

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧОРНОМОРСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ПЕТРА МОГИЛИ

Ткаченко Юлія Олегівна

УДК 004.023

**Підсистема для планування і оптимізації транспортних
маршрутів з використанням Google Maps**

122 – Комп'ютерні науки

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

Миколаїв – 2020

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.ф.-м..н., доцент кафедри інтелектуальних інформаційних систем
Кулаковська Інесса Василівна

Рецензент: к.т.н., доцент (б.в.з.) кафедри інженерії програмного забезпечення
Швед Альона Володимирівна

Захист відбудеться «24» лютого 2020 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 «21» лютого 2020 р.

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

Н. М. Болюбаш

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми.

Незважаючи на активне застосування інформаційних технологій, актуальність проблеми рішення задачі маршрутизації транспорту в міських умовах не знижується з плином часу, оскільки практика висуває все більш складні завдання як за кількістю параметрів оптимізації, так і за кількістю обмежень, що враховуються при її вирішенні.

Вантажний автомобільний транспорт є однією з найважливіших підгалузей автомобільної галузі. В умовах ринкової економіки постійно збільшується як кількість постачальників, так і число одержувачів продукції. Збільшуються відстані між одержувачами і відправниками. Система планування оптимальних маршрутів на сьогоднішній день є однією з найбільш прогресивних.

В даній роботі розглядається задача маршрутизації з обмеженням по вантажомісткості транспортних засобів. Проблема маршрутизації транспортних засобів з обмеженою вантажомісткістю є проблемою, яка часто зустрічається в логістичній галузі, де на щоденній основі транспортні засоби повинні доставляти вантажі зі складів до клієнтів.

Метою магістерської наукової роботи є дослідження методів та підходів до планування і оптимізації транспортних маршрутів для вирішення задачі з обмеженою вантажомісткістю із застосуванням в реальних умовах за допомогою Google Maps.

Об'єкт досліджень – процес генерації планування маршрутів транспортних засобів.

Предмет досліджень – дослідження є методи та алгоритми маршрутизації та оптимізації транспортних засобів для задачі з обмеженою вантажомісткістю.

В роботі використовуються **методи** для розв'язку транспортної задачі, що відносяться до різних груп, а саме метод гілок і меж, класичний метод Кларка-Райта та метод мурашиної колонії для планування маршрутів, також метод гілок і меж використовується для оптимізації відповідних маршрутів за довжиною.

Практичне значення отриманих результатів даної магістерської наукової роботи полягає у скороченні загальної довжини маршрутів та зменшенні кількості використаних транспортних засобів, що призведе до зменшення часу й вартості обслуговування.

Апробація результатів магістерської наукової роботи.

Результати даної магістерської наукової роботи було надруковано у тезах XXI Всеукраїнської науково-методичної конференції «Могилянські читання – 2019» у секції Комп'ютерні науки.

Публікації.

1. Ткаченко Ю.О., Кулаковська І.В. Підсистема для планування і оптимізації транспортних маршрутів з використанням Google Maps. Могилянські читання – 2019: тези доповідей: Комп'ютерні науки. Технічні науки, Миколаїв: ЧНУ, 11-16 листопада, 2019. – С. 64-67.

2. Ткаченко Ю.О., Кулаковська І.В. Підсистема для планування і оптимізації транспортних маршрутів з використанням Google Maps. Інтелектуальні інформаційні системи – 2020: тези доповідей, Миколаїв: ЧНУ, 28-31 січня, 2020.

Структура магістерської наукової роботи. Магістерська наукова робота складається із вступу, 6 розділів, висновків, додатків. Загальний обсяг роботи складає 139 сторінок, 35 рисунків, 26 таблиць та 60 посилань на літературні джерела.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі магістерської наукової роботи обґрунтовано актуальність обраної теми, сформульовано мету і задачі дослідження, визначено предмет та об'єкт дослідження, а також практичне значення.

У першому розділі наведено огляд предметної області, аналіз останніх публікацій та досліджень у сфері вирішення транспортних задач, з урахуванням проведеного аналізу сформовано постановку задачі.

Завданням в області формування оптимальних транспортних маршрутів присвячені численні дослідження в різних країнах світу. Особливої актуальності набувають роботи, що дозволяють точно обчислювати обсяги вантажоперевезень, розраховувати кількість одиниць транспорту, необхідних для забезпечення вантажопотоків, визначати раціональні маршрути руху, а також скоротити сумарні витрати на транспортування. Історія завдань маршрутизації налічує понад півстоліття. Перша робота, присвячена даному типу завдань, з'явилася в 1959 році. У ній сформульована група завдань, згодом названа Vehicle Routing Problem (VRP).

VRP - добре відома задача цілочисельного програмування, є практично важливою і NP-складною задачею комбінаторної оптимізації.

Задача рішення VRP полягає в тому, щоб доставити товари, розташовані в центральному депо, клієнтам, які розмістили замовлення на такі товари. Неявна мета - мінімізувати витрати на розповсюдження товару.

Серед багатьох видів VRP було обрано задачу маршрутизації автотранспорту з обмеженням по вантажомісткості транспортних одиниць (CVRP). Це задача де кожен транспортний засіб має обмежену місткість для вантажоперевезень.

Задачі маршрутизації класу "CVRP" передбачають, що для виконання запиту кожного клієнта необхідно спланувати маршрути, які максимально завантажать транспортний засіб і виконають замовлення. У задачах цього типу вводиться обмеження: обсяг вантажів на кожному маршруті не повинен перевищувати заданої величини (однакової для всіх транспортних засобів).

У другому розділі проведено аналіз та класифікацію існуючих методів планування транспортних перевезень.

До теперішнього моменту відомо досить багато алгоритмів для вирішення ЗМТ. Здебільшого це евристичні методи, що використовуються при наявності матриці відстаней або інформації про розташування вершин на площині. Відомі підходи зазвичай орієнтуються на загальне формулювання ЗМТ, в якій передбачається симетрична або несиметрична матриця відстаней, не задана жорстка кількість транспортних засобів, і відстежується тільки обмеження по їх вантажопідйомності або максимальній довжині маршруту.

Підходи для вирішення ЗМТ зазвичай поділяються на:

- точні методи – дають дуже велику точність, але потребують багато часу та ресурсів;
- евристичні методи – потребують менше часу, але не дають такої точності, хоча вона є достатньо великою;
- мета-евристичні методи – акцент робиться на ретельному вивченні найбільш перспективних частин простору рішень. Вимагають дуже високої кваліфікації користувача програмних пакетів на їх основі. Це в деякій мірі є слабкою стороною даного підходу. Важливою перевагою і сильною стороною цього класу алгоритмів є здатність долати точки локального екстремуму для продовження пошуку. Така здатність алгоритмів дозволяє знаходити більш якісні рішення в порівнянні з класичними евристиками, хоча це призводить до зростання необхідного процесорного часу.

Третій розділ присвячений детальному аналізу обраних методів розв'язання поставленої задачі, зокрема методу мурашиної колоній, методу гілок і границь та методу Кларка-Райта. Обрані оптимальні параметри налаштування алгоритмів.

Метод гілок і меж, є одним з найуспішніших точних підходів до вирішення задачі CVRP. Оскільки даний метод належить до класу точних методів, стає неможливим його застосування до задачі великої розмірності.

Алгоритм заощаджень (Saving алгоритм, метод Кларка-Райта) є одним з найвідоміших евристичних методів розв'язання задачі VRP. Його ідея полягає в процесі 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. 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.

Метаевристичні методи не є закінченими евристиками, готовими для застосування, а є деяким методом для побудови закінченої евристики для конкретного завдання. Більшість з алгоритмів є bio-inspired, що означає, що вони натхненні явищами живої і неживої природи. Найцікавішими з них вважаються такі методи: пошук з винятками, модельований і детермінований відпал, генетичний алгоритм, алгоритм на основі мурашиних колоній.

Створення алгоритму мурашиної колонії (Ant Colony Optimization) було натхненне поведінкою реальних мурах. Мурахи випадково досліджують околиці мурашника, коли вони знаходять їжу, вони повертаються в мурашник, залишаючи маршрут з феромонів, хімічної речовини, яка може сприйматися іншими мурахами. Імовірність переходу з вершини r в вершину u визначається за формулою (3.1).

$$P = \frac{\tau(r, u)^{\alpha} \eta(r, u)^{\beta}}{\sum_k \tau(r, u)^{\alpha} \eta(r, u)^{\beta}} \quad (3.1)$$

Де α і β - два параметра, що регулюються та задають ваги сліду феромону і видимості при виборі маршруту. Якщо $\alpha = 0$, то буде обране найближче місто, що відповідає жадібному алгоритму в класичній теорії оптимізації. При $\beta = 0$ працює тільки феромонне посилення, що призводить до того, що маршрути вироджуються до одного субоптимального рішення. Необхідний компроміс між цими величинами (щоб пом'якшувати жадібність алгоритму і не застрягати в локальних мінімумах), яке знаходиться експериментально. У табл. 3.9 неведені оптимальні значення α та β .

Таблиця 3.9. Результати експерименту впливання коефіцієнтів α та β на результати роботи алгоритму

α	β	Кращий результат	Гірший результат	Середнє значення
8	9	436.8497	470.5836	460.5369
3	7	437.041	486.321	461.9063
3	8	436.8497	486.2499	462.8108
5	9	439.28	474.2035	464.6325
2	9	431.8975	481.8748	465.0754

Четвертий розділ присвячений результатам роботи розробленої системи для планування транспортних маршрутів та аналізу цих результатів.

Розроблена підсистема дозволяє знаходити оптимальні маршрути та вирішувати CVRP. Вводити адреса замовників та адресу складу додаток формує матрицю відстаней за допомогою Google Maps API. Також розраховується час проходження цієї відстані, що дозволяє оптимізувати програму не тільки за довжиною шляху, але і за часом проходження цього шляху.

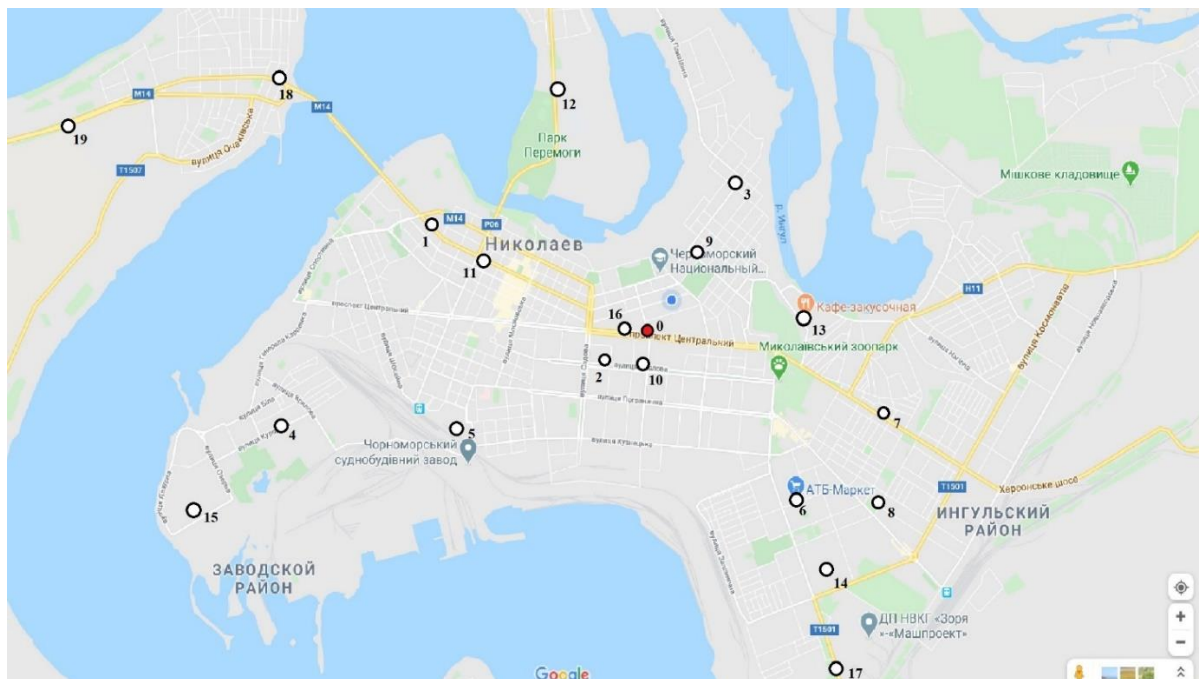


Рис. 4.2. Вершини графу

Розроблена програма дозволяє вводити адреса замовників та адресу складу. На рис. 4.2 позначені обрані вершини, червоним кольором позначено склад.

Програма розраховує найкоротший маршрут між кожною вершиною та приблизний час за який ця відстань буде пройдена. Таким чином формуються матриця відстаней та матриця часу і записуються у файли для подальшого використання.

На рис. 4.12 бачимо графік порівняння часу роботи трьох методів. Отже метод гілок та границь (червоний колір) дає найкращі результати, але потребує багато часу. Стає неефективним для графу, що має більше ніж 20 вершин.

Saving алгоритм (синій колір) працює дуже швидко при кількості вершин до 80, потім починається ріст часу знаходження кращого рішення. Хоча він не видає найкраще рішення, але якщо дуже важлива швидкість при кількості вершин до 80 він буде найкращим.

Алгоритм мурашиної колонії (жовтий колір) працює дуже швидко при великій кількості вершин, порівняно з двома іншими алгоритмами. Він стабільно дає добрий результат, але все ж таки дуже залежить від налаштування параметрів. Тому перед використанням його бажано протестувати та налаштувати під потрібну задачу.

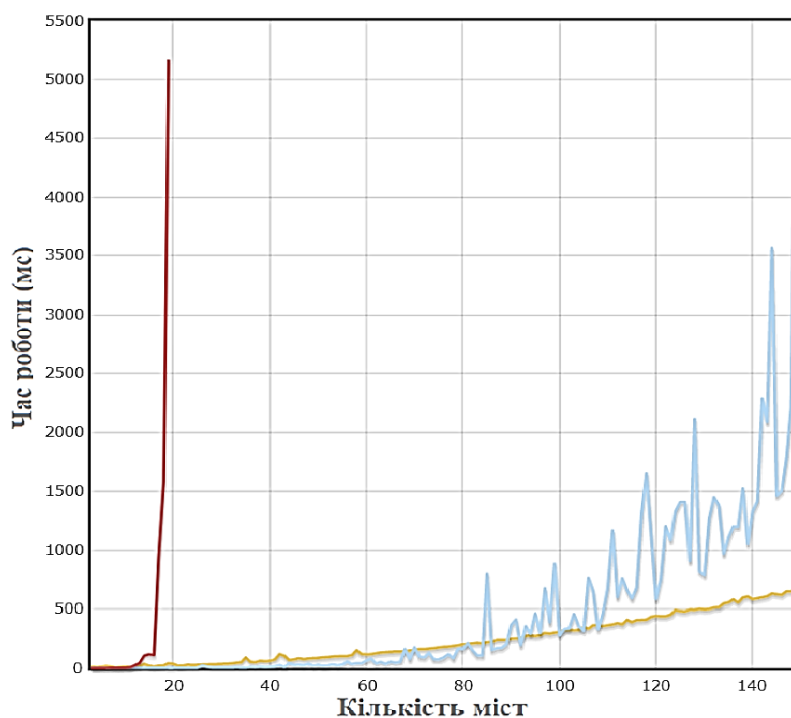


Рис. 4.12. Порівняння часу роботи методів

При порівнянні аналогічного продукту Heuristic Lab для знаходження найкоротшого шляху з розробленими нами алгоритмами отримуємо результати, що показано в табл. 4.11. Бачимо, що найкращий результат дав метод гілок і меж, але час виконання програми дуже високий. Мурашиний алгоритм знайшов рішення, що не дуже відрізняється від результату методу гілок і меж, але він набагато швидший, тому робимо висновок, що при такої кількості вершин набагато краще обирати мурашиний алгоритм, ніж метод гілок і меж.

Найшвидшим виявився Saving алгоритм, який дав непогані результати, але все ж таки гірші ніж у попередніх алгоритмів. А алгоритми з програми Heuristic Lab показали набагато гірші результати. На рис. 4.15 зображена діаграма на якій видно час виконання алгоритмів та знайдені рішення.

Таблиця 4.11. Порівняння результатів роботи алгоритмів при 20 вершинах

Алгоритм	Довжина шляху	Час виконання алгоритму	Найкоротший маршрут
Heuristic Lab 1	68.69	8462	0-5-3-13-7-8-10-16-9-11-12-2-6-14-17-4-15-1-18-19-0
Heuristic Lab 2	109.69	46	0-1-4-13-18-2-8-11-3-5-15-9-12-7-6-17-14-19-10-16-0
Branch And Bound	49.489	105773	0-2-5-4-15-18-19-1-11-12-3-9-13-7-8-14-17-6-10-16-0
Saving	54.59	13	0-4-15-19-18-1-11-12-5-6-14-17-8-7-13-9-3-10-16-2-0
AntColony	50.289	69	0-16-10-9-3-13-7-8-14-17-6-5-4-15-19-18-1-11-12-2-0

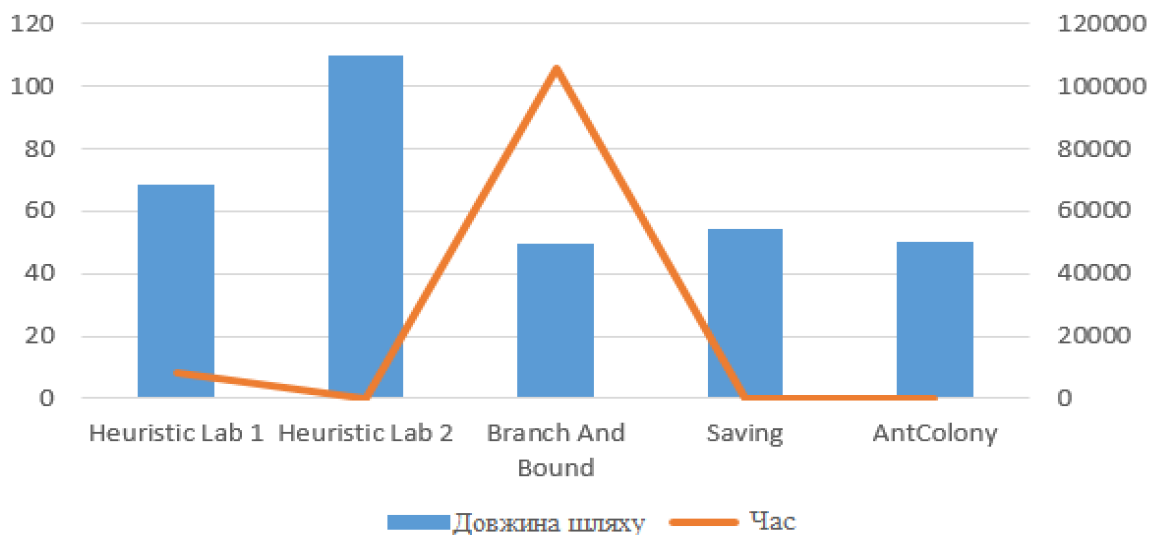


Рис. 4.15. Діаграма часу виконання алгоритмів та знайдених рішень

Таким чином запрограмовані алгоритми виявилися краще алгоритмів програми Heuristic Lab. Хоч ця програма і безкоштовна, але вона дає в більшості випадків маршрути далекі від оптимальних.

Серед обраних алгоритмів найбільш універсальним виявився мурашиний алгоритм. Хоча він не дає, зазвичай, найкраще рішення, порівняно з методом гілок і меж, але дає дуже близькі до найкращих рішення. І хоч при не дуже великій розмірності матриці відстаней Saving алгоритм працює швидше, алгоритм мурашиної колонії може за оптимальний час знайти дуже добрий маршрут при дуже великій матриці відстаней. Також цей алгоритм дозволяє налаштовувати свої параметри, що робить його більш універсальним.

У спеціальній частині магістерської наукової роботи з «Охорони праці та безпеки життєдіяльності». виконано розрахунок природного освітлення у виробничому приміщенні, розрахунок загального рівномірного освітлення люмінесцентними лампами у виробничому приміщенні у офісному центрі кредитної спілки «Експрес-кредит».

Представлені розрахунки свідчать, що площа вікон, влаштованих у виробничому приміщенні трохи менша за площу вікон, що необхідна для забезпечення нормованої природної освітленості у виробничому приміщенні, природне освітлення для заданого розряду зорової роботи не достатнє. Також було розроблено інструкцію для працівників у разі виникненні пожежі.

У методичній частині розроблено лабораторну роботу на тему «Обчислення відстаней між пунктами використовуючи маршрути за допомогою Google Directions API».

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:

- аналіз сучасного стану проблеми пошуку оптимального шляху;
- досліджено існуючі аналогічні системи для планування та оптимізації транспортних маршрутів;
- визначено існуючі методи та підходи до планування і оптимізації транспортних вантажоперевезень;
- досліджено особливості застосування різних алгоритмів для вирішення задач пошуку оптимального шляху;
- програмна реалізація поставленої задачі;
- аналіз отриманих результатів.

В роботі використані методи для розв'язку транспортної задачі, що відносяться до різних груп, а саме метод гілок і меж, класичний метод Кларка-Райта та метод мурашиної колонії для планування маршрутів, також метод гілок і меж використовується для оптимізації відповідних маршрутів за довжиною.

В результаті аналізу отримано, що запрограмовані алгоритми дають кращі результати, ніж алгоритми аналогічної програми Heuristic Lab.

Практичне значення результатів дослідження дозволило скоротити загальну довжину маршрутів та зменшити кількість використаних транспортних засобів.

Результати роботи можна буде використовувати з метою зменшення транспортних витрат при масового перевезення сировини або готової продукції як в великих фірмах, що мають мережу складів або філій, як і в середніх і дрібних підприємствах.

У майбутньому підсистему можна інтегрувати у додатки підприємств, які потребують зменшення транспортних витрат при перевезенні вантажів, у тому числі і у мобільні додатки.

У спеціальній частині магістерської наукової роботи виконано розрахунок природного освітлення у виробничому приміщенні, розрахунок загального рівномірного освітлення люмінесцентними лампами у виробничому приміщенні у офісному центрі кредитної спілки «Експрес-кредит».

Представлені розрахунки свідчать, що площа вікон, влаштованих у виробничому приміщенні трохи менша за площу вікон, що необхідна для забезпечення нормованої природної освітленості у виробничому приміщенні, природне освітлення для заданого розряду зорової роботи не достатнє.

Також було розроблено інструкцію для працівників у разі виникненні пожежі. У методичній частині розроблено лабораторну роботу на тему «Обчислення відстаней між пунктами використовуючи маршрути за допомогою Google Directions API»

АНОТАЦІЯ

Ткаченко Юлія Олегівна. Підсистема для планування і оптимізації транспортних маршрутів з використанням Google Maps. – На правах рукопису.

Магістерська наукова робота на здобуття освітньої кваліфікації «Магістр комп'ютерних наук» – Чорноморський національний університет імені Петра Могили, Миколаїв, 2020.

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

Метою роботи є дослідження методів та підходів до планування і оптимізації транспортних маршрутів для вирішення задачі з обмеженою вантажомісткістю із застосуванням в реальних умовах за допомогою Google Maps.

Об'єктом є процес генерації планування маршрутів транспортних засобів.

Предметом дослідження є методи та алгоритми маршрутизації та оптимізації транспортних засобів для задачі з обмеженою вантажомісткістю.

Загальна частина дипломної роботи включає в себе: вступ, чотири розділи, висновки та додатки до дипломної роботи.

В першому розділі було проведено аналіз предметної сфери, аналіз сучасного стану задачі планування та оптимізації транспортних маршрутів; загальна характеристика задач маршрутизації.

У другому розділі проведено класифікацію методів планування транспортних перевезень.

У третьому розділі детально розглянуто обрані методи розв'язання поставленої задачі, обрані оптимальні параметри налаштування алгоритмів.

У четвертому розділі наведено результати роботи розробленої системи для планування транспортних маршрутів та проведено аналіз результатів.

В спеціальній частині магістерської наукової роботи з «Охорони праці» розглянуто санітарні умови праці на робочих місцях у КС «Експрес-кредит» та розроблено інструктаж з техніки безпеки під час пожежі.

У методичній частині розроблено лабораторну роботу на тему «Обчислення відстаней між пунктами використовуючи маршрути за допомогою Google Directions API».

Робота складається з 139 сторінок, на яких розміщені 35 малюнків і 26 таблиць. При написанні роботи використовувалося 60 джерел.

Ключові слова: *планування маршрутів, транспорт, оптимізація, логістика, Google Maps, транспортна задача, задача комівояжера.*

ABSTRACT

Tkachenko Julia. Subsystem for planning and optimization of transport routes using Google Maps – 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, Mykolaiv, 2020.

This master's scientific work is devoted to the study of methods and approaches for planning and optimization of transport routes in problems with limited cargo capacity of vehicles.

The purpose of this work is to study methods and approaches to planning and optimizing transportation routes to solve the problem of limited cargo capacity with real-time application using Google Maps.

The object is the process of generating vehicle route planning.

The subject of the research is the methods and algorithms of routing and optimization of vehicles for the task with limited cargo capacity.

The general part of the thesis includes: introduction, four sections, conclusions and supplements to the thesis.

In the first section, an analysis of the subject area, analysis of the current state of the task of planning and optimization of transport routes were conducted; general description of routing tasks.

In the second section the classification of methods of planning transportation is carried out.

The third section describes in detail the chosen methods for solving the task, and the optimal parameters for the algorithm setup.

The fourth section presents the results of the developed system for planning routes and analyzes the results.

In the special part of the master's scientific work on "Labor protection" the workplace health conditions at the Express Credit CU were reviewed and fire safety training was developed.

In the methodical part we developed a laboratory work on "Calculating distances between points using routes using the Google Directions API".

The work consists of 139 pages, which contain 35 figures and 26 tables. 60 sources were used when writing this work.

Keywords: route planning, transportation, optimization, logistics, Google Maps, transport task, traveling salesman problem.