

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ МУРАШИНОЇ КОЛОНІЇ ПРИ КЕРУВАННІ ДОРОЖНЬО-БУДІВЕЛЬНИМИ МАШИНАМИ

Зеленько А.В., Барсуков Д.О.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Підвищення вимог до ефективності, безпеки та точності будівельних робіт робить необхідним подальше вдосконалення систем автоматизації будівельно-дорожніх машин (БДМ). На сучасному етапі автоматизація БДМ здійснюється у наступних основних напрямках [1]:

- автоматизація роботи робочого обладнання для підвищення ефективності виконання вантажно-розвантажувальних, земляних робіт тощо;
- автоматизація транспортних етапів, тобто переміщення самої машини.

Фактично, БДМ можна розглядати як автономного мобільного робота, що виконує вантажно-розвантажувальні, земляні та інші роботи. Тому другий із зазначених напрямів автоматизації БДМ передбачає розв'язання багатьох завдань, характерних для мобільних роботів: побудову карти оточуючого середовища, визначення місцезнаходження машини на цій карті, планування оптимальної траєкторії руху машини в складному динамічному середовищі, а також рух машини за заданою траєкторією.

Незалежно від напрямку автоматизації або вирішуваного на якомусь з етапів автоматизації БДМ завдання, необхідно знаходити рішення, що є оптимальним, або близьким до оптимального. Для цього використовується ті або інші методи оптимізації. Останнім часом при розв'язанні різноманітних оптимізаційних задач широкої популярності набуває метод мурашиної колонії, або АСО – від англійської назви Ant Colony Optimization.

Як випливає з назви, АСО – це метод оптимізації, що натхненний природою [2]. Алгоритм (а, точніше – алгоритми, бо існує багато їх модифікацій [3]) імітує поведінку мурах під час пошуку їжі. У природі мурахи під час свого руху залишають на своєму шляху феромон, який відчують й інші мурахи. Чим коротший шлях до їжі,

тім більша концентрація феромону і тим імовірніше, що інші мурахи оберуть цей же шлях, ще більше підвищуючи концентрацію феромону. На інших шляхах феромон поступово випаровується.

Аналогічно в АСО колонія штучних мурах ітеративно досліджує простір рішень, що має вигляд графа, вузли якого є можливими рішеннями, і «обмінюється інформацією» про те, наскільки гарним є конкретне рішення за допомогою «феромонних слідів».

Більш формально АСО можна описати наступним чином [2]. Мураха k у вузлі i графа простору рішень вибере наступний вузол з ймовірністю

$$p_k(i, j) = \begin{cases} \frac{\tau(i, j)^\alpha \eta(i, j)^\beta}{\sum_{u \in M_k} \tau(i, u)^\alpha \eta(i, u)^\beta}, & \text{якщо } s \in M_k \\ 0, & \text{інакше} \end{cases} \quad (1)$$

де τ_{ij} – концентрація феромону на шляху між вузлами i та j ; η_{ij} – значення, що вказує на відстань між вузлами i та j ; α – ступінь важливості феромону, β – ступінь важливості відстані між вузлами, $u \in M_k$ – вибір, який зробив k -й мураха, коли перебував у вузлі i .

Мураха k при проходженні ребра між вузлами графа залишає феромон, кількість якого задається формулою:

$$\tau_{ij} \leftarrow (1 - \rho)\tau_{ij} + \sum_k^m \Delta\tau_{ij}^k, \quad (2)$$

де τ_{ij} – кількість феромону, що відкладається під час руху від вузла i до вузла j ; ρ – коефіцієнт випаровування феромону; m – кількість мурах; $\Delta\tau_{ij}^k$ – кількість феромону, що відкладає k -та мураха:

$$\Delta\tau_{ij}^k = \begin{cases} Q/L_k, & \text{якщо } k\text{-та мураха іде від } i \text{ до } j \\ 0, & \text{інакше} \end{cases} \quad (3)$$

де L_k – вартість k -го переходу мурахи (зазвичай відстань між вузлами i та j), а Q – константа. У багатьох випадках значення $Q = 1$.

Розглянемо, як АСО може бути використаний при керування БДМ.

Основним можливим застосуванням АСО може бути пошук оптимальних траєкторій. Подібно до того, як мурахи знаходять найкоротший шлях між своїм

гніздом та джерелом їжі, алгоритми АСО можуть знаходити найбільш ефективні маршрути БДМ на будівельних майданчиках. Це може призвести до зниження витрати палива при мінімізації строків виконання робіт.

Крім планування рухів самої машини, застосування АСО може забезпечити оптимізацію рухів й робочого обладнання. Адже відомо, що ефективність робочого процесу, наприклад, екскаватора, значної мірою залежить від того, під яким кутом ківш входить у ґрунт, який нахил ковша у процесі копання, за якою траєкторією потім повертається маніпулятор екскаватора до місця вивантаження ґрунту та в зворотному напрямку. Теж саме можна сказати, наприклад, про навантажувач.

АСО може також сприяти ефективному розподілу ресурсів на будівельних майданчиках, так як його можна використовувати при прийнятті рішень щодо оптимізації розташування машин.

Таким чином, використання АСО при керуванні БДМ має значні перспективи та може привести до підвищення ефективності використання машин, зниження витрат на виконання робіт, та до підвищення їх безпеки. Проте, слід мати на увазі, що існуючі алгоритми є вкрай вимогливі до обчислювальних ресурсів, що може вимагати використання високопродуктивних бортових комп'ютерів, щоб обробляти дані в реальному часі.

Література:

1. Гурко О. Г., Гурко В. О., Кучеренко А. Ю. Керування рухом фронтального навантажувача за заданою траєкторією. // Вісник ХНАДУ, 2023, вип. 101, т. 1. С. 26–34. <https://doi.org/10.30977/BUL.2219-5548.2023.101.0.26>
2. Гурко О. Г., Гурко В. О. Біонатхненні методи планування шляху мобільних роботів. // Вісник ХНАДУ. 2022. №. 98. С. 37–50. DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2022.98.0.37
3. Gurko O.G., Zelenko A.V. THE USE OF ANT ALGORITHMS IN MOBILE ROBOTICS // IX international scientific conference. “Development of science in the XXI century”, October 26 – 27, 2023 Dortmund, Germany. Pp. 162-167, URL: <https://conference-w.com/ix-international-scientific-conference-dortmund-germany-26-27-10-2023>