

Ворона М.В.

студент,

*Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського*

ЗАСТОСУВАННЯ АЛГОРИТМУ СИСТЕМИ МУРАШИНИХ КОЛОНІЙ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ VRPTW

Виникнення досліджень у галузі транспортної маршрутизації почалося в 1959 р., коли Данцигом і Рамсером була сформульована задача оптимізації вантажних перевезень [1]. Суттєві дослідження щодо формалізації задачі маршрутизації транспорту було зроблено на проміжку між 1971 р. [2] та 2002 р. [3], втім останнім часом нові технології та вимоги практики обумовлюють виникнення нових варіацій цієї задачі. Однією з найбільш важливих варіацій задачі маршрутизації є задача маршрутизації транспорту із часовими вікнами (Vehicle Routing Problem With Time Windows, VRPTW), яка включає в себе додаткові обмеження на час прибуття транспорту до точки призначення.

Розв'язки цієї задачі використовуються в компаніях, де критичним є час доставки – кур'єрських службах, доставках їжі, сервісах таксі.

Нижче буде розглянуто схему розв'язання VRPTW за допомогою алгоритму системи мурашиних колоній [4] (Ant Colony System, ACS), а саме особливості адаптації цього алгоритму до цільової функції VRPTW.

1. Формальна постановка VRPTW

VRPTW задається множиною гомогенних транспортних засобів V , множиною споживачів C та направленим графом $G = (V, C)$. Граф складається з $|C| + 2$ вершин, де споживачам відповідають вершини від 1 до n , а стартова точка-депо позначена вершиною 0.

VRPTW – це багатокритеріальна задача, ціль якої – мінімізувати кількість необхідних транспортних засобів, а також сумарну відстань, яку ці засоби подолають. Множина дуг A подає зв'язки між стартовою точкою і споживачами, а також між самими споживачами. Кожна дуга починається і закінчується в вершині 0. Кожна дуга асоціюється з часом t_{ij} та вартістю c_{ij} , які можуть бути відображені єдиним значенням (час і буде вартістю).

Кожний транспортний засіб має вантажопідйомність q , а кожний споживач i – потребу в вантажі d_i . Споживач i також характеризується часовим вікном $[a_i, b_i]$. Транспорт має прийти до споживача до того, як настане час b_i . Він може прийти раніше аніж почнеться час a_i , але транспорт не почне розвантаження раніше, аніж настане a_i . Депо також має часове вікно $[a_0, b_0]$. Усі машини не можуть виїхати з депо раніше a_0 та не можуть повернутися пізніше b_0 . На q, a_i, b_i, d_i, c_{ij} накладено обмеження невід'ємності та цілочисельності, тоді як t_{ij} – натуральні числа. Модель VRPTW включає в себе множину змінних x_{ijk} ($i \neq j, i \neq n+1$), кожна з яких приймає значення 1, якщо в отриманому розв'язку транспортний засіб k їде від вершини i до j , а інакше $x_{ijk} = 0$.

s_{ik} – час, коли транспорт k починає розвантаження у споживача i .

Розв'язком задачі має бути набір маршрутів для кожного транспортного засобу, такий, що кожен споживач буде відвіданий рівно один раз, при цьому кожен маршрут починається і закінчується в депо.

Цільова функція:

$$\min \sum_{k \in V} \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} c_{ij} x_{ijk} \quad (1.1)$$

Обмеження:

$$\sum_{k \in V} \sum_{j \in N} x_{ijk} = 1, \forall i \in C \quad (1.2)$$

$$\sum_{i \in C} d_i \sum_{j \in N} x_{ijk} \leq q, \forall k \in V \quad (1.3)$$

$$\sum_{j \in N} x_{0jk} = 1, \forall k \in V \quad (1.4)$$

$$a_i \leq s_{ik} \leq b_i, \forall i \in N, \forall k \in V \quad (1.5)$$

$$x_{ijk} \in \{0, 1\}, \forall i, j \in N; \forall k \in V \quad (1.6)$$

2. Опис ACS

Ant colony system (ACS) – це модифікація мурашиного алгоритму, яка дає кращі результати завдяки кільком змінам, а саме:

1. Задається імовірнісний перехід між використанням найбільш зручного маршруту та дослідженням нового
2. Оновлення феромонів розділяється на глобальне і локальне.
3. При глобальному оновленні рівень феромонів збільшується лише на дугах глобально або локально найкращого розв'язку.

При пересуванні мурахи обирається одна з стратегій – утилізація наявних шляхів чи дослідження нового. Вибір того чи іншого варіанту визначається імовірністю використання дослідженого маршруту.

При використанні дослідженого маршруту наступна вершина обирається за як вершина з найбільшим значенням

$$\tau_{ij} \cdot \eta_{ij}^\beta \quad (1.7)$$

Вибір мурахою вершиною для дослідження нового маршруту відбувається за формулою:

$$p_{ij} = \frac{\tau_{ij} \cdot \eta_{ij}^\beta}{\sum_{l \in N_i^k} \tau_{il} \cdot \eta_{il}^\beta} \quad (1.8)$$

N – множина усіх споживачів, що мають бути відвідані
 τ_{ij} – феромонний слід між споживачами i та j .

η_{ij}^β – близькість між вершинами i та j . В найпростішому варіанті – обернене значення відстані.

Для того щоб збалансувати частоту вибору між дослідженням нового маршруту та використанням старого, вводиться коефіцієнт β , який застосовується до η .

3. Схема адаптації ACS для розв'язання VRPTW

ACS має одночасно зменшувати кількість використаних машин і зменшувати загальну відстань. При цьому зменшення кількості машин є пріоритетним. Одночасне введення таких умов може негативно вплинути на розв'язок, бо часто оптимізація відстані досягається введенням нового маршруту і відповідно збільшує кількість машин. Щоб уникнути цієї проблеми можна застосувати систему з двох ACS, які паралельно шукають 2 розв'язки – один в напрямку оптимізації використаних маршрутів (ACS-routes), інший – в напрямку зменшення загальної відстані (ACS-distance).

Адаптований алгоритм роботи:

1. Маючи поточний розв'язок з n маршрутів, запустити ACS-routes з параметром $n-1$. Паралельно запустити ACS-distance на оптимізацію поточного розв'язку.

2. Якщо ACS-routes повертає розв'язок, встановити його як поточний і перейти до пункту 1.

3. Якщо ACS-routes не може побудувати розв'язок з $n-1$ маршрутів, то дочекатися результатів оптимізації ACS-distance і повернути результат.

Алгоритм, зображений на рис. 1, починає роботу вже маючи початковий розв'язок з n маршрутів.

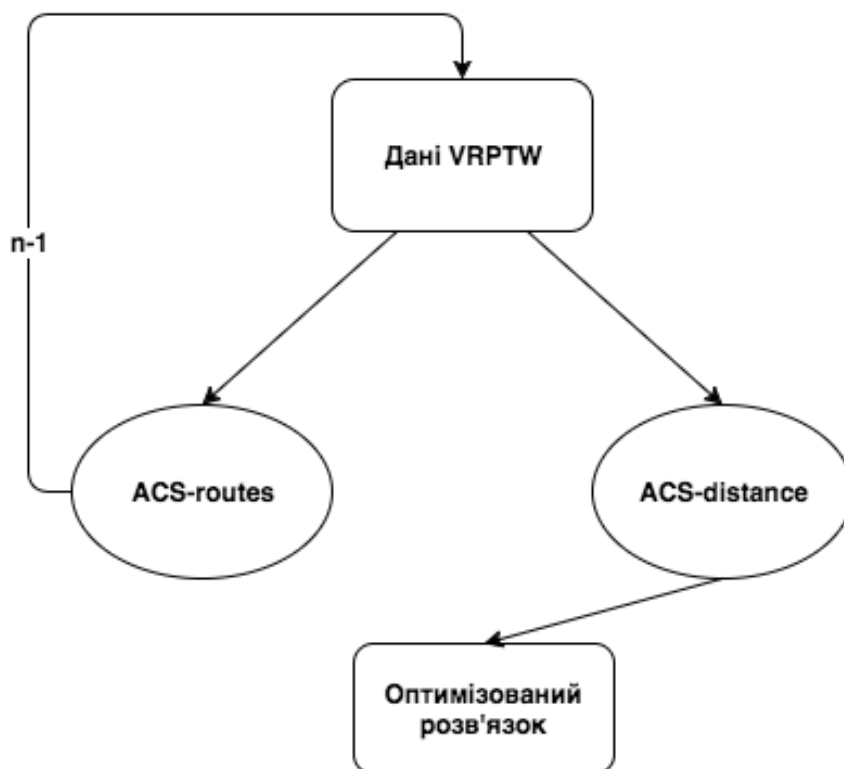


Рис. 1. Схема роботи адаптованого алгоритму ACS

Джерело: розроблено автором

Розглянута адаптація ACS дозволяє ефективно досліджувати простір розв'язків VRPTW, уникаючи ситуації коли оптимізація по відстані заважає отримати розв'язок з меншою кількістю маршрутів.

Список використаних джерел:

1. Dantzig G.B., Ramser J.H. The truck dispatching problem // Management Science – 1959. – № 1. – С. 80-91.
2. Eilon S., Watson-Gandy C. D. T., Cristofides N. // Distribution Management. – 1971.
3. Toth P., Vigo D. The Vehicle Routing Problem // Society for Industrial and Applied Mathematics. – 2002. – 386 с.
4. Гуляницький Л.Ф., Мулеса О.Ю. // Прикладні методи комбінаторної оптимізації. – Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2016. – 142 с.