

Висновок

З порівняння рис. 3 і рис. 7 видно, що початкове зображення (рис. 3) і зображення з прихованою інформацією (рис. 7) візуально не відрізняються. Тобто алгоритм може бути використаний для передавання графічних зображень. Запропоновані модифікації можуть бути використані стосовно будь-якого типу зображень але найбільших переваги отримують у випадку використання кольорових зображень, і зображень з чіткими контурами.

Для збільшення швидкодії можна здійснювати шифрування вектора з n елементів (по блоках пікселів, оскільки поелементний доступ до файлу займає більше машинного часу).

1. Бредли Л. Джонс, Питер Єйткен. *Освой самостоятельно C за 21 день.* – 6-е изд.; Пер. с англ. – М.: Вильямс, 2005. – С.555–561. 2. Нортон П., Йао П. *Программирование на Borland C++: В 2-х т.* – Т. 1. – К.: Диалетика, 1993. – С.47–48. 3. П Нортон П., Йао П *Программирование на Borland C++: в 2-х т.* – Т. 2. – К.: Диалетика, 1993. – С.12–14. 4. Вейскас Д. *Эффективная работа с Microsoft Access 7.0.* – П., 1997. – С. 19–48.

В. Юзевич, Н. Крап*

Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України, Львів

* Львівський інститут економіки і туризму,
кафедра природничо-математичних дисциплін

МОДЕЛЮВАННЯ ТУРИСТИЧНИХ ПОТОКІВ З ВИКОРИСТАННЯМ МУРАШИНИХ АЛГОРИТМІВ

Ї Юзевич В., Крап Н., 2011

Запропоновано рекомендації щодо моделювання туристичних потоків з використанням мурашиних алгоритмів.

Ключові слова: туристичні потоки, моделювання, послуги, мурашині алгоритми.

The recommendation for the modelling of tourist streams with the use of ant algorithms is presented.

Keywords: tourist streams, modelling, services, ant algorithms.

Вступ

Туризм – це саме та галузь економіки, яка заслуговує в Україні на більшу увагу, оскільки вона може забезпечити нові робочі місця, збільшення надходжень до скарбниці держави від зовнішньоекономічної діяльності та поповнення бюджету через сплату податків [1].

Невід'ємною складовою світового туристичного процесу є вітчизняна туристична галузь. Попри всі політичні та соціально-економічні негаразди останніх років, індустрія туризму стала тією галуззю народного господарства України, яка з року в рік без залучення державних дотацій стабільно нарощує обсяги діяльності.

Туризм в Україні може і повинен стати сферою реалізації ринкових механізмів, джерелом поповнення державного та місцевих бюджетів, засобом загальнодоступного і повноцінного відпочинку та оздоровлення, а також ознайомлення з історико-культурною спадщиною та сьогоденням нашого народу і держави.

Постановка проблеми

Велика кількість ситуацій аналізу туристичних потоків, пов'язаних із складними системами та системами прийняття рішень, зводиться до задач оптимізації. Оптимізаційні проблеми такого типу можна описувати з допомогою мурашиних алгоритмів, оскільки в туризмі перспективним є

розгляд розподілених систем, параметри яких змінюються з часом [2–4]. Задача оптимізації потоків туристів із використанням мурашиних алгоритмів розглядається вперше.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Сьогодні вже отримано значні результати щодо оптимізації в таких складних комбінаторних задачах, як задача комівояжера, задача оптимізації маршрутів вантажівок, задача розфарбування графу, квадратична задача про призначення, задача оптимізації сіткових графіків, задача календарного планування тощо. Особливо ефективні мурашині алгоритми при динамічній оптимізації процесів у розподілених нестационарних системах, наприклад, трафіків у телекомунікаційних мережах [2].

Історія виникнення мурашиних алгоритмів оптимізації почалась з вивчення поведінки реальних мурашок. Експерименти з аргентинськими мурахами, які проводили Госс в 1989 і Денеборг у 1990 році, стали початковою точкою подальшого вивчення рієвого інтелекту. На початку 90-х років ХХ 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'язання 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 вміють 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 за допомогою специфічної хімічної речовини – феромона – 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 [4]. Перевага такої системи поведінки в тому, що використовується тільки локальна інформація, без централізованого керування та звернення до глобального образу.

Формулювання цілі статті

Метою досліджень є оптимізація туристичних потоків із використанням мурашиних алгоритмів.

Велика кількість задач, пов'язаних із складними системами та системами прийняття рішень, зводиться до розв'язання задач пошуку оптимальних шляхів. Проте специфіка кожної конкретної системи як складного об'єкта вносить свої особливості в процес прийняття рішень.

Виклад основного матеріалу

Динамічний розвиток існуючих складних систем, до яких належить і дослідження туристичних потоків, часто завершується виникненням нових проблем, для яких немає ефективних рішень. А тому адаптація мурашиних алгоритмів для пошуку оптимізації туристичних потоків є новою і актуальною задачею.

Метод мурашиних колоній ґрунтується на взаємодії декількох *мурах* (програмних агентів, що є членами великої колонії) і використовується для розв'язання різних оптимізаційних задач. Агенти спільно вирішують проблему й допомагають іншим агентам у подальшій оптимізації розв'язку.

Методи мурахи (*Ant algorithms*), або оптимізація за принципом мурашиної колонії, мають специфічні особливості, властиві мурахам, і використовують їх для орієнтації у фізичному просторі. Природа пропонує різні методи для оптимізації деяких процесів. Методи мурашиних колоній особливо цікаві тому, що їх можна використовувати для вирішення не тільки статичних, але й динамічних задач, наприклад, задач маршрутизації в мінливих мережах [2].

Базова ідея методу мурашиних колоній полягає у розв'язанні оптимізаційної задачі шляхом застосування непрямого зв'язку між автономними агентами. У методі мурашиних колоній передбачається, що навколишнє середовище являє собою закриту двовимірну мережу – групу

вузлів, з'єднаних за допомогою граней. Кожна грань має вагу, що позначається як відстань між двома вузлами, з'єднаними нею. Граф – двонаправлений, тому агент може подорожувати по грані в будь-якому напрямку.

Агент забезпечується набором простих правил, які дають йому змогу вибирати шлях у графі [4]. Він підтримує список табу $tList$ – список вузлів, які він вже відвідав. Отже, агент повинен проходити через кожний вузол тільки один раз.

Вузли в списку “поточної подорожі” $tList$ розташовуються в тому порядку, у якому агент відвідував їх. Пізніше список використовується для визначення довжини шляху між вузлами.

Подорожуюча мураха під час переміщення по шляху залишає за собою деяку кількість феромону. У методі мурашиних колоній агент залишає феромон на гранях мережі впродовж подорожі.

Послідовність виконання методу

Метод мурашиних колоній виконується в такій послідовності кроків.

Крок 1. Задати параметри методу: α – коефіцієнт, що визначає відносну значимість шляху (кількість феромону на шляху); β – параметр, що означає пріоритет відстані над кількістю феромону; ρ – коефіцієнт кількості феромону, що агент залишає на шляху, де $(1-\rho)$ показує коефіцієнт випару феромону на шляху після його завершення на даному відрізку між двома пунктами; Q – константу, що належить до кількості феромону, який було залишено на шляху.

Крок 2. Ініціалізація методу. Створення популяції агентів. Після створення популяція агентів порівну розподіляється по вузлах мережі. Необхідно рівномірно розподілити агентів між вузлами, щоб всі вузли мали однакові шанси стати відправними точками. Якщо всі агенти почнуть рух з однієї точки, це означатиме, що ця точка вважається оптимальною для старту, а насправді вона такою може і не бути.

Крок 3. Рух агентів. Якщо агент ще не подолав шляху, тобто не відвідав всі вузли мережі, для визначення наступної грані шляху використовується формула:

$$P = \frac{\tau_{ru}(t)^\alpha \cdot \eta_{ru}(t)^\beta}{\sum_{k \in J} \tau_{ru}(t)^\alpha \cdot \eta_{ru}(t)^\beta}, \quad (1)$$

де J – множина граней, ще не відвіданих агентом; $\tau_{ru}(t)$ – інтенсивність феромону на грані між вузлами r і u , які утворюють k -у грань, у момент часу t ; $\eta_{ru}(t)$ – функція, що являє собою зворотну величину відстані грані. Параметр ρ набуває значення між 0 і 1.

Агент подорожує тільки по вузлах, які ще не були відвідані ним, тобто по вузлах, яких немає у списку табу $tList$. Тому ймовірність розраховується тільки для граней, які ведуть до ще не відвіданих вузлів.

Крок 4. Пройдений агентом шлях відображається, коли агент відвідає всі вузли мережі. Цикли заборонені, оскільки до методу введено список табу $tList$. Після завершення може бути розрахована довжина шляху. Вона дорівнює сумі всіх граней, по яких подорожував агент. Кількість феромону, залишеного на кожній грані шляху i -го агента, визначається за формулою:

$$\Delta \tau_{ru}^i(t) = \frac{Q}{L^i(t)}, \quad (2)$$

де $L^i(t)$ – довжина шляху i -го агента.

Результат є засобом вимірювання шляху: короткий шлях характеризується високою концентрацією феромону, а довший шлях – нижчою. Потім отриманий результат використовується для збільшення кількості феромону вздовж кожної грані шляху, пройденого i -м агентом:

$$t_{ru}(t+1) = t_{ru}(t) + (\Delta \tau_{ru}^i(t) \cdot r), \quad (3)$$

де r, u – вузли, що утворюють грані, які відвідав i -й агент.

Формулу (3) застосовують до всього шляху. При цьому кожна грань позначається феромоном пропорційно довжині шляху. Тому варто дочекатися, поки агент закінчить подорож і тільки потім оновити рівні феромону. В іншому випадку реальна довжина шляху залишиться невідомою.

$$(1 - r)t_{ru}(t) + Dt_{ru}(t) \Rightarrow t_{ru}(t+1). \quad (4)$$

Тому для випаровування феромону використовується зворотний коефіцієнт відновлення шляху $(1 - r)$.

Крок 5. Перевірка на досягнення оптимального результату. Перевірка може виконуватися для постійної кількості шляхів або до моменту, коли протягом декількох запусків не було отримано повторних змін у виборі найкращого шляху. Якщо перевірка дала позитивний результат, то відбувається закінчення роботи методу (перехід до кроку 7), в іншому випадку – перехід до кроку 6.

Крок 6. Повторний запуск. Після того, як шлях агента завершено, а грані оновлено відповідно до довжини шляху й відбулося випаровування феромону на всіх гранях, метод використовують повторно. Список табу очищується, і довжина шляху онулюється. Після цього комп'ютерна програма повертається до кроку 3.

Крок 7. Кінець. Визначається кращий (оптимальний) шлях, який і є розв'язком.

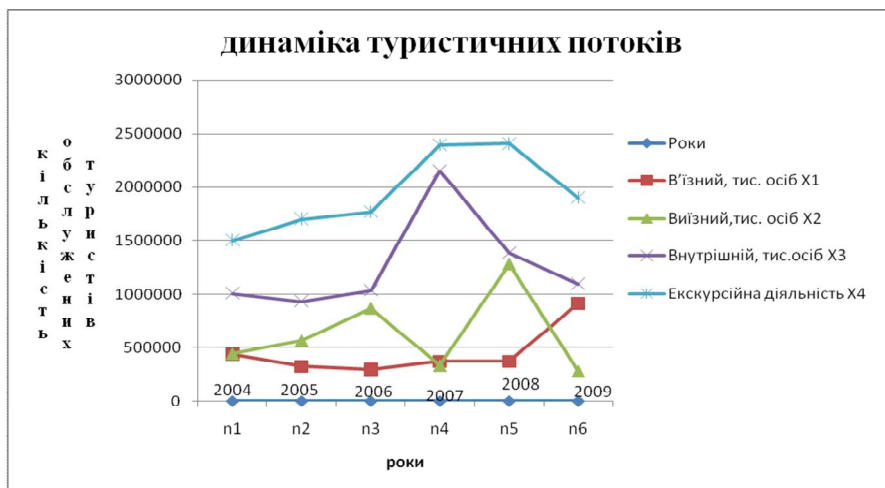
Мурашиний алгоритм, якому відповідають кроки 1–7, застосовано для оптимізації туристичних потоків, дані для яких представлено в табл. 1 згідно з інформацією [3].

Динаміку туристичних потоків за основними видами туризму в Україні ілюструє рисунок.

Розглянемо динаміку зміни туристичних потоків за основними видами туризму.

Таблиця 1

	Роки	Основні види туризму			
		В'їзний	Виїзний	Внутрішній	Екскурсійна діяльність
		X_1	X_2	X_3	X_4
N_1	2004	436311	441798	1012261	1502031
N_2	2005	326389	566942	932318	1704562
N_3	2006	299125	868228	1039145	1768790
N_4	2007	372455	336049	2155316	2393064
N_5	2008	372752	1282023	1386880	2405809
N_6	2009	913600	282300	1100000	1900000



Динаміка туристичних потоків у період 2004–2009 рр.

Розглянемо зміни туристичних потоків за видами туризму. Нехай X_i – множини за видами туризму, N_i – множини за роками.

Визначаємо числові міри оптимальності туристичних потоків за видами туризму:

$$f_p = N_p \cdot l_p \cdot v_p, \quad (5)$$

де N_p – кількість років спостереження; $l_p = \sum X_i$; l_p – загальна кількість туристів з певної множини X_i ; v_p – середнє значення кількості туристів з певної множини X_i .

Результати проведених обчислень запишемо у табл. 2 і 3.

Знайдені значення числових мір дають змогу зробити висновки про найприбутковіший вид діяльності: екскурсійна діяльність, внутрішній, виїзний, в'їзний види туризму.

Таблиця 2

	Роки	В'їзний, тис. осіб	v_i	Виїзний, тис. осіб	v_i
		X_1		X_2	
N_1	2004	436311	0,16037119	441798	0,11696008
N_2	2005	326389	0,11996808	566942	0,15009028
N_3	2006	299125	0,10994688	868228	0,22985169
N_4	2007	372455	0,136900176	336049	0,08896446
N_5	2008	372752	0,137009342	1282023	0,33939836
N_6	2009	913600	0,335804328	282300	0,07473513
	сума	2720632	1	3777340	1
	Середнє	453439	0,166666667	629557	0,166666667

Таблиця 3

	Роки	Внутрішній, тис. осіб	v_i	Екскурсійна діяльність, тис. осіб	v_i
		X_3		X_4	
N_1	2004	1012261	0,132739525	1502031	0,128661818
N_2	2005	932318	0,122256462	1704562	0,146010332
N_3	2006	1039145	0,13626487	1768790	0,151512011
N_4	2007	2155316	0,282630292	2393064	0,204986425
N_5	2008	1386880	0,181863959	2405809	0,206078143
N_6	2009	1100000	0,144244891	1900000	0,162751271
	сума	7625920	1	11674256	1
	Середнє	1270987	0,166666667	1945709	0,166666667

Запишемо знайдені значення числових мір для кожного з основних видів туризму у табл. 4.

Таблиця 4

Основні види туризму	Число досліджуваних років	Середнє значення ймовірності числа туристів	Загальне число обслужених туристів	Числові міри оптимальності туристичних потоків	Середнє значення числових мір оптимальності туристичних потоків
В'їзний	6	0,166666667	2720632	2720632	453439
Виїзний	6	0,166666667	3777340	3777340	629557
Внутрішній	6	0,166666667	7625920	7625920	1270987
Екскурсійна діяльність	6	0,166666667	11674256	11674256	1945709

Висновки

За допомогою цієї моделі можна з'ясувати, яка допустима кількість туристів в населеному пункті та, відповідно, чи вистачить місць для розміщення всіх туристів. Зокрема, наприклад, на

основі аналізу туристичних потоків в період 2004–2009 рр. встановлено, що найприбутковіший вид туризму – екскурсійний, але аналіз швидкостей зміни туристичних потоків дав змогу встановити, що кількість туристів із зарубіжних країн зростає, і із збереженням відповідних темпів зростання через 2 (чи 3) роки прибуток від в'їзного туризму може перевищити прибуток інших видів, зокрема прибуток від екскурсійного туризму на 12 %.

Наведені у роботі способи моделювання туристичного потоків на основі мурашиних алгоритмів є доволі ефективним інструментом, оскільки надають туристичним фірмам можливість бачити, які питання потрібно вирішувати для задоволення потреб туристів у майбутньому.

Якщо всі ці фактори будуть враховані, то можна очікувати оптимальнішого використання природних та рекреаційних ресурсів України. За таких умов туризм має перспективи стати однією з провідних галузей, яка здатна приносити значний дохід державі, а також займати одне з важливих місць на світовому ринку туристичних послуг і гідно представляти історичні та рекреаційні ресурси нашої країни для іноземних туристів.

1. Банько В. Г. *Туристська логістика: Навч. посібник* / В. Г. Банько. – К.: Дакор, КНТ, 2008. – 204 с. 2. Ротштейн О. П. *Моделювання та оптимізація надійності багатовимірних алгоритмічних процесів* // О. П. Ротштейн, С. Д. Штовба, О. М. Козачко. – Вінниця: «УНІВЕРСУМ-Вінниця», 2007. – 211 с. 3. <http://www.ukrstat.gov.ua>. 4. Штовба С. Д. *Мурашині алгоритми оптимізації* / С. Д. Штовба, О. М. Рудий // *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. – 2004. – № 4. – С. 62–69.

УДК 536.5

І. Микитин

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра інформаційно-вимірювальних технологій

ШУМОВА МОДЕЛЬ ВХІДНОГО КОЛА ШУМОВОГО ТЕРМОМЕТРА НА ОСНОВІ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ПІДСИЛЮВАЧА

Ї Микитин І., 2011

Запропоновано шумову модель вхідного кола шумового термометра на основі інструментального підсилювача, яка описує залежність вихідної напруги підсилювача від шумових параметрів чутливого елемента первинного перетворювача, лінії зв'язку, операційних підсилювачів та резисторів зворотного зв'язку першого каскаду. Отримано математичний вираз еквівалентної сумарної шумової напруги, зведеної до входу шумового термометра.

Ключові слова: температура, похибка вимірювання, шумова напруга, інструментальний підсилювач.

It was proposed the noise model of input circle of noise thermometer based on the instrumental amplifier, which describes the dependence of output voltage of amplifier from the noise parameters of the sensitive element of the primary converter, the lines of connection, the operational amplifiers and the resistors of the feedback of the first cascade. It was obtained the mathematical expression of the equivalent total noise voltage, which is reduced to the input of the noise thermometer.

Keywords: temperature, measurement error, noise tension, instrumental amplifier.

Постановка проблеми

Однією із проблем шумової термометрії, яка перешкоджає широкому впровадженню шумових термометрів (ШТ), є високочутливе вхідне коло та необхідність працювати у широкій