

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧОРНОМОРСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ПЕТРА МОГИЛИ

Кравченко Ірина Андріївна

УДК 004.023

**ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ТА ПІДХОДІВ ДЛЯ ПЛАНУВАННЯ І
ОПТИМІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ МАРШРУТІВ**

122 – Комп'ютерні науки

Автореферат
магістерської наукової роботи на здобуття освітньої кваліфікації
«Магістр комп'ютерних наук»

Миколаїв – 2019

Магістерська наукова робота є рукопис.

Робота виконана в Чорноморському національному університеті імені Петра Могили Міністерства освіти і науки України на кафедрі інтелектуальних інформаційних систем

Науковий керівник: к.пед.н., доцент, доцент кафедри інженерії програмного забезпечення
Кірей Катерина Олександрівна

Рецензент: к.т.н., доцент, доцент кафедри комп'ютерної інженерії
Журавська Ірина Миколаївна

Захист відбудеться 23 лютого 2019 р. о 9³⁰ год. на засіданні екзаменаційної комісії (ауд. 2-403) у Чорноморському національному університеті імені Петра Могили за адресою: 54003, м. Миколаїв, вул. 68-ми Десантників, 10.

З магістерською науковою роботою можна ознайомитися в бібліотеці Чорноморського національного університету імені Петра Могили за адресою: 54003, м. Миколаїв, вул. 68-ми Десантників, 10.

Автореферат представлений 22 лютого 2019 р.

Секретар
екзаменаційної комісії,
к.пед.н., доцент

Н. М. Болубаш

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність даної роботи. Транспортні перевезення є втіленням торгових відносин різних міст та країн. Ефективне планування і оптимізація, з врахуванням відстані та наявних ресурсів для здійснення перевезення, надає певні переваги, такі як час і гроші. Вирішенням даної проблеми зацікавлені не тільки люди сфери бізнесу, але і науковці, діячі логістики, які знаходять і порівнюють більш ефективні методи розв'язку даної задачі. Велика увага до оптимізації задач транспортної логістики обумовлена суттєвим зростанням обсягів вантажоперевезень при використанні різних видів транспорту з забезпеченням необхідного рівня якості доставки, від чого залежить прибуток транспортних компаній, їх імідж, конкурентоспроможність і т.п. На теперішній час зусиллями українських та іноземних вчених вже розв'язано широке коло задач, пов'язаних з оптимізацією транспортних вантажопотоків, але ще недостатньо розроблені математичні моделі та алгоритми прийняття рішень для синтезу високоефективних систем транспортної логістики, функціонуючих в умовах невизначеності. Зниження транспортних витрат може бути досягнуто шляхом більш ефективного використання ресурсів, таких як транспортні засоби.

Метою магістерської наукової роботи є дослідження методів планування і оптимізації транспортних перевезень в умовах невизначеності з врахуванням різних програм замовлень.

Об'єктом дослідження є планування транспортних маршрутів.

Предметом дослідження є методи планування і оптимізації транспортних перевезень в умовах невизначеності.

Практичне значення даної магістерської наукової роботи полягає у скороченні загальної довжини маршрутів та зменшенні кількості використаних транспортних засобів; як наслідок - зменшення часу й вартості обслуговування.

В роботі використовуються *методи дослідження* операцій для розв'язку транспортної задачі, зокрема класичний та модифікований методи Кларка-Райта, класичний та модифікований sweeping-алгоритми для планування маршрутів та метод повного перебору для оптимізації відповідних маршрутів за довжиною.

Магістерська наукова робота складається із вступу, 5 розділів, висновків, додатків. Загальний обсяг роботи складає ____ сторінок, ____ рисунків, ____ таблиць та ____ посилань на літературні джерела.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі магістерської наукової роботи було окреслено актуальність даної роботи, її мету, предмет та об'єкт досліджень, а також практичне значення.

У першому розділі наведено загальну характеристику задач VRP. Детально розглянуто способи та методи вирішення задач маршрутизації. Задача маршрутизації автотранспорту з обмеженням по вантажомісткості транспортних одиниць (CVRP, Capacitated VRP) - кожен транспортний засіб має обмежену місткість для вантажоперевезень. Обмежена вантажомісткість транспортного засобу вимагає врахування при плануванні маршрутів, якщо відомі замовлення клієнтів. Задачі маршрутизації класу "CVRP" (Capacitated VRP) передбачають, що для виконання запиту кожного клієнта необхідно спланувати маршрути, які максимально завантажують транспортний засіб і виконують замовлення. У задачах цього типу вводиться обмеження: обсяг вантажів на кожному маршруті не повинен перевищувати заданої величини (однакової для всіх транспортних засобів). Задача доставки вантажів CVRP - це транспортна задача по доставці вантажів з розподільного центру (РЦ), наприклад, оптової бази, складу, вантажного терміналу і ін., користувачам. Відмінною рисою задачі розвезення є рух транспортних засобів по радіальних і кільцевих маршрутах, як це показано на рис. 1 та 2.

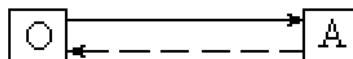


Рис. 1. Окремий радіальний маршрут

Радіальний маршрут - це напрям руху транспортного засобу від початкового пункту О до пункту призначення А і назад в пункт О (О-А-О).

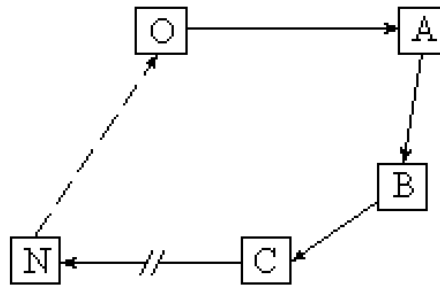


Рис. 2. Схема кільцевого маршруту

Кільцевий маршрут - це напрям руху транспортного засобу від початкового пункту O до пункту A, через пункти B, C, ..., до пункту N і від пункту N зворотний рух до пункту O (O-A-B-C-...-N-O). Радіальні маршрути використовуються в тих випадках, коли об'єм попиту у користувача менше або дорівнює вантажомісткості автомобіля.

У другому розділі проведено класифікацію методів планування транспортних перевезень. Таким чином пропонується наступна класифікація методів планування транспортних перевезень: метод гілок і меж (Branch and bound, Fisher, 1994), є одним з найуспішніших точних підходів до вирішення задачі CVRP є метод К-дерев - метод Фішера; метод гілок з відсіканням (Branch and cut); алгоритм заощаджень (Savings, Clark and Wright, 1964) є одним з найвідоміших евристичних методів розв'язання задачі VRP. Алгоритм Кларка-Райта (Clarke and Wright) це один з найвідоміших алгоритмів для вирішення для розв'язку транспортних. Його ідея полягає в про-цесі злиття дрібних маршрутів в більші, проведеного до тих пір, поки є можливість зменшити сумарну вартість об'їзду. Особливу роль у цьому алгоритмі відіграє поняття "заощадження" (saving) - це зниження загальної вартості рішення, одержуване при об'єднанні двох маршрутів. Розглянемо ситуацію, коли маршрут $(0, \dots, i, 0)$ і маршрут $(0, j, \dots, 0)$ можуть бути поєднані в єдину послідовність $(0, \dots, i, j, \dots, 0)$. Заощадженням є зміна відстані, рівне $s_{ij} = c_{i0} + c_{0j} - c_{ij}$, якщо воно більше нуля, де c_{ij} - відстань між відповідними вершинами. Алгоритм застосовується у випадках, коли кількість екіпажів не визначено заздалегідь і його можна обчислювати в ході роботи. Його можна використовувати як для симетричних завдань, так і для несиметричних. Відомі два варіанти реалізації: паралельний і послідовний. Дослідження показують, що паралельний алгоритм дає кращі

результати ніж послідовний, тому використаємо його. Для поліпшення якості створюваних маршрутів використовуються алгоритми локального пошуку.

У третьому розділі наведено результати роботи розробленої системи для планування транспортних маршрутів на основі методу Кларка-Райта. Використовуючи Гамільтонів цикл, отриманий в результаті застосування методу Кларка-Райта (saving-алгоритму) сформуємо маршрути транспортних перевезень при різних значеннях замовлень вантажу Q_{ij} , де i -номер вузла, j -номер програми перевезень вантажу F_j . Для цього починаючи з першого в Гамільтоновому циклі вузла 25, формуємо маршрут №1, шляхом послідовного додавання до маршруту вузлів циклу (0-25-18-...-n). Перед додаванням кожного нового вузла перевіряємо виконання умови: сумарне значення замовлення вантажу всіх доданих до маршруту вузлів $\sum Q_{ij}$ не повинно перевищувати значення максимальної вантажомісткості транспортних засобів D_{\max} . Якщо, при додаванні до маршруту наступного в послідовності вузла, умова не виконується, то даний маршрут замикається базовим вузлом (0-25-18-24-0), і розпочинається новий маршрут, починаючи з першого в послідовності вузла, що не ввійшов до попереднього маршруту (0-1-...-n). Ця послідовність дій виконується доки всі вузли Гамільтонового циклу не будуть включені до певного маршруту.

Продемонструємо планування маршрутів транспортних засобів для першої програми замовлень вантажу (F_1).

В таблиці 1 представлена інформація про маршрути транспортних перевезень для програми F_1 .

Таблиця 1. Інформація про маршрути перевезень для програми F_1

R	Структура маршруту	$\sum L_i$	$\sum Q_i$	ΔD
1	0-25-18-24-23-0	104,62	0,87	0,13
2	0-1-22-28-21-20-0	113,07	0,81	0,19
3	0-15-5-29-13-19-0	91,836	0,99	0,01
4	0-14-11-10-31-9-32-0	114,05	0,89	0,11
5	0-3-16-6-2-0	63,917	0,7962	0,2038
6	0-30-27-8-7-0	60,953	0,8719	0,1281
7	0-12-17-26-4-0	46,385	0,6308	0,3692
Всього		594,83	5,86	1,14

Показник ефективності завантаження транспортних засобів при реалізації програми F_1 :

$$E = \frac{1}{R} \sum_{r=1}^R \left(1 - \frac{\Delta D_r}{D_{\max}} \right) = 0,8389.$$

На рис. 3 зображено транспортні маршрути перевезень для програми F_1 .

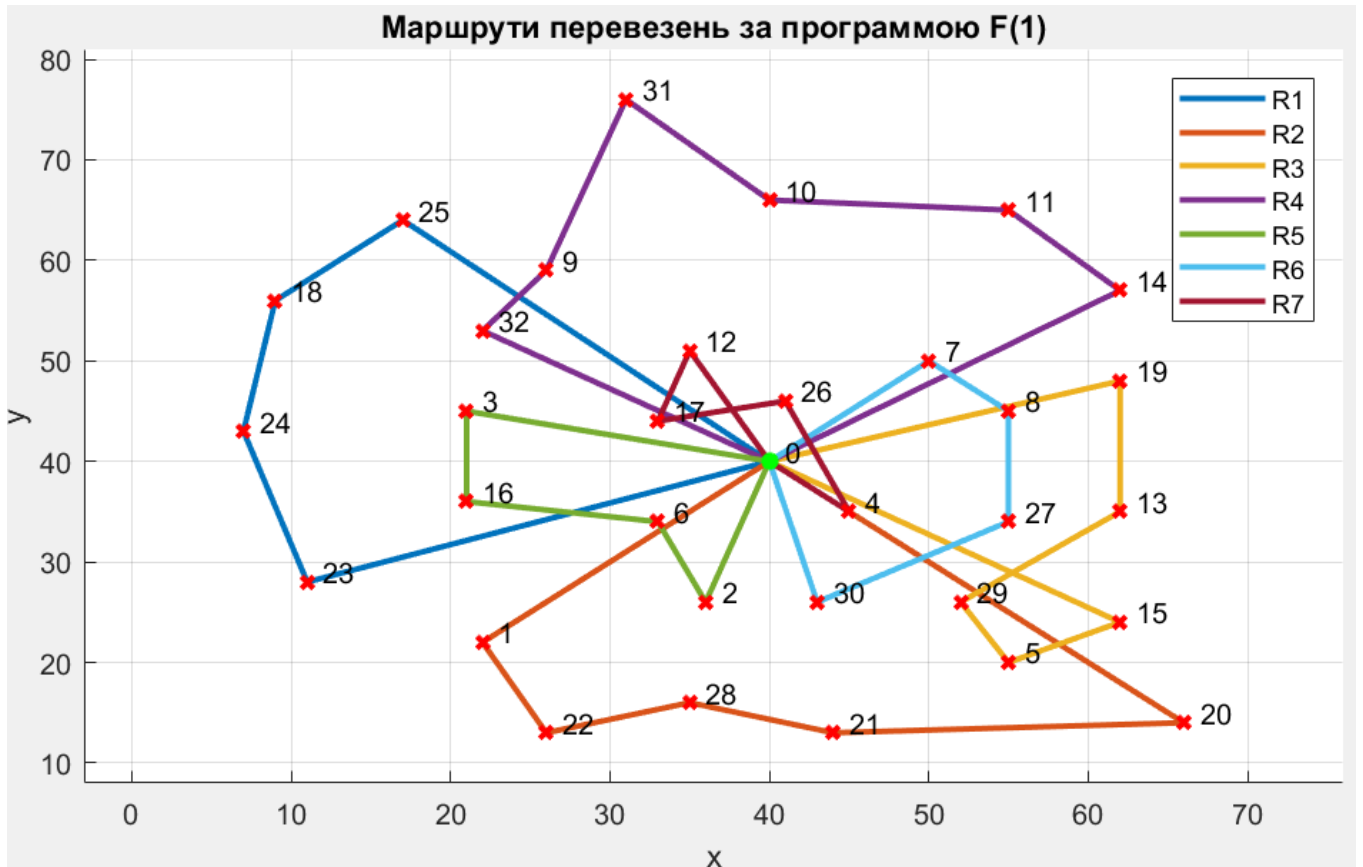


Рис. 3. Графічна візуалізація планування транспортних маршрутів перевезень для програми F_1

Відмінність модифікованого методу Кларка-Райта від класичного полягає в тому, що в модифікованій версії маршрути формуються відносно saving-таблиці, і тому, Гамільтонів цикл не є статичним, на відміну від використання класичного методу Кларка-Райта, де маршрути плануються на основі статичного Гамільтонового циклу.

Продемонструємо планування маршрутів транспортних засобів на основі модифікованого методу Кларка-Райта для першої програми замовлень (F_1).

В таблиці 2 представлена інформація про маршрути транспортних перевезень для програми F_1 .

Таблиця 2. Інформація про маршрути перевезень для програми F_1

R	Структура маршруту	$\sum L_i$	$\sum Q_i$	ΔD
1	0-25-18-24-23-0	104,6171	0,8747	0,1253
2	0-15-20-5-21-28-0	97,5438	0,9174	0,0826
3	0-10-31-9-32-3-0	92,0939	0,9563	0,0437
4	0-11-14-19-13-27-29-0	95,8391	0,9220	0,0780
5	0-22-1-16-6-2-0	89,5681	0,9625	0,0375
6	0-8-7-12-17-26-4-0	72,2178	0,9341	0,0659
7	0-30-0	28,6356	0,3050	0,6950
Всього		580,52	5,872	1,128

На рис. 4 зображено транспортні маршрути перевезень для програми F_1 .

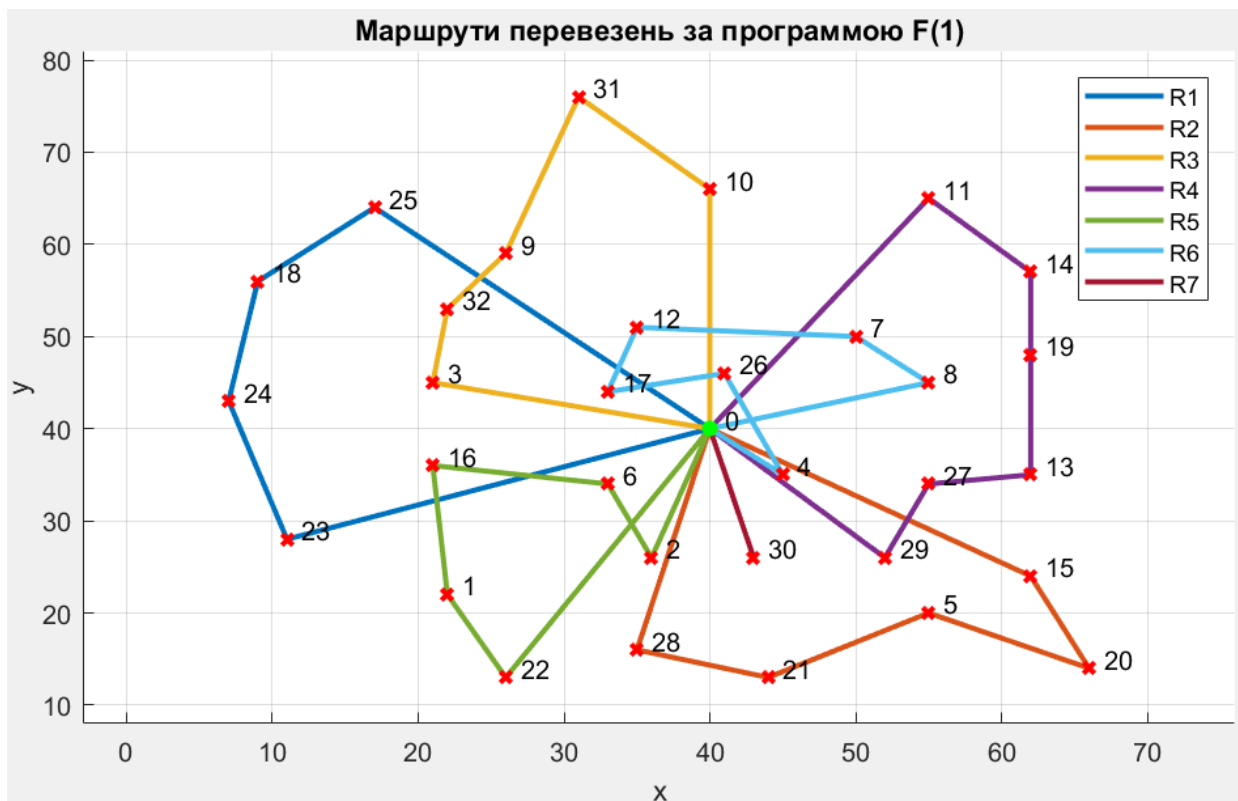


Рис. 4. Графічна візуалізація планування транспортних маршрутів перевезень для програми F_1 на основі модифікованого методу Кларка-Райта

В таблиці 3 наведено порівняння всіх застосованих методів планування маршрутів перевезень для всіх 4-х програм замовлень

Таблиця 3. Порівняння застосованих методів планування маршрутів перевезень для всіх 4-х програм замовлень

Алгоритм Програма	Метод Кларка-Райта		Модифікований метод Кларка-Райта		Sweeping-алгоритм		Модифікований Sweeping-алгоритм	
	L	E	L	E	L	E	L	E
F1	594,83	0,8389	580,515	0,8389	708,682	0,8389	713,186	0,8389
F2	695,4	0,8721	691,159	0,7929	852,273	0,7929	791,325	0,8721
F3	1070,9	0,7477	1044,93	0,7477	1145,41	0,7137	1145,41	0,7137
F4	1238,1	0,6896	1231,98	0,6896	1263,56	0,747	1263,56	0,747

В результаті аналізу двох критеріїв оптимальності маршруту транспортних перевезень можна зробити висновок, що при плануванні транспортних маршрутів для всіх програм F₁, F₂, F₃, F₄ краще всього підходить модифікований метод Кларка-Райта.

Для оптимізації кожного маршруту використаємо метод перебору всіх можливих варіантів зв'язків між точками в маршруті, при цьому розраховуючи їх довжину. Потім обрати маршрут з мінімальною довжиною.

В таблиці 4 наведено результати оптимізації транспортних маршрутів для програми замовлень F₁ на основі модифікованого методу Кларка-Райта.

Таблиця 4. Результати оптимізації транспортних маршрутів для програми замовлень F₁ на основі модифікованого методу Кларка-Райта

R	До оптимізації	$\sum L_i$	Після оптимізації	$\sum L_i$
1	0-25-18-24-23-0	104,6171	0-25-18-24-23-0	104,6171
2	0-15-20-5-21-28-0	97,5438	0-15-20-5-21-28-0	97,5438
3	0-10-31-9-32-3-0	92,0939	0-10-31-9-32-3-0	92,0939
4	0-11-14-19-13-27-29-0	95,8391	0-11-14-19-13-27-29-0	95,8391
5	0-22-1-16-6-2-0	89,5681	0-2-22-1-16-6-0	76,231
6	0-8-7-12-17-26-4-0	72,2178	0-4-8-7-26-12-17-0	61,2857
7	0-30-0	28,6356	0-30-0	28,6356
Всього		580,52		556,24

Головне вікно програми представлено на рис. 5. При запуску програмного забезпечення для планування і оптимізація транспортних маршрутів завантажуються вхідні дані (координати вузлів замовників, 4 програми замовлень, координати базового вузла та вантажомісткість транспортних засобів).

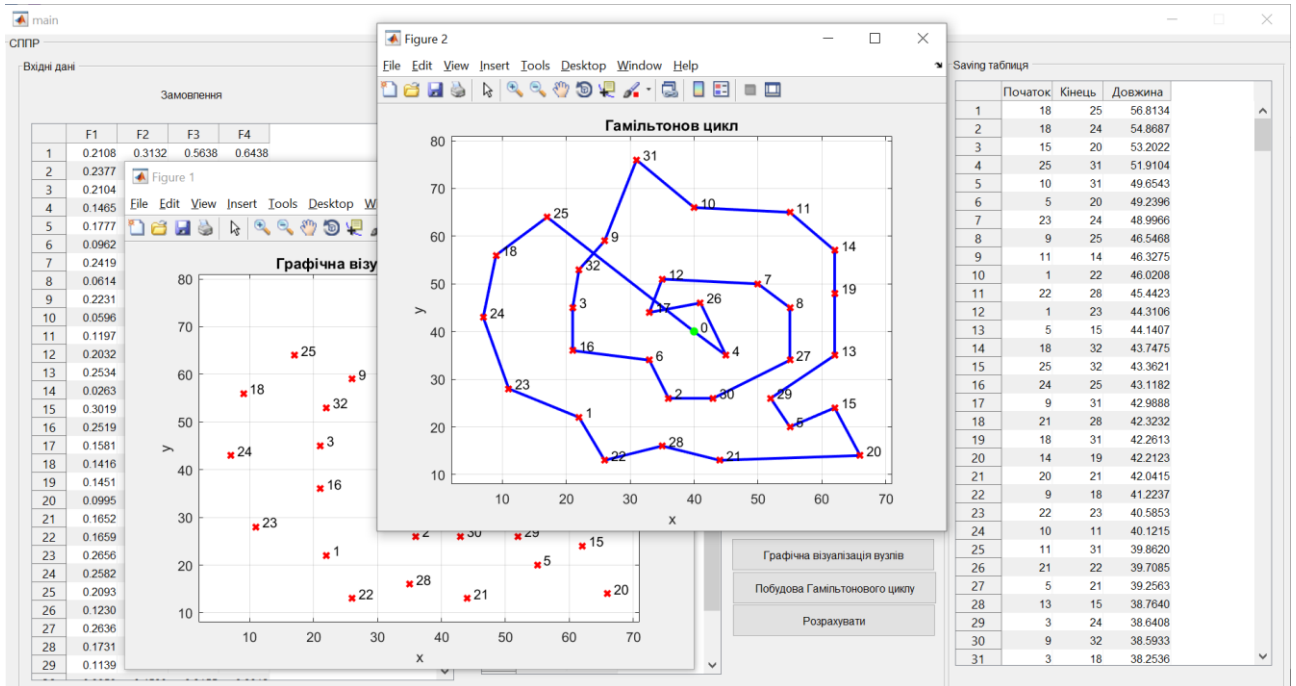


Рис. 5. Головне вікно програми

На рис. 6 показано вікно планування транспортних маршрутів застосованими методами для всіх 4-х програм замовлень і оптимізації методом повного перебору.

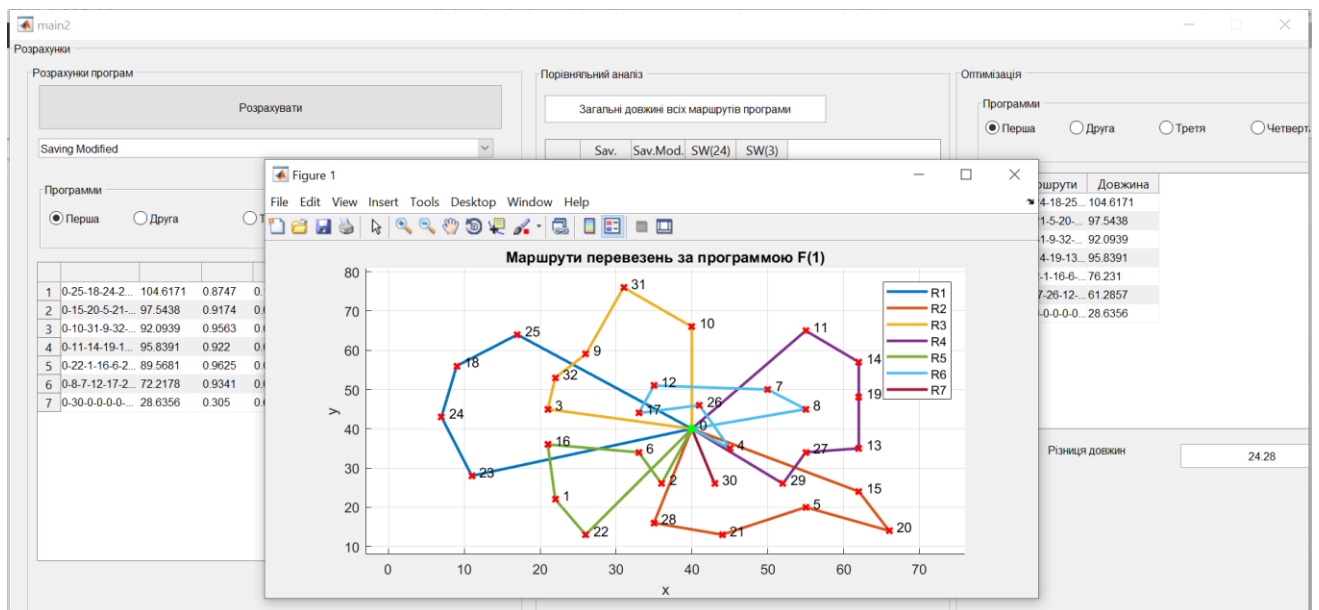


Рис. 6. Вікно планування і оптимізація транспортних маршрутів

У методичній частині розроблено практичні роботи на теми «Ознайомлення з основними функціями обробки зображень в MATLAB» та «Ознайомлення з основами створення графічних інтерфейсів в MATLAB GUIDE».

В спеціальній частині магістерської наукової роботи з «Охорони праці» розглянуто мікрокліматичні умови праці на робочих місцях у ТОВ «Креатив Ком'юнікейшнс» та розроблено інструктаж з техніки безпеки під час землетрусу.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В даній роботі розглядається задача маршрутизації з обмеженням по вантажомісткості транспортних засобів. Ефективне планування і оптимізація, з врахуванням відстані та наявних ресурсів для здійснення перевезення, надає певні переваги, такі як час і гроші. Велика увага до оптимізації задач транспортної логістики обумовлена суттєвим зростанням обсягів вантажоперевезень при використанні різних видів транспорту з забезпеченням необхідного рівня якості доставки, від чого залежить прибуток транспортних компаній, їх імідж, конкурентоспроможність і т.п. Зниження транспортних витрат може бути досягнуто шляхом більш ефективного використання ресурсів, таких як транспортні засоби.

Основні завдання дослідження повністю виконані:

- проаналізовано сучасний стан задачі планування та оптимізації транспортних маршрутів в умовах невизначеності;
- досліджено існуючі методи планування та оптимізації транспортних перевезень;
- розроблено програмне забезпечення для поставленої задачі;
- проведено аналіз отриманих результатів.

В роботі використано класичний та модифікований методи Кларка-Райта, класичний та модифікований sweeping-алгоритми для планування маршрутів та метод повного перебору для оптимізації відповідних маршрутів за довжиною.

Практичне значення результатів дослідження дозволило скоротити загальну довжину маршрутів та зменшити кількість використаних транспортних засобів, як наслідок - зменшити час і вартість обслуговування.

Для подальшого оптимізації довжини маршрутів також можна використати евристичні методи поліпшення маршрутів, зокрема, обмін вузлів, відрізків шляху між маршрутами, передача вузла, відрізка шляху між маршрутами, кросовінг.

У спеціальній частині магістерської роботи з «Охорони праці» було здійснено аналіз умов праці у офісному приміщенні ТОВ «Креатив Ком'юнікейшнс», що займається транспортуванням, зберіганням, обробкою вантажів. Результатом є визначення мікрокліматичних умов, підбір спліт-системи кондиціонування, а також

розробка інструктажу для забезпечення безпеки під час землетрусу на робочих місцях.

За результатами оцінки параметрів мікроклімату було з'ясовано, що такі параметри як температура, вологість та швидкість руху повітря у приміщенні знаходяться в межах оптимальних показників згідно з ДСН 3.3.6.042-99.

В результаті опрацювання правил поведінки під час землетрусу було розроблено інструктаж для працівників, яка описує дії у результаті виникнення землетрусу.

АНОТАЦІЯ

Кравченко Ірина Андріївна. Дослідження методів та підходів для планування і оптимізації транспортних маршрутів. – На правах рукопису.

Магістерська наукова робота на здобуття освітньої кваліфікації «Магістр комп'ютерних наук». – Чорноморський національний університет імені Петра Могили, Миколаїв, 2019.

Дана магістерська наукова робота присвячена дослідженню методів та підходів для планування і оптимізації транспортних маршрутів в задачах з обмеженою вантажомісткістю транспортних засобів (CVRP).

Метою є дослідження методів планування і оптимізації транспортних перевезень в умовах невизначеності з врахуванням різних програм замовлень.

Об'єктом дослідження є планування транспортних маршрутів.

Предметом дослідження є методи планування і оптимізації транспортних перевезень в умовах невизначеності.

Загальна частина складається з наступних розділів: аналіз сучасного стану задачі планування та оптимізації транспортних маршрутів; загальна характеристика задач VRP; планування маршрутів в задачі CVRP; методи планування та оптимізації транспортних перевезень; метод Кларка-Райта для планування транспортних маршрутів; алгоритми оптимізації транспортних маршрутів; програмне забезпечення для планування та оптимізації транспортних маршрутів.

Задачі, які були виконані в процесі роботи:

- аналіз сучасного стану задачі планування та оптимізації транспортних маршрутів в умовах невизначеності;
- дослідження методів оптимізації транспортних перевезень;
- програмна реалізація поставленої задачі;
- аналіз отриманих результатів.

В спеціальній частині магістерської наукової роботи з «Охорони праці» розглянуто мікрокліматичні умови праці на робочих місцях у ТОВ «Креатив Ком'юнікейшнс» та розроблено інструктаж з техніки безпеки під час землетрусу.

У методичній частині розроблено практичні роботи на теми «Ознайомлення з основними функціями обробки зображень в MATLAB» та «Ознайомлення з основами створення графічних інтерфейсів в MATLAB GUIDE».

Робота складається з ___ сторінок, ___ рисунків, ___ таблиць та ___ посилань на літературні джерела.

Ключові слова: транспорт, планування маршрутів, оптимізація, метод Кларка-Райта, Sweeping-алгоритм.

ABSTRACT

Kravchenko Iryna. Research of methods and approaches for planning and optimization of transport routes. – On the rights of the manuscript.

Master's scientific work for obtaining an educational qualification "Master of Computer Science". – Petro Mohyla Black Sea National University, Nikolaev, 2019.

This master's scientific work is devoted to research on contrast enhancement methods for digital images, in particular methods based on approaches of fuzzy logic.

The purpose of this work is to research of methods and approaches for planning and optimization of transport routes in tasks with limited capacity of vehicles (CVRP).

The object of the research is research is the planning of transport routes.

The subject of the research is methods of planning and optimization of transportation in conditions of uncertainty.

The general part consists of the following sections: analysis of the current state of the task of planning and optimizing transport routes; general characteristics of VRP tasks; route planning in the CVRP task; methods of planning and optimization of transportation; Clark-Wright method for transport route planning; algorithms of optimization of transport routes; software for planning and optimizing transport routes.

Tasks that were completed during the process:

analysis of the current state of the problem of planning and optimizing transport routes in conditions of uncertainty;

research of methods of optimization of transport transportations;

program realization of the set task;

analysis of the results obtained.

In the special part "Labor Protection", the microclimatic conditions of work at workplaces at "Creative Communications" LLC are considered and instruction about safety during the earthquake was developed.

In the methodical part, two practical works were developed. The topics are "Introduction to the methods of designing distribution centers" and "Introduction to the basics of application of technical and operational indicators of the work of motor transport".

The work consists of __ pages, __ figures, __ tables and __ references to literary sources.

Keywords: transport, route planning, optimization, Clark-Wright's method, Sweeping-algorithm.