

УДК 004.691.54

В.А. Світлична (канд. техн. наук, доц.),
С.Ю. Землянська (канд. техн. наук, доц.), С.С. Гавенко
ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», м. Донецьк
кафедра автоматизованих систем управління
E-mail: zsaa@ya.ru

МЕТОД РОЗПОДІЛУ ОБСЛУГОВУЮЧИХ РОБІТ ПРИ ВИКОНАННІ ЗАМОВЛЕНЬ

У статті наведені алгоритми, які реалізують метод розподілу обслуговуючих робіт (МРОР) при виконанні замовлень з використанням попередньої кластеризації множини організацій на першому етапі та методу маршрутизації з використанням алгоритму мурашиної колонії на другому. Наведено приклад програмної реалізації запропонованого методу.

Ключові слова: робота, розподіл, кластеризація, маршрутизація, мурашиний алгоритм.

Загальна постановка проблеми

В даний час існує безліч фірм і організацій, що виконують замовлення клієнтів. Для виконання замовлень представники цих фірм мають виїжджати на місце розташування клієнтів. Характерною особливістю розглянутих робіт є те, що кількість таких замовлень протягом дня досить велика (може досягати кількох десятків), а тривалість виконання замовлення порівняно не тривала (десятки хвилин, одиниці годин). Перед менеджером фірми ставиться завдання раціональної організації робіт співробітників, яка полягає в пошуку оптимальних маршрутів, що мають починатися з офісу, а потім проходити через пункти розташування клієнтів з урахуванням часу виконання робіт і закінчуватися у вхідній точці на офісі. Враховуючи те, що таке завдання вирішується щоденно та його обсяг досить великий, актуальною стає розробка комп'ютерної системи, яка допомагала б при складанні маршрутів і розподілі робіт проміж співробітників, і використовувала сучасні інтелектуальні методи розрахунку.

Постановка задач досліджень

Кожний вид роботи, крім місця розташування, характеризується такими параметрами як важливість і час виконання. Задача формулюється наступним чином: необхідно знайти для заданого співробітника маршрут проїзду від офісу до замовників із мінімальними витратами на проїзд.

Аналогічно багатьом існуючим методам [1-3] метод розподілу обслуговуючих робіт (МРОР) складається з двох частин, що дає вирішення задачі розподілу робіт у два етапи. На першому етапі вирішується завдання розбивки регіону на компактні зони обслуговування – напрямки (групування організацій-клієнтів для кожного маршруту). Це завдання вирішується за допомогою методу кластеризації (МК).

На другому етапі вирішується завдання знаходження оптимального за заданим критерієм порядку об'їзду клієнтів для кожного маршруту. Це завдання реалізується за допомогою методу маршрутизації (ММ).

Таким чином, МРОР – це цикл за графіками (маршрутами) з певними умовами для виконання МК і ММ.

Після вирішення цих двох завдань формуються маршрути й розклади руху, і складається план роботи спеціаліста для виїзду на маршрут з урахуванням послідовності об'їзду пунктів. Для цих етапів необхідно реалізувати сімейство алгоритмів, що дозволяють одержувати результат залежно від розмірності вихідного завдання, обчислювальних ресурсів

і вимог, пропорованих до вирішення.

Результатом розрахунків є маршрутний аркуш у якому будуть зазначені:

- кількість крапок (пунктів, клієнтів);
- відстань;
- час відправлення й час повернення до офісу;
- час знаходження на маршруті;
- час виконання роботи у клієнта;
- час розрахункового прибуття до замовника;
- задіяний громадський транспорт із вказівкою маршруту руху.

Формалізація процесу розподілу робіт

Проаналізувавши джерела [1,2,3], зроблено висновок, що задача оптимізації розподілу робіт може бути сформульована як мінімізація вартості всіх замкнених маршрутів з урахуванням виконання обмежень.

Основна цільова функція:

$$\sum_{i=1}^V \frac{S_i}{T_{f_i}} \rightarrow \min, \quad (1)$$

де S_i – сума вартості проїзду до i -го клієнта, T_{f_i} – сумарна кількість часу (час на обслуговування та проїзд) витрачена на i -го клієнта, V – загальна кількість клієнтів, що має обслужити працівник.

Обмеження по об'єктах:

$$O_{f_i} = O_{p_i}, \quad (2)$$

де O_{f_i} – кількість організацій, які повинен відвідати i -й працівник, O_{p_i} – кількість організацій, що приходить на i -го працівника.

Обмеження за часом:

$$T_{f_i} \leq T_p, \quad (3)$$

де T_p – робочий час працівника за день, що дорівнює нормі (8 годин).

$$S_i = s_1 + \sum_{j=2}^{O_{f_i}} s_j, \quad (4)$$

де s_1 – витрати на проїзд від офісу до першої організації, s_j – витрати на проїзд від $(j-1)$ -ої до j -ої організації i -го працівника.

$$T_{f_i} = t_{w1} + \sum_{j=2}^{O_{f_i}} (t_{r_j} + t_{w_j}), \quad (5)$$

де t_{w1} – час на дорогу від офісу до першої організації, t_{r_j} – час на дорогу від $(j-1)$ -ої до j -ої організації для i -го працівника, t_{w_j} – час на обслуговуючі роботи j -ої організації для i -го працівника.

$$O_{p_i} = \frac{O}{V \cdot \tau}, \quad (6)$$

де O – загальна кількість організацій, τ – період оновлення.

Реалізація методу розподілу

Для реалізації поставленого завдання були використані модифікований алгоритм мурашиної колонії [4,5], модифікований алгоритм дихотомічного поділу на групи та розроблений алгоритм розподілу обслуговуючих робіт. МРОР – це цикл за графіками (маршрутами) з певними умовами для виконання МК і ММ. До умов виконання МК відносяться наступні:

а) відношення загальної кількості точок (організацій) на графіку до кількості працівників більше ніж задане (у нашому випадку 10);

б) час обходу всіх точок на графіку і сумарний час обслуговування більше заданого (в нашому випадку 8 годин).

На кожному кроці МРОР виконується вищезгадана перевірка. Якщо хоч одне з умов виконуються, то здійснюється МК, потім знову ця перевірка і якщо для поточного графу умови не виконуються, то здійснюється ММ (тільки для поточного графу). Загальний алгоритм МРОР наведено на рис. 1.

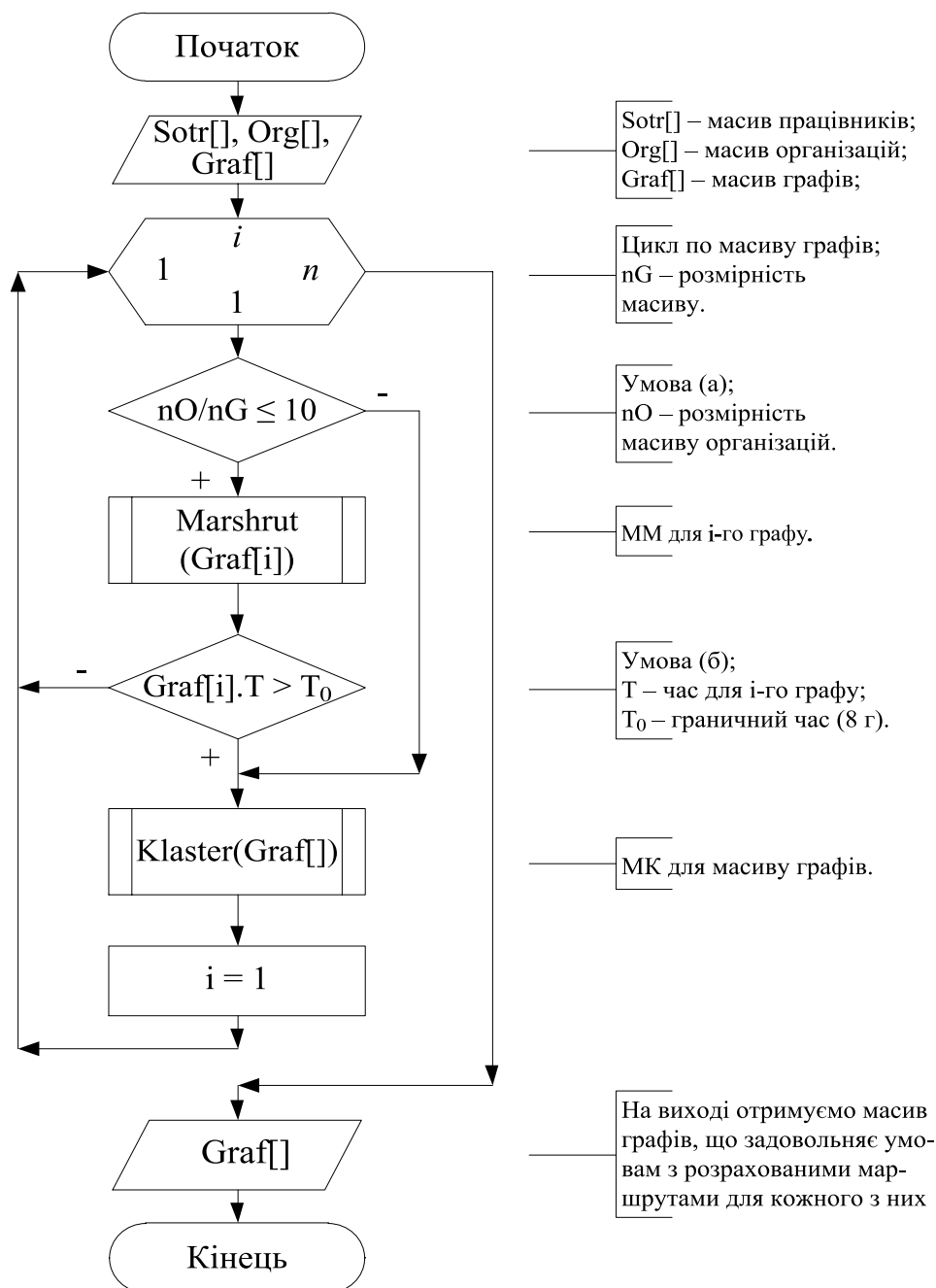


Рисунок 1 - Загальний алгоритм МРОР

Алгоритм розроблений таким чином, щоб досягти максимальної точності при мінімальному часі. МРОР включає в себе дві функції, які реалізують методи маршрутизації (Marshrut) та методу кластеризації (Klaster).

Реалізація методу кластеризації

Розглянемо алгоритм, здатний знаходити наближене рішення збалансованої задачі маршрутизації (ЗЗМ) Ключову роль тут відіграє можливість попереднього розрахунку кількості вершин для маршруту кожного співробітника. Як це прийнято в усіх двофазних алгоритмах з кластеризацією, в цьому методі спочатку вся множина n вершин-клієнтів ділиться на k груп, а потім для кожної групи з додаванням офісу обчислюється k замкнутих маршрутів шляхом розв'язання ЗК будь-яким відповідним методом [6].

Першим кроком в процесі роботи необхідно визначити кількість вершин для кожного майбутнього маршруту. Прийmemo, що кількість вершин для кожного співробітника задається масивом $M = m_1, m_2, \dots, m_k$. Для ЗЗМ цей масив може містити лише числа, що не відрізняються більш ніж на одиницю.

Процес кластеризації можна представити у вигляді рекурсивної процедури, яка отримує на вході множину $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ з n цільових вершин-клієнтів, бажане число груп k і масив M з k елементів, що визначає кількість вершин у кожній групі. Передбачається можливість визначення вартості проїзду між будь-якою парою цільових вершин.

Процедура при кожному виклику робить розподіл на дві групи і виконує рекурсивний спуск при подальшій необхідності. Число k не повинно бути менше двох, в іншому випадку задача кластеризації не має сенсу. Елементи масиву M повинні бути строго більше нуля.

Кластеризація проходить в два етапи:

- 1) визначення графу, який необхідно розділити на два графи;
- 2) поділ графу.

Умовою для вибору графу є максимальне число точок на ньому. Це обумовлено тим, що в даній задачі ніякий інший параметр не може достовірно відображати якість кластеризації.

Ділення графу відбувається за принципом розбиття на групи. Алгоритм МК наведено на рис. 2.

Реалізація методу маршрутизації

Вирішувати задачу маршрутизації можна тими ж методами, що і задачу комівояжера, але при цьому необхідно враховувати не тільки час в дорозі (tr_j), але і час обслуговування (tw_j). Для вирішення було використано мурашиний алгоритм. Основа алгоритму полягає у поведінці мурашиної колонії – маркування більш вдалих шляхів великою кількістю феромона. В умовах даної задачі в ролі мурашки виступає співробітник, який, починаючи рух з офісу, повинен пройти по всіх зазначених точках (організаціях), ребром є маршрут між організаціями, у якості феромону - рейтинг.

Моделювання руху працівника пов'язане з розподілом феромону (рейтингу) на шляху маршруту. При цьому ймовірність включення шляху до маршруту окремого працівника пропорційна кількості рейтингу на цьому шляху, а кількість інкрементованого рейтингу зворотно пропорційна довжині маршруту. Локальні правила поведінки працівників при виборі шляху виглядають наступним чином:

- 1) Працівники мають власну «пам'ять»: кожна організація має бути відвідана тільки один раз, тому у кожного працівника є список вже відвіданих організацій – чорний список.
- 2) Працівники мають «зір» – видимість є евристичне бажання відвідати організацію j , якщо працівник знаходиться у клієнта i . Видимість зворотно пропорційна відстані між організаціями j .
- 3) Працівники мають «інтуїцію», тобто можуть відстежувати рейтинг, що підтверджує «бажання» відвідати організацію j після організації i на підставі досвіду інших працівників.

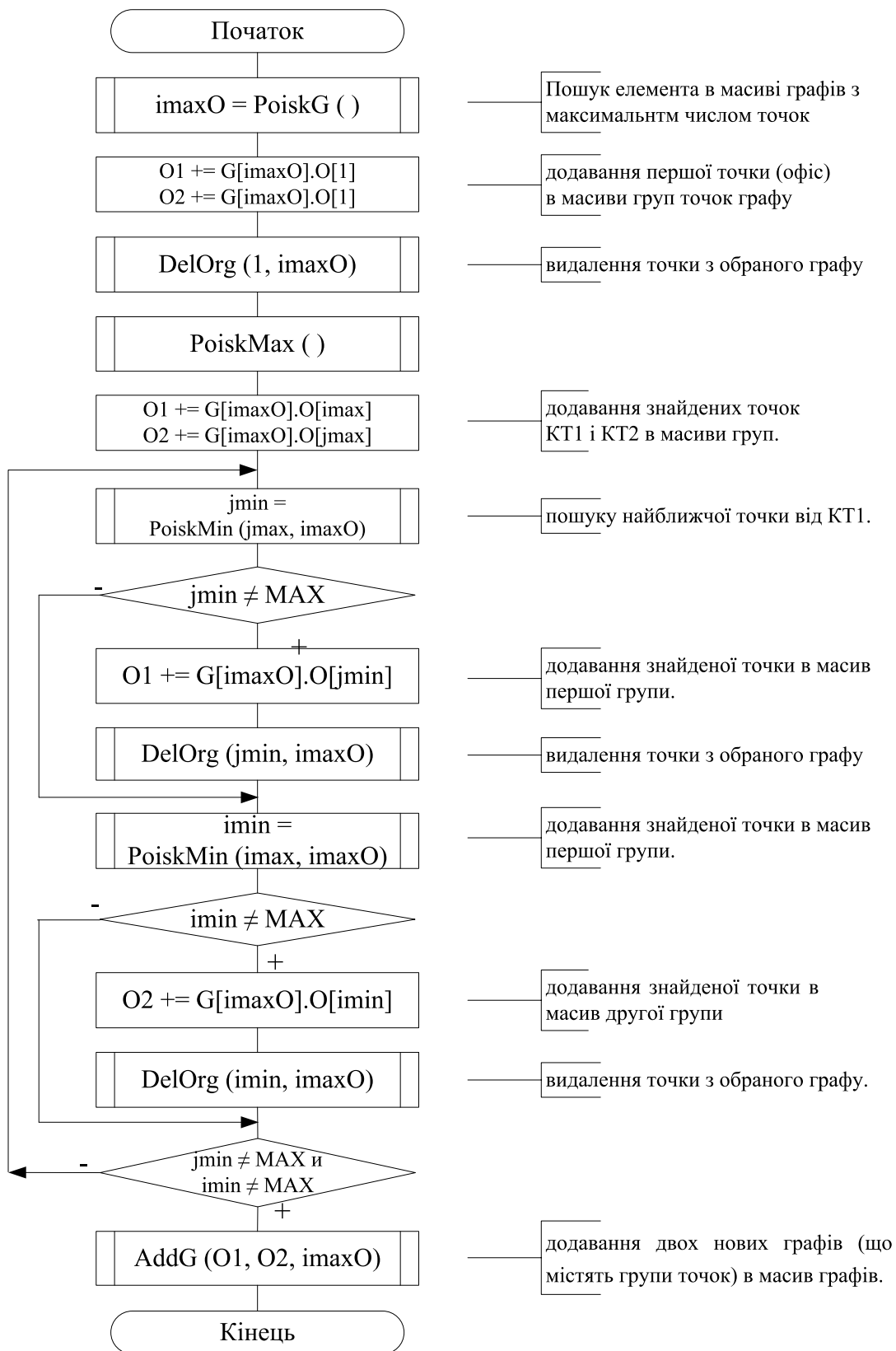


Рисунок 2 - Алгоритм роботи МК

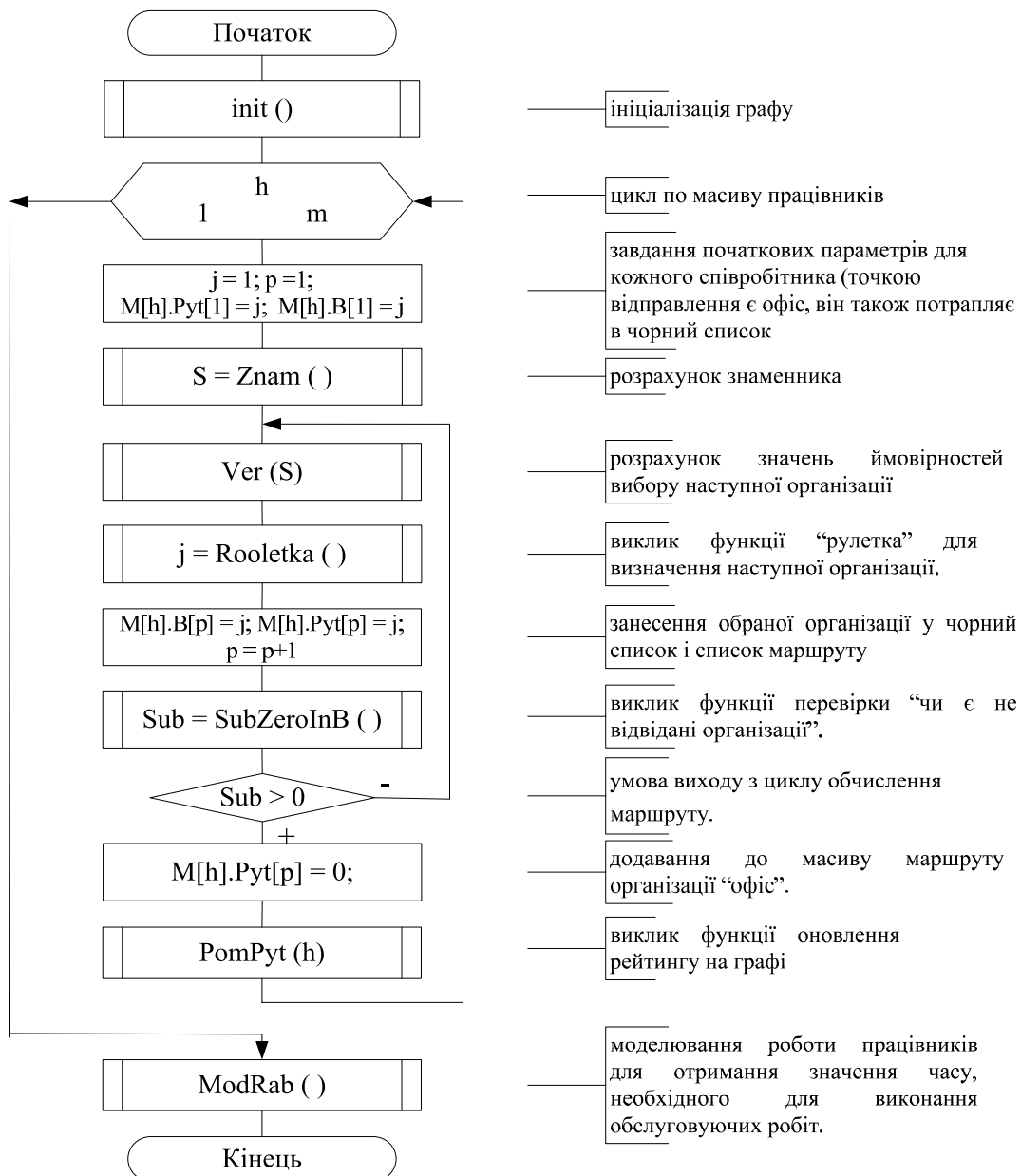


Рисунок 3 - Алгоритм роботи ММ

Дії алгоритму застосовуються до графу, тобто всі об'єкти, які задіяні в алгоритмі, належать одному графу. До таких об'єктів відносяться: $T1$, $T2$ (діапазон для генерації випадкового початкового рейтингу), Q – коефіцієнт (в нашому випадку дорівнює 1), K – коефіцієнт забудькуватості маршруту, α – ступінь впливу рейтингу, β – ступінь впливу відстані, N – кількість точок на графі, m – кількість співробітників для моделювання, M – масив співробітників, Dm – матриця відстаней, Tm – матриця рейтингу. Крім об'єктів, що відносяться до графу, є об'єкти, що відносяться до кожного працівника: L – довжина маршруту, B – масив відвіданих організацій (чорний список), Pyt – масив номерів організацій для маршруту, P – масив ймовірностей вибору організацій на кожному кроці алгоритму ММ.

Представлені алгоритми були реалізовані за допомогою С#. Комп'ютерна система має кілька форм інтерфейсу, що дозволяють вводити довідкову та вхідну інформацію і отримувати результати рішення. На рис. 4 наведено приклад реалізації завдання, на якому показані список організацій, від яких надійшли заявки, список співробітників і маршрут для одного з них.

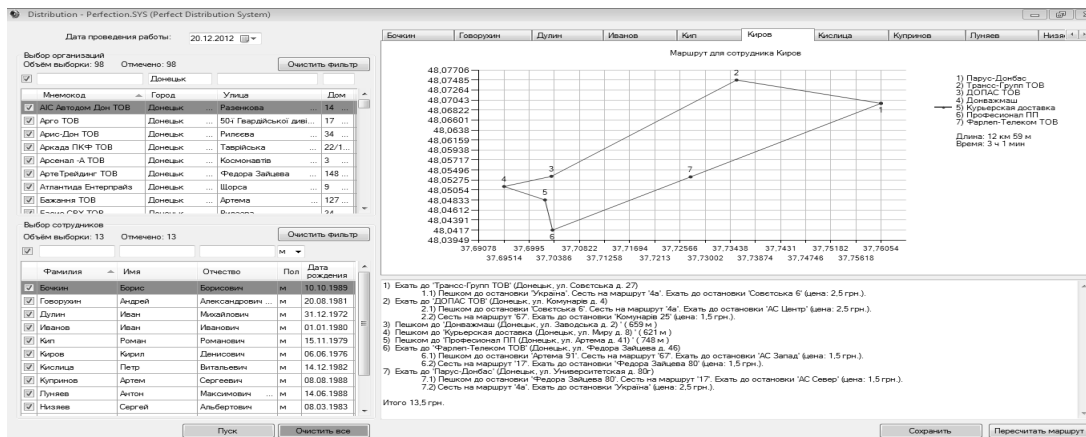


Рисунок 4 – Форма результату розрахунків

Висновки

Наведені алгоритми реалізують завдання визначення маршрутів співробітників підприємства, яке здійснює обслуговування клієнтів згідно із замовленнями. Завдання вирішується щодня і має визначити маршрути кожного співробітника. Розроблений метод розподілу робіт поєднує в собі метод кластеризації та метод маршрутизації. Наведено приклад програмної реалізації алгоритму, що підтверджує реальність і працездатність наведених викладок і міркувань.

Список використаної літератури

1. Решение проблем обслуживания клиентов на основе централизации системы обслуживания [Електронний ресурс] : CRM Portal. – Режим доступу: <http://crm-portal.ru/ru-22/crm-resheniya/vyibor-crm-resheniya/reshenie-problem-obsluzhivaniya-klientov-na-osnove-tsentralizatsii-sistemyi-obsluzhivaniya.html>.
2. Меламед И.И. Задача коммивояжера. Приближенные алгоритмы / И.И. Меламед, С. Сергеев, И. Сигал // Автоматика и телемеханика. – № 11/1989. – С/21-25.
3. Задача маршрутизации транспорта [Електронний ресурс] : Дискретная математика: алгоритмы. – Режим доступу: <http://rain.ifmo.ru/cat/view.php/theory/unordered/vrp-2006>.
4. Пожидаев М.С. Алгоритмы решения задачи маршрутизации транспорта: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук: спец. 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» / Пожидаев Михаил Сергеевич ; Томский технический государственный университет. – Томск, 2010. – 20с.
5. Гавенко С.С. Оптимизация обслуживающих работ на основе метаэвристических технологий / С.С. Гавенко, В.А. Светличная // Сборник материалов III Всеукраинской научно-технической конференции «Інформаційні управляючі системи та комп'ютерний моніторинг 2012», Донецьк 16-18 квітня 2012, Т.1. – Донецьк: ДонНТУ, 2012. – С. 275–279.
6. Мурзин Б.П. Использование алгоритма муравьиной колонии для определения оптимального маршрута доставки грузов / Б.П. Мурзин, В.А. Светличная // Збірка матеріалів II всеукраїнської науково-технічної конференції «Інформаційні управляючі системи та комп'ютерний моніторинг 2011», Донецьк 11-13 квітня 2011, Т.1. – Донецьк: ДонНТУ, 2011. – С. 184–190.
7. Мурзин Б.П. Разработка компьютеризированной системы оптимального распределения и доставки лекарственных средств/ Б.П. Мурзин, В.А. Светличная // Збірка матеріалів III всеукраїнської науково-технічної конференції «Інформатика и компьютерные технологии-2011», Донецьк 22-23 листопада 2011. – Донецьк: ДонНТУ, 2011. – С. 223–227.
8. Кормен Т.Х. Алгоритмы: построение и анализ / Т.Х. Кормен, Ч.И. Лейзерсон, Р.Л. Ривест, К. Штайн. – Москва: МЦНМО, 1990. – 960 с.

9. Optimal Travel Path [Електронний ресурс] : Digital Library Resources: Murphy Library and Beyond. – Режим доступу: <http://murphylibrary.uwlax.edu/digital/jur/2000/bindl.pdf>.
10. Дорогов А.Ю. Алгоритмы оптимального движения мобильных объектов по пересеченной местности и транспортной сети / А.Ю. Дорогов, В.Ю. Лесных // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы: Оптимальное управление объектами и системами. № 1/2009. – Херсон: ХНТУ, 2009. – С.23-24.

References

1. CRM Portal (2004) “Client servicing problem solving based on centralization of service system”, available at: <http://acrm.ru/press/document-2004-07-06-9433668762.html> (Accessed 21 November 2011).
2. Melamed, I.I., Sergeev, S. and Sygal, S. (1989), “Traveling salesman problem. Approximate algorithms, *Automatics and Telemekhanics*, no. 11, pp.21-25.
3. Discrete maths: algorithms (2006) “Transport routing problem”, available at: <http://rain.ifmo.ru/cat/view.php/theory/unsorted/vrp-2006> (Accessed 15 December 2011).
4. Pozhidayev, M.S. (2010), Algorithms of transport routing problem solving, Abstract of Ph.D. dissertation, Mathematical modeling, numerical methods and program complexes, Tomsk technical state university; Tomsk, Russia.
5. Gavenko, S.S and Svetlichnaya V.A. (2012), “Service works optimization based on metaheuristic technologies”, *Proceedings of III International Scientific and Technical Conference "Information Control Systems and Computer Monitoring 2012"*, Donetsk, April 16-18 2012, pp. 275-279.
6. Murzin, B.P. and Svetlichnaya V.A. (2011), “Usage of ant colony algorithm for optimal path definition in delivering cargo“, *Proceedings of II International Scientific and Technical Conference "Information Control Systems and Computer Monitoring 2011"*, Donetsk, April 11-13 2011, pp. 184-190.
7. Murzin, B.P. and Svetlichnaya V.A. (2011), “Computerized system development for optimal distribution and delivery of medicines”, *Proceedings of III All-Ukrainian Scientific and Technical Conference "Informatics and Computer Technologies 2011"*, Donetsk, November 22-23 2011, pp. 223-227.
8. Kormen, T. Kh., Leizeron, Ch.I., Rivest, R.L. and Shtain, K. (1990), *Algoritmy: postroeniye i analiz [Algorithms: development and analysis]*, MCNMO, Moscow, Russia.
9. Digital Library Resources: Murphy Library and Beyond (2011) “Optimal Travel Path”, available at: <http://murphylibrary.uwlax.edu/digital/jur/2000/bindl.pdf>
10. Dorogov, A.Yu. and Lesnykh, V.Yu. (2009), “Algorithms of mobile objects optimal moving on rough country and transport network”, *Automatics. Automation. Electrotechnical Complexes and Systems: Objects and Systems Optimal Control*, no. 1, Kherson, KhNTU, pp. 23-24.

Надійшла до редакції:
30.04.2014 р.

Рецензент:
докт. техн. наук, проф. Чичикало Н.І.

В.А. Светличная, С.Ю. Землянская, С.С. Гавенко

ДВНЗ «Донецкий национальный технический университет»

Метод распределения обслуживающих работ при выполнении заявок. В статье приведены алгоритмы, реализующие метод распределения обслуживающих работ (МРОР) при выполнении заказов с использованием предварительной кластеризации множества организаций на первом этапе и метода маршрутизации с использованием алгоритма муравьиной колонии на втором. Приведен пример программной реализации предложенного метода.

Ключевые слова: работа, распределение, кластеризация, маршрутизация, муравьиный алгоритм.

V.A.Svitlichna, S.Y.Zemlanska, S.S.Gavenko

Donetsk national technical university

The method of distribution of service works for orders execution. The article considers the problem of jobs distribution and routs definition of company employees fulfilling the complex of maintenance works everyday. The manager of the company should solve the problem of rational employees jobs organization consisting in optimal routs search. The routs must start and stop at the office and go through customers locations points taking into account the works performance time. The problem is formulated as follows: the rout of the employee travel from the main office to the clients must be found and the travel costs should be minimal. The maintenance works distribution method consists of two parts and solves the task of works distribution in two stages. At primary stage the task of dividing of a region on compact service areas is solved. The clustering method (CM) is applied for this problem solving. At second stage the task of search of optimal for the specified criterion order of clients visiting is solved. Summary distance, time or cost of the travel may be used as a criterion. The routing method (RM) based on ant colony algorithm is used for this task solving. As the result we have the routs and timetables of employees taking into account the sequence of clients visiting. For both stages a family of algorithms allowing to obtain the result depending on the dimension of the initial problem, computing resources and requirements for the solution were developed. The article presents the results of a software implementation of the developed algorithms, which confirm their reality and efficiency.

Key words: work, distribution, rout, clustering, routing, ant algorithm.



Світлична Вікторія Антонівна, Україна, закінчила Донецький політехнічний інститут, канд. тех. наук, доцент, доцент кафедри автоматизованих систем управління. ДВНЗ «Донецький національний технічний університет» (вул. Артема, 58, м. Донецьк, 83001, Україна). Основний напрямок наукової діяльності – моделювання, сучасні інтелектуальні методи оптимізації.



Землянська Світлана Юріївна, Україна, закінчила Донецький політехнічний інститут, канд. тех. наук, доцент кафедри автоматизованих систем управління. ДВНЗ «Донецький національний технічний університет» (вул. Артема, 58, м. Донецьк, 83001, Україна). Основний напрямок наукової діяльності – моделювання, сучасні інтелектуальні методи оптимізації



Гавенко СергійСергійович Україна, магістр кафедри автоматизованих систем управління. ДВНЗ «Донецький національний технічний університет» (вул. Артема, 58, г.Донецьк, 83001, Україна). Основний напрямок наукової діяльності – сучасні інтелектуальні методи оптимізації.