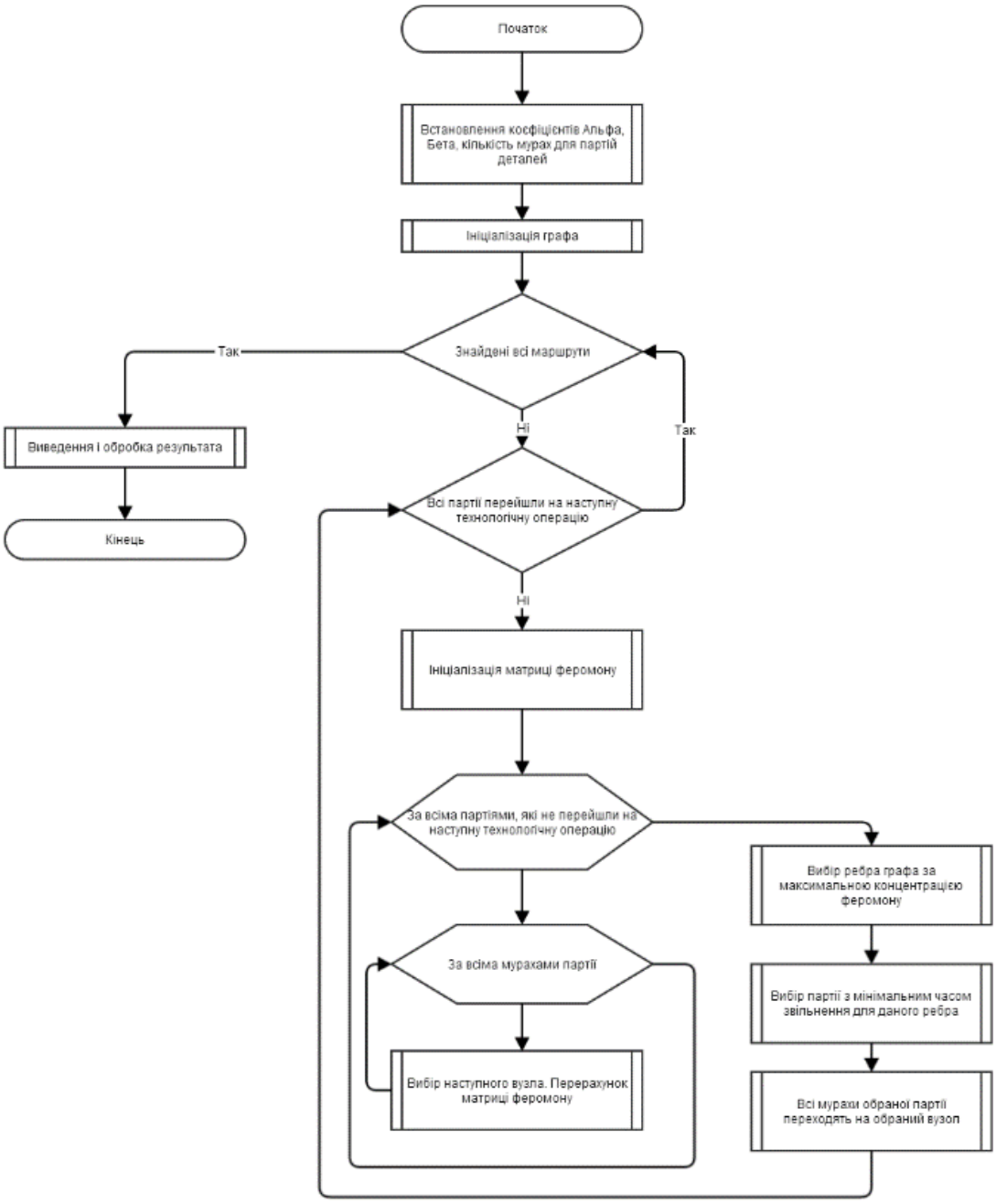

Рис.2. Блок-схема мурашиного алгоритму для оптимізації робіт по збиранню врожаю кісточкових

Список використаних джерел:

1. Мацулевич О.Є. Чолак А.І. Оптимізація роботи виробничої ділянки на основі оперативного планування. *Інформаційні технології проектування*: збірник наукових праць магістрантів та студентів. Мелітополь: ТДАТУ, 2014. С. 111-116.

2. Мацулевич О.Є. Чолак А.І. Моделювання та оптимізація роботи виробничих ділянок підприємств сільськогосподарського машинобудування. *Інформаційні технології проектування*: збірник наукових праць магістрантів та студентів. Мелітополь: ТДАТУ, 2014. С. 117-125.