

СИНЕКТИКА НАТУРНИХ МЕТОДІВ МАРШРУТИЗАЦІЇ ПОТОКІВ ДАНИХ У АВТОНОМНИХ СИСТЕМАХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

Проаналізовано розв'язок задачі комівояжера за допомогою синектичного методу (мурашиного алгоритму). Перевагою даного методу є можливість використання в комунікаційних системах, які змінюються в часі.

Solving the traveling salesman problem is analyzed by Synectic method (formic algorithm). The advantage of this method is the use of communication systems that change over time.

Ключові слова: маршрутизація потоків даних, телекомунікації, синектика.

Вступ

Для розвитку задач оптимальної маршрутизації в автономних системах використовують дистанційно-векторні методи та протоколи, які враховують стан каналу як за пропускну здатністю, так і за часовою затримкою пакетів. На сьогодні особлива увага дослідників приділена натурним методам опису поведінки самоорганізованих соціальних комах, проблемам рієвого інтелекту.

Постановка завдання

В роботі запропоноване запозичення мурашиних алгоритмів для розв'язку актуальних задач доставки пакетів найкоротшим шляхом в автономних системах телекомунікації. На цьому шляху важливі як врахування реальної динаміки телекомунікаційних систем, так і адаптація до різних чинників невизначеності.

Вихідна умова застосування наводиться на прикладі розв'язку тривіальної задачі комівояжера, в англійській інтерпретації TSP (Traveling Salesman Problem), яка присвячена знаходженню найкоротшого гамільтонового циклу в графі. Саме ця задача, без будь-яких змін в постановці, використовується для розробки архітектури обчислювальних мереж, а також для налагодження нових методів оптимізації. В неформальному вигляді трактується наступним чином: комівояжеру потрібно відвідати W міст, не заходячи в одне і теж місто двічі, і повернутися в вихідний пункт по маршруту з мінімальною вартістю. Отже, даний граф:

$$G = (X, U), \quad (1)$$

де $|X| = n$ – множина вершин (міста), $|U| = m$ – множина ребер (можливі шляхи між містами). Дана матриця значень $D(i, j)$, де $i, j \in 1, 2, \dots, n$ представляють собою вартість проїзду з вершини x_i в x_j . Потрібно знайти перестановку φ з елементів множини X таку, щоб значення цільової функції Fitness (φ) дорівнювало:

$$\text{Fitness}(\varphi) = D(\varphi(1), \varphi(n)) + \sum \{D(\varphi(i), \varphi(i+1))\} \rightarrow \min \quad (2)$$

Застосування мурашиного алгоритму в задачах маршрутизації

Історія виникнення мурашиних алгоритмів оптимізації почалась з вивченням поведінки реальних мурашок. Експерименти з аргентинськими мураками, які проводились Госсом в 1989 і Денеборгом в 1990 році, стали початковою точкою подальшого вивчення рієвого інтелекту. На початку 90-х років XX століття ці знання почали застосовувати в дискретній математиці. Автор ідеї доктор М. Доріго (Університет Брюсселя, Бельгія) зміг формалізувати поведінку мурах і застосувати стратегію їх поведінки для розв'язку задачі знаходження найкоротших шляхів. Пізніше було розроблено й інші підходи до розв'язання складних оптимізаційних задач за допомогою мурашиних алгоритмів.

Мурахи, що належать до так званих «соціальних комах», живуть групами і мають розподіл праці в своїй колонії. І хоча мурахи не бачать, вони вмють рухатись по складній місцевості, знаходити їжу далеко від мурашника і повертатись додому; при цьому їхня поведінка часто наближається до теоретично оптимальної. Це відбувається за рахунок низькорівневої взаємодії мурах в колонії, яка здійснюється через специфічну хімічну речовину – феромон, яка залишається як слід під час руху мурахи. При виборі маршруту мураха керується не тільки бажанням пройти найкоротший шлях, але і досвідом інших мурах, інформацію про який отримує безпосередньо через рівень феромона на кожному шляху.

Перевага такої системи поведінки в тому, що використовується тільки локальна інформація, без централізованого керування та звернення до глобального образу.

Мурашиний підхід до розв'язання задачі комівояжера

Розглянемо, яким чином можна пристосувати поведінку колонії мурах до розв'язання задачі комівояжера.

Пошук оптимального маршруту найкоротшого шляху виконується одночасно декількома мураками. Під час руху мураха залишає феромон на шляху – ребрі графа, приваблюючи інших мурах, які залишають нові сліди. Довжина маршруту комівояжера зворотньо-пропорційна кількості феромону, який відкладає мураха на шляху, і чим коротший маршрут знайшла мураха, тим більше на ньому буде відкладено феромону. Таким чином, концентрація феромону визначає шлях, який мураха обере. Але за такого підходу неминуче влучання в локальний оптимум, тобто до випадку, коли всі мурахи будуть рухатись одним і тим же оптимальним маршрутом. Ця проблема вирішується завдяки випаровуванню феромона. Час випаровування не повинен бути дуже великим, тому що виникає загроза збігання мурах до одного

оптимального маршруту. В той же час він не повинен бути і занадто малим, аби не втрачалась інформація про вже знайдені найкращі розв'язки.

З врахуванням особливостей задачі комівояжера, ми можемо описати властивості і правила поведінки мурах при виборі шляху.

1. Кожна мураха володіє власною «пам'яттю», де буде зберігатись список міст $J_{i, k}$, які потрібно пройти мурас k , що знаходиться в місті i . Об'єднання списків дає множину всіх міст з маршруту комівояжера.

2. Мурахам властива «видимість» η – величина обернена до відстані:

$$\eta_{ij} = 1/D_{ij}, \quad (3)$$

де D_{ij} – відстань між містами i та j .

3. Кожна мураха здатна сприймати слід феромону, який буде визначати наміри мурахи пройти по даному маршруту. Рівень феромону в момент часу t на маршруті D_{ij} позначим через $\tau_{ij}(t)$.

4. Ймовірність переходу k -ї мурахи з міста i у місто j розраховується за правилом:

$$P_{ij}^k(t) = \begin{cases} \frac{[\tau_{ij}(t)]^\alpha [\eta_{ij}]^\beta}{\sum_{l \in J_i^k} [\tau_{il}(t)]^\alpha [\eta_{il}]^\beta}, & \text{якщо } j \in J_i^k \\ P_{ij}^k(t) = 0, & \text{якщо } j \notin J_i^k, \end{cases} \quad (4)$$

де α і β – регульовані параметри, які є показником інтенсивності сліду феромону та видимості. Якщо $\alpha = 0$, то найвірогіднішим буде перехід у найближчі міста. Якщо $\beta = 0$, тоді працює лише феромонне підсилення, що призводить до швидкого завершення роботи алгоритму через збігання маршрутів усіх мурах до одного субоптимального розв'язку.

5. Після проходження ребра (i, j) кожна мураха k відкладає на ньому деяку кількість феромону:

$$\Delta\tau_{ij}^k(t) = \begin{cases} \frac{Q}{L^k(t)}, & \text{якщо } (i, j) \in T^k(t) \\ 0, & \text{якщо } (i, j) \notin T^k(t), \end{cases} \quad (5)$$

де $T^k(t)$ – маршрут, зроблений мурахою на t -й ітерації;

$L^k(t)$ – довжина цього маршруту;

Q – регульований параметр, який має значення відповідно довжині оптимального шляху.

Інтенсивність випаровування феромона визначається наступним правилом:

$$\tau_{ij}(t+1) = (1-p)\tau_{ij}(t) + \sum_{k=1}^m \Delta\tau_{ij}^k(t), \quad (6)$$

де m – кількість мурах;

p – коефіцієнт випаровування ($0 \leq p \leq 1$), що визначає долю феромонів, які залишаються після кожної ітерації.

В простому мурашиному алгоритмі початкове розташування колонії розраховується наступним чином. Кількість мурах дорівнює числу вершин в графі і залишається незмінною під час розв'язання задачі. Кожній мурасі відповідає окреме місце, з якого вона починає свій маршрут. Кількість феромону на ребрах на початку оптимізації приймає значення малої додатної константи τ_0 .

Також використовують модифікації алгоритму з введенням «елітних» мурах, які підсилюють ребра найкращого маршруту T^* , знайденого на початку. Таким чином отримуємо додаткову кількість феромону на ребрах маршруту:

$$\Delta\tau_e = eQ/L^*, \quad (7)$$

де e – кількість «елітних» мурах,

L^* – довжина найкращого маршруту T^* .

Блок-схема мурашиного алгоритму оптимізації маршруту комівояжера

На основі наведених вище міркувань можна побудувати спрощену блок-схему мурашиного алгоритму, наведену на рис. 1.

У порівнянні зі складними методами комбінаторної оптимізації (динамічне програмування, метод гілок та меж тощо) мурашині алгоритми витрачають на пошук оптимального маршруту менше часу.

Переваги та недоліки мурашиного алгоритму

Можна виділити основні переваги даного алгоритму, а саме:

- ефективний за середньої кількості міст, тоді як за невеликої кількості вузлів задача може бути розв'язана повним перебором, а за великої кількості задача є повною NP;
- дає кращий результат, ніж інші методи глобальної оптимізації задачі комівояжера, такі як використання нейронних мереж або генетичних алгоритмів;
- може використовуватись в умовах динамічної зміни маршруту.

Серед недоліків варто зазначити наступні:

- важкий теоретичний аналіз;
- збіжність гарантується, але час збіжності складно розрахувати наперед;
- чуттєвий до якості підготовки початкових даних, які підбираються експериментально.

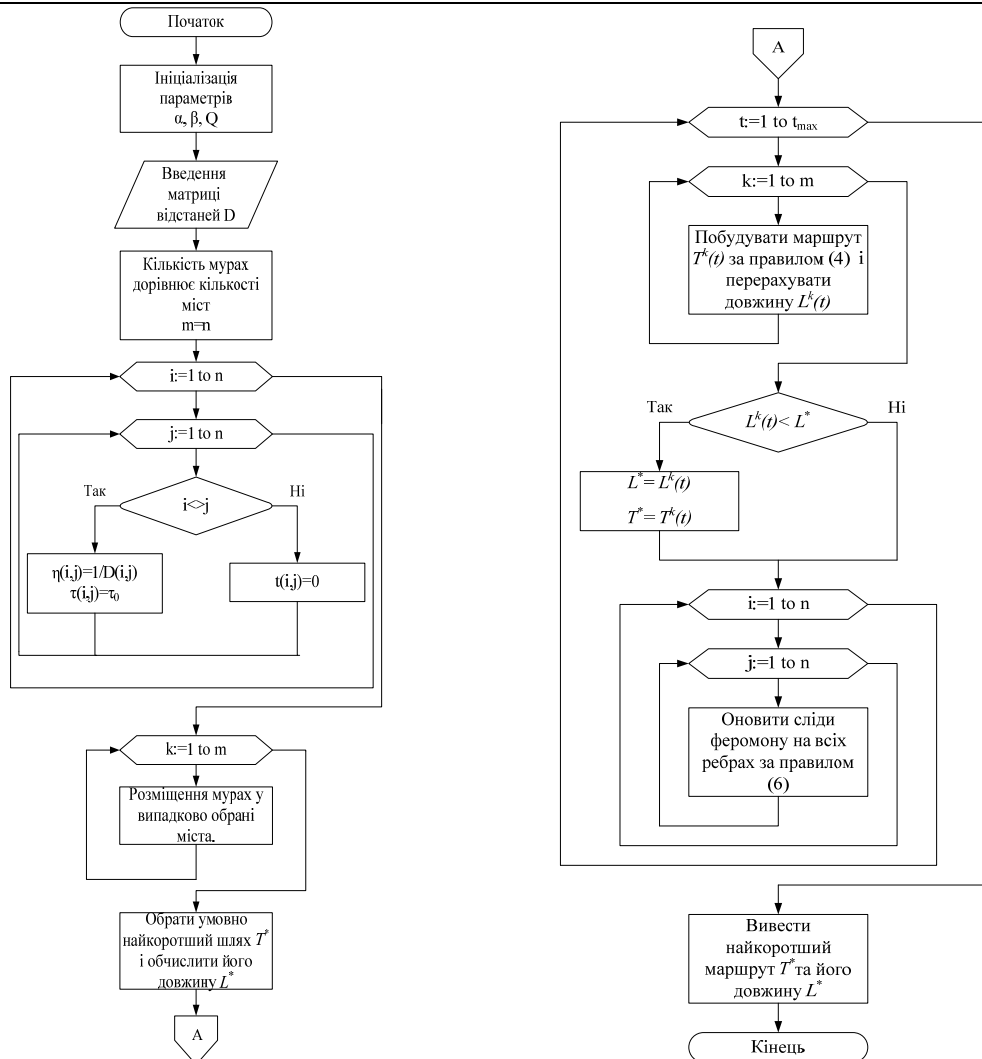


Рис. 1. Спрощена блок-схема мурашиного алгоритму оптимізації маршруту комівояжера

Висновки

Існує багато проблем і нерозв'язаних задач в системах телекомунікації, і можливий розв'язок їх знаходиться, зокрема, в житті природи. В даній роботі наведено приклад розв'язання задачі комівояжера за допомогою синектичного методу (мурашиного алгоритму, який є прототипом поведінки комах в природі).

Оскільки поведінка комах є наближеною до оптимальної завдяки їх взаємодії і використанню лише локальної інформації без звернення до централізованого образу, цей спосіб може бути використаний для маршрутизації потоків даних в системах телекомунікації.

Перевагою даного методу є можливість використання в системах, які змінюються в часі.

Не дивлячись на свою ефективність, цей метод має перспективні шляхи розвитку, наприклад, гібридизація з іншими методами природних обчислень, таких як генетичні алгоритми.

Література

1. Олифер В. Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы / В. Г. Олифер, Н. А. Олифер. – [3-е изд.]. – СПб: Питер, 2008. – 958 с.
2. Столлингс В. Современные компьютерные сети / Столлингс В. – СПб: Питер, 2003. – 783 с.
3. Уолренд Дж. Телекоммуникационные и компьютерные сети. Вводный курс / Уолренд Дж. – М.: Постмаркс, 2001. – 480 с.
4. Колесніков К. В. Проблеми нейромережевої та адаптивної маршрутизації даних в розподілених системах комунікації / К. В. Колесніков, А. Р. Карапетян, Ю. М. Гришко // Вісник ХНУ. – 2009. – № 2. – С. 178–181.
5. Штовба С.Д., Рудий О.М. Мурашині алгоритми оптимізації / С. Д. Штовба, О. М. Рудий // Вісник ВПШ. – 2004. – № 4. – С. 62–69.

Надійшла 17.9.2010 р.