

ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ МУЛЬТИАГЕНТНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ

Наведено найбільш дослідженні та практично застосовувані на сьогодні методи мультиагентної оптимізації, зокрема: мурашиний, бджолиний та роевий. Виявлено їх переваги й недоліки та встановлено найбільшу перспективність використання мурашиного методу для вирішення поставленої задачі, формування вихідних даних котрої опирається переважно на попередньо підготовлені набори геопросторових даних.

Ключові слова: бджолиний метод, геопросторові дані, мультиагентний методи, мурашиний метод, оптимізація, роевий метод.

Постановка проблеми. Порівняти існуючі методи мультиагентної оптимізації: мурашиний, бджолиний та роевий.

Вихідні передумови. Наявна базова, існуюча реально дорожня мережа, котра опирається на історичні передумови формування та подальшого розвитку.

Поняття ройового методу пропонуване в 1989 р. вченими Херардо Бені та Ван Цзином [8]. Канонічний метод рою частинок представлено в 1995 р. в роботах Дж. Кеннеді та Р. Еберхарта [9].

Мурашині методи запропоновано на початку дев'яностих. Першу стаття з тематикою мурашиних методів в міжнародному науковому журналі опубліковано професором Марко Доріго в 1996 р.[2]. Подальше їх вивчення не полишає уваги й вітчизняних вчених Штовби С.Д., Рудого О.М. та Колеснікова К.В., Карапетяна А.Р., Кравченко О.В [1,5].

Метод колонії бджіл відносно найновіший, і його поява в 2005 р. заслуга Дервіса Карбога [7].

Постановка завдання. Порівняти перспективність дослідження існуючих мультиагентних методів для оптимізації наявної дорожньої мережі. Вхідними величинами для початку роботи буде попередньо сформований геопросторовий набір даних території поділеної на квадрати однакових розмірів. В свою чергу, кожному квадрату присвоюватиметься певна умовна оцінка, величина котрої залежатиме від вартості побудови дороги для обраного квадрату за поточних географічних і економічних умов). В означеній статті здійснюється огляд існуючих мультиагентних методів, що можуть застосовуватися для покращення наявної вихідної дорожньої мережі.

Виклад основного матеріалу. Методи мультиагентної оптимізації базуються на визначенні терміну агент. В широкому розумінні, агент – це

частина системи, що відповідає за прийняття рішень. В більш вузькому, агенти моделюють певні біологічні об'єкти та їх поведінку (зокрема мурашиний чи бджолиний методи). Кожен окремий агент доволі примітивний, і володіє знанням лише певної локальної ситуації, але колонія (сукупність) таких об'єктів демонструє надзвичайні здібності у вирішенні найскладніших NP-повних проблем сучасності (до прикладу задачі комівояжера, планування роботи і т. ін.). Наразі існують три основних методи мультиагентної оптимізації: мурашиний, бджолиний та оптимізація із використанням роевого методу [6].

Мурашиний метод базується на тому, що агенти (мурахи) змінюють навколишнє середовище (залишаючи слід із феромонів) для передачі сигналів іншим мурахам колонії. В даному випадку навколишнє середовище впливає на вибір мурахи щодо маршруту руху від колонії до джерела їжі. Чим більше мурах пройшло по певному маршруту, тим інтенсивніший слід вони залишили, і як наслідок інші мурахи при виборі маршруту руху, з більшою ймовірністю вибиратимуть найбільш відмічений шлях в порівнянні з іншими. З часом навколишнє середовище змінюється і сліди руху мурах поступово випаровуються, тому залишаються тільки – найкоротші. Оскільки вони постійно використовуються, то на них залишається слід із феромону від руху мурах. Довші шляхи, з часом, стають менш привабливими, а отже автоматично відкидаються. Таким чином, метод гарантує збіжність до найкращого розв'язку. Проте швидкість збіжності неможливо передбачити [5].

Принцип зміни навколишнього середовища як засобу зв'язку між агентами прийнято називати *stignergy*. Стигмережі – це рознесений у часовому просторі тип взаємодії між елементами системи, коли один суб'єкт взаємодії змінює деяку частину оточуючого середовища, а решта використовує інформацію про її стан пізніше, коли знаходяться в її околі. Він є основним в організації мурашиних колоній. Хоча мурахи і мають королеву, але її обов'язки зводяться до відкладання яєць і жодних керівних функцій вона не здійснює. Мурашина колонія самоорганізується. Термін самоорганізація використовується для опису складної поведінки, як наслідку взаємодії доволі примітивних агентів. Таким чином мурашина колонія здатна здійснювати осмислену поведінку навіть у випадках, коли кожна окрема мураха не здатна до осмисленої поведінки.

Для вивчення поведінки мурах використовувалися колонії *Linep-ithema humile*. Під час експериментів колоніям було надано два ідентичні за довжиною маршрути, і з часом колонія почала використовувати тільки один із них. Для остаточного переконання провели додатковий експеримент: зробили довжини шляхів різними і змусили мурах робити вибір шляху двічі.

У мурах досліджуваного виду природно відсутні органи зору, що виключало можливість отримання додаткової інформації про довжини

досліджуваних маршрутів. Проте колонія знаходила найкоротший шлях до джерела їжі. Спочатку в точці *A* ймовірності вибору кожного із шляхів були однаковими (рис. 1). З часом більше мурах проходили по коротшому маршруту залишаючи слід за собою. Сила феромону на довшому шляху була меншою, адже, щоб пройти довший шлях потрібно було більше часу. Тому мурахи, які виберуть коротший шлях опиняться в точці *B* швидше за своїх колег. В точці *C* вони знову обиратимуть маршрут з однаковою ймовірністю (логіка вибору мурах повністю аналогічна точці *B*). Мурахи із довшого шляху орієнтуватимуться за феромонами своїх колег. Як уже було зазначено, слід із феромону з часом поступово випаровується, що дозволяє колонії вибрати найкращий маршрут, таким чином в подальшому використовуватиметься найкоротший шлях до області з їжею [4].

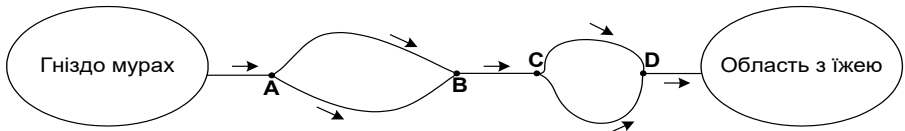


Рис. 1. Експеримент подвійного мосту

Загалом, схему роботи мурашиного методу можна подати у такому вигляді:

- 1) ініціалізація агентів;
- 2) рух агентів;
- 3) вибір найкращого рішення сформованого на даній ітерації;
- 4) перевірка критеріїв пошуку;
- 4.1) якщо критерії виконано, тоді пошук завершується;
- 4.2) якщо критерії пошуку не виконано, то слід повернутися до кроку 5;
- 5) оновлення феромонів в навколишньому середовищі;
- 6) перезапуск агентів і перехід до кроку 2.

Існують різні варіації мурашиного методу пов'язані із тим, хто залишає слід феромону в навколишньому середовищі (в деяких варіаціях тільки мураха із найкращим маршрутом руху має таке виключне право), і в якій кількості підсилюються чи випаровуються феромони на маршрутах, а також від кількості і розміщення агентів.

До переваг мурашиного методу відносять:

- можливість використання методу в динамічних додатках (адаптуються до змін навколишнього середовища);
- використання пам'яті колонії, завдяки моделюванню виділення феромонів;

- випадковість пошуку, що виключає можливість зациклення в точках локального оптимуму;
- вища швидкість знаходження оптимальних розв'язків порівняно із традиційними методами;
- широкий спектр задач до яких може бути застосовано метод.

До недоліків даного методу можна віднести:

- складність теоретичного аналізу, адже результат формується із сукупності випадкових рішень;
- висока залежність методу від початкових параметрів, які підбираються експериментально;
- невизначеність часу збіжності, хоча збіжність гарантується;
- висока ітеративність методу.

Загалом метод доцільно використовувати для задач дискретної оптимізації та для задач, що пов'язані із динамічною зміною середовища (адже метод здатен пристосовуватися). Також слід зазначити, що ефективність методу зростає зі збільшенням розмірності поля пошуку розв'язків.

Метод бджолоїної колонії базується на трьох основних поняттях: джерело їжі, зайняті бджоли та незайняті бджоли. В свою чергу, джерело їжі характеризується такими параметрами, як відстань до нього, кількість їжі та зручність її отримання. Зайняті бджоли закріплюються за певним джерелом їжі і знають відстань і напрямок від нього до основного вулика, а також корисність самого джерела. Незайняті бджоли здійснюють поділ на два типи: розвідників, які здійснюють пошук нових джерел їжі і спостерігачів, що готові підключитись до добування їжі як тільки нове джерело буде знайдене. Середня кількість розвідників становить 5-10% від загальної чисельності комах [4].

На відміну від мурах, бджоли можуть виконувати складні дії, до прикладу, долетіти до джерела їжі, видобувати і обробляти їжу. Кожна незайнята бджола може слідувати за розвідником до джерела їжі, і таким чином вона стане зайнятою. Розвідник знайшовши джерело їжі летить до вулика і агітує інших бджіл летіти за ним. Після того як бджола здобула і доставила їжу до вулика, вона може здійснити одну із наступних дій:

- стати незайнятою;
- продовжити добування їжі із відомого джерела, не здійснюючи агітації інших особин;
- агітувати інших бджіл летіти за нею.

Бджоли вибирають одну із вказаних альтернатив з певною ймовірністю. Слід зазначити, що не всі бджоли починають добування їжі одночасно. Поділ функцій між зайнятими (вивчення існуючих джерел їжі) і розвідниками (вивчення нових джерел їжі) сприяє ефективній роботі всього рою бджіл.

Самоорганізація бджолоїної колонії базується на таких властивостях:

- позитивний зворотний зв'язок — полягає в тому, що бджоли, спираючись на інформацію отриману від інших бджіл, починають літати до іншого джерела їжі;
- негативний зворотний зв'язок — полягає в тому, що бджола, ґрунтуючись на інформації отриманій від інших бджіл, може вирішити, що знайдене нею джерело їжі значно гірше за інші знайдені джерела;
- випадковість – розвідники здійснюють пошук випадковим чином, що виключає можливість зациклення в точках локального оптимуму;
- множинність взаємодії – інформація про нове знайдене джерело їжі поширюється на весь вулик під час агітації за використання цього знайденого джерела.

Модель самоорганізації забезпечує пропорційний зворотний зв'язок з якістю джерела їжі.

До переваг даного методу можна віднести:

- неохильність методу до зациклення в точках локального оптимуму, оскільки розвідники шукають нові джерела їжі випадково;
- пошук кращого рішення базується на рішеннях агентів всієї колонії бджіл;
- може пристосовуватись до змін навколишнього середовища;
- може використовуватись для вирішення як дискретних, так і безперервних задач оптимізації.

Недоліками даного методу є:

- висока ітеративність;
- труднощі теоретичного аналізу, оскільки розв'язок знаходиться випадковим чином;
- непередбачуваність часу збіжності, хоча сама збіжність гарантується;
- залежність методу від початкових параметрів, які вибираються експериментально.

Роевий метод оптимізації – це метод пошуку, що базується на понятті популяції і моделює поведінку птахів у зграї, риб всередині косяка. Він виник для графічної імітації гарного і непередбачуваного руху птахів у зграї або риб у косяку, а також для вивчення базових принципів за якими конкретні особини рухаються всередині групи не стикаючись із іншими особинами та дослідження того як при зміні напрямку руху колонія перебудовується в оптимальну формацію. Концепція розвивалась і зараз представляє відносно простий і перспективний оптимізаційний метод.

В даному методі, особини, що називаються частками, рухаються в багатовимірному просторі рішень. Зміни координат часток всередині простору пошуку зумовлюються природною соціально-психологічною тенденцією часток

конкурувати між собою. Таким чином, зміни в стані частки залежать від досвіду і знань її сусідів. В результаті такого моделювання частки недетермінованим способом повертаються в оптимальні ділянки простору рішень [3].

Кожній особині в рої притаманна надзвичайно проста поведінка: вона прагне перевершити досягнення сусідніх часток і поліпшити власні. Метод керує роєм часток і кожна частка являє собою потенційне рішення. Отже, частка «літає» у багатовимірному просторі рішень, та її позиція визначається виходячи із власного досвіду і досвіду своїх сусідів. Існують модифікації даного методу, що відрізняються між собою ступенем зв'язності часток у просторі.

Кожна ітерація складається із визначення індивідуально кращої позиції кожної частки рою, глобального оптимуму і розрахунку швидкостей часток. Закінчується алгоритм або при досягненні відповідної точності (коли мінімальна кількість часток змінює своє положення) або при виконанні певного ліміту ітерацій.

Зазвичай даний метод використовують для навчання нейромереж різного типу, а також для визначення топології нейромереж (в тому числі безперервного навчання).

Висновки. Найперспективнішим наразі для вивчення слід вважати мурашиний алгоритм. При всіх рівних умовах, він краще може змоделювати оптимізацію наявної дорожньої мережі. В основі мурашиного методу якраз і лежить пошук найкоротших маршрутів. Оскільки карта джерел їжі (в даному випадку це будуть населені пункти) відома, то немає необхідності їх знаходити.

В свою чергу, це дозволить пришвидшити пошук розпочавши не з випадкових значень феромонів на кожному відрізку шляху, а з певним чином заданим. Крім того, в порівнянні з іншими методами, даний метод досліджений краще і вимагає менше налаштувань, ніж, скажімо, бджолиний метод. Високу ефективність демонструють мурашині методи під час оптимізації розподілених систем з параметрами, що динамічно змінюються. Хоча варто зазначити, що всі методи дозволяють змінювати навколишнє середовище в якому діють агенти, впливаючи на їх поведінку. З практичної точки зору такі зміни можуть дозволити моделювати появу мосту або іншої додаткової дороги чи перепони (симулювати розмиття дорожнього полотна або інші додаткові перепони) і отримувати інформацію про те, як відбулося пристосування агентів до нової ситуації.

Література:

1. Колесніков К.В. Синектика натурних методів маршрутизації потоків даних у автономних системах телекомунікації / К.В. Колесніков, А.Р. Карапетян, О.В. Кравченко. // Вісник ХНУ. – 2010. – С. 72–74.
2. Кузьмін І.А. Мурашині алгоритми / І.А. Кузьмін, В.В. Лотиш. // Комп'ютерно-

інтегровані технології : освіта, наука, виробництво. – 2012. – С. 61–66.

3. Курейчик В.В. Роевой алгоритм в задачах оптимизации / В.В. Курейчик, Д.Ю. Запорожец. // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2010. – С. 28–32.

4. Субботін С.О. Неітеративні, еволюційні та мультиагентні методи синтезу нечіткологічних і нейромережних моделей / С.О. Субботін, А.О. Олійник, О.О. Олійник. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2009. – 375 с.

5. Штовба С.Д. Мурашині алгоритми оптимізації / С.Д. Штовба, О.М. Рудий. // Інформаційні технології та комп'ютерна техніка. – 2004. – С. 62–69.

6. Юрлов А.А. Решение NP-полных задач на основе метода адаптивного поведения муравьиной колонии / А.А. Юрлов, А.В. Бурмистров. // Международный студенческий научный вестник. – 2015. – С. 283–285.

7. An idea based of honey bee swarm for numerical optimization [Electronic resource] // Technical Report Erciyes University. – 2005. – Режим доступа до ресурсу: http://mf.erciyes.edu.tr/abc/pub/tr06_2005.pdf.

8. Beni G. Swarm Intelligence in Cellular Robotic Systems / G. Beni, J. Wang. // Proceed. NATO Advanced Workshop on Robots and Biological Systems. – 1989. – p. 26–30.

9. Eberhart R. Particle swarm optimization / R. Eberhart, J. Kennedy // Proceedings of IEEE International conference of Neural Networks. – 1995. – p. 1942–1948.

Аннотация

В статье приведены наиболее исследованные и практически применяемые сегодня методы мультиагентной оптимизации, в частности: муравьиный, пчелиный и роевой. Установлено их преимущества и недостатки и наибольшую перспективность последующего использования муравьиного метода для решения поставленной задачи, формирование которой опирается преимущественно на предварительно подготовленные наборы геопространственных данных.

Ключевые слова: геопространственные данные, мультиагентные методы, муравьиный метод, оптимизация, пчелиный метод, роевой метод.

Annotation

The article contains info about most researchable and most currently used methods of multiagent optimization including ant colony, bee colony and particle swarm optimization algorithms.

Pros and cons of each algorithm were discovered and decided to use ant colony algorithm as most perspective one for solving mentioned task based on creating output data from preconfigured set of geospatial data.

Keywords: ant colony algorithm, bee colony algorithm, particle swarm optimization algorithm, multiagent methods, optimization.