

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**Чорноморський національний університет імені Петра Могили**

**Факультет комп'ютерних наук**

**Кафедра інженерії програмного забезпечення**

**Коваленко Владислав Олегович**

**УДК 004.51**

**Програмний застосунок планування маршрутів на основі  
мурашиного алгоритму**

**Автореферат кваліфікаційної роботи на здобуття  
ступеня вищої освіти «Бакалавр»**

**Спеціальність 121 «Інженерія програмного  
забезпечення»**

**Освітня кваліфікація**

**«Бакалавр з інженерії програмного забезпечення»**

**Миколаїв – 2021**

Кваліфікаційною роботою є рукопис.

Робота виконана в Чорноморському національному університеті імені Петра Могили Міністерства освіти і науки України на кафедрі інженерії програмного забезпечення.

Керівник:

канд. техн. наук, доцент,  
доцент кафедри ІС  
Козлов Олексій Валерійович

Рецензент:

канд. техн. наук, доцент,  
доцент кафедри ІС  
Кондратенко Галина Володимирівна

Захист відбудеться 23 червня 2021 р. о 9 год. на засіданні екзаменаційної комісії (ауд. 2-309) у Чорноморському національному університеті імені Петра Могили за адресою: вул. 68 Десантників, 10, Миколаїв, 54003.

З кваліфікаційною роботою можна ознайомитися в бібліотеці Чорноморського національного університету імені Петра Могили за адресою: вул. 68 Десантників, 10, Миколаїв, 54003.

Автореферат представлений «18» червня 2021 р.

Секретар  
екзаменаційної  
комісії,  
викладач

І.О. Кандиба

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Успіх діяльності сучасних компаній та підприємств, що функціонують в різних галузях, суттєво залежить від точного налагодження основних процесів, від знаходження постачальників до доставки товару безпосередньо клієнтам. При цьому однією з найбільш важливих та витратних областей є логістика транспортних перевезень. До її складу входить багато транспортних операцій від доставки сировини та матеріалів на виробництво до розвезення готового товару кінцевим покупцям. Ефективно побудована система перевезень дозволяє значно скоротити витрати на утримання автопарку, а також мінімізувати ризики затримок і псування вантажу. Таким чином, необхідно постійно здійснювати оптимізацію систему транспортної логістики, з метою зменшення витрат без втрати якості перевезення.

На сьогодні, практично неможливо ефективно вести логістику підприємств, спираючись на ручні обчислення, інтуїтивні припущення та імпровізовані рішення. Так само, як бухгалтерський облік, успішна сучасна логістика неможлива без застосування інформаційних технологій. Тому, впровадження спеціальних програмних застосунків і систем керування транспортними потоками дозволяє в автоматичному режимі вирішувати багато логістичних проблем.

Однією з найбільш важливих логістичних задач, що повинні вирішувати спеціалізовані програмні застосунки, є задача знаходження оптимального (найкоротшого) маршруту вантажних перевезень – так звана задача комівояжера (TSP). Ефективність вирішення даної задачі суттєво залежить від реалізованого в програмному застосунку алгоритму комбінаторної оптимізації. Сучасні дослідження показують, що для вирішення задачі TSP та інших комбінаторних задач досить перспективними є метаевристичні методи та алгоритми, зокрема, алгоритм мурашиних колоній.

Таким чином, для підвищення ефективності вирішення логістичних задач доцільним є розробка та впровадження спеціалізованого програмного застосунку планування маршрутів на основі мурашиного алгоритму.

Метою кваліфікаційної роботи бакалавра є знаходження найкоротшого

шляху, між пунктами за допомогою розробленого застосунку, що базується на методі мурашиних колоній. Проблема яка пов'язана зі знаходженням оптимального або найкоротшого шляху є досить актуальною для діяльності будь-якого роду. Існує велика кількість алгоритмів, за допомогою яких можна вирішити цю проблему. У цій роботі досліджено процес автоматизованого пошуку оптимального шляху транспортних маршрутів на основі методу мурашиних колоній. Також, детально дослідженні структури, парадигми та програмні засоби для систем розрахунку параметрів оптимізації.

**Структура дипломної роботи.** Пояснювальна записка до дипломної роботи складається із вступу, 4 розділів, висновків. Загальний обсяг роботи складає 63 сторінки, 13 рисунків, 3 таблиці та 22 посилань на літературні джерела.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

У **вступі** обґрунтовано актуальність проведеної роботи, сформульовану мету.

У **першому розділі** проаналізовані сучасні існуючі системи планування маршрутів та програмні засоби для вирішення задач транспортної логістики. В ході проведеного аналізу наведених систем та програмних засобів вивчені їх основні характеристики, особливості застосування, переваги та недоліки. Розглянуто структурну схему типової програмної системи планування маршрутів та проведений порівняльний аналіз робочих алгоритмів для існуючих сервісів. Також було проведено аналіз існуючих програм та методів, які сприяють вирішенню задачі у сучасному світі. Були розглянуті та детально описані методи вирішення задачі Комівояжера та проаналізовано послідовність їх роботи. Розглянуто специфікацію вимог до програмного забезпечення яке було розроблено та протестовано.

Діаграму послідовності застосунку наведено на рисунку 1.

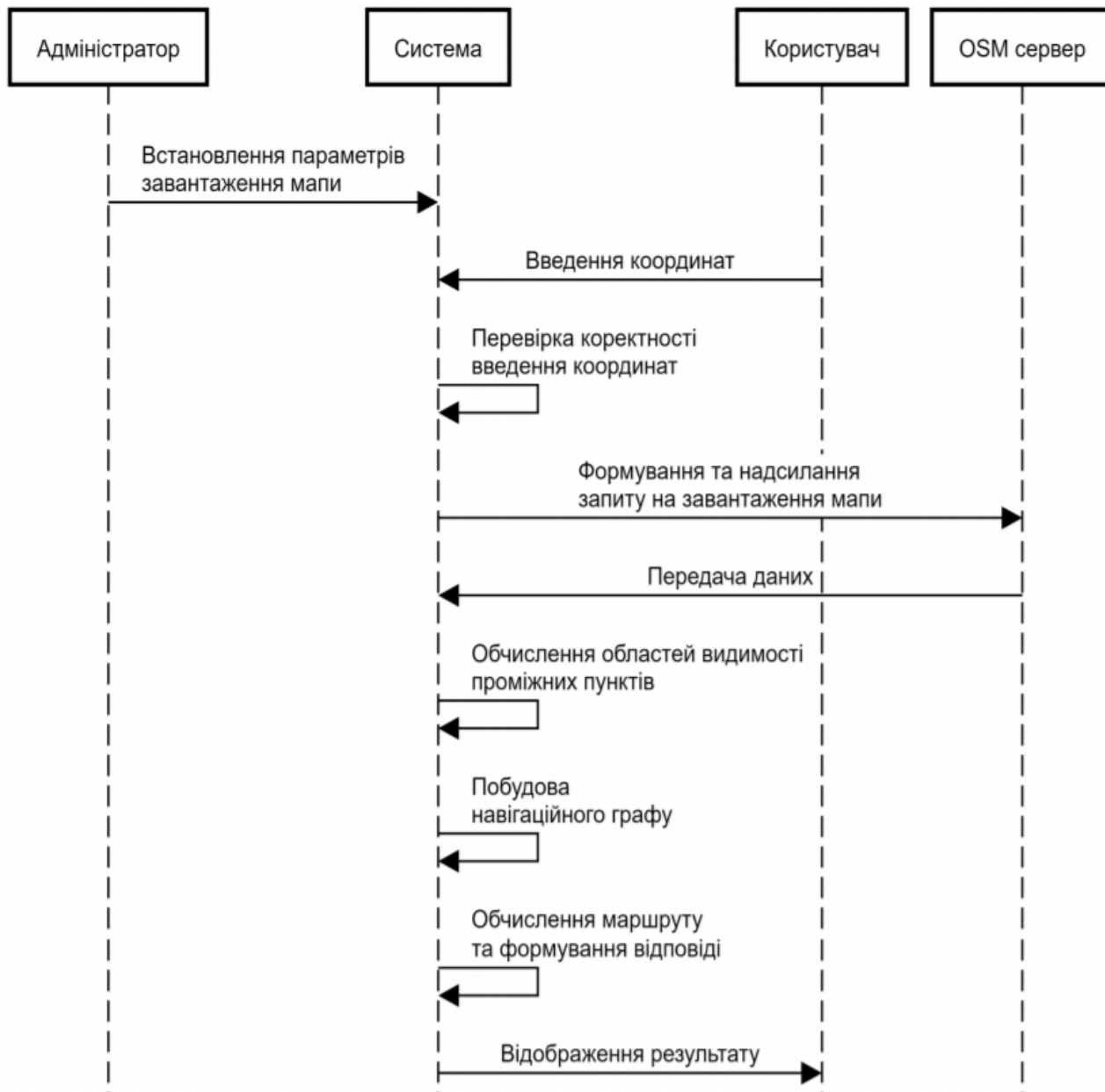


Рисунок 1 – Діаграма послідовності типової програмної системи планування маршрутів

Зроблений огляд впливу програмних застосунків на роботу логістичних компаній в сучасних умовах. З ростом попиту на навігаційні системи та планувальників маршрутів, збільшилась і кількість досліджень у цій галузі. Насамперед з'явилося чимало систем, що будують найкоротший шлях між двома точками. Більшість з них можна поділити на два основних типи: вбудовані та онлайн-планувальники. Незважаючи на простий та зрозумілий інтерфейс планувальника, технології побудови маршрутів є доволі складними. Пошук найкоротшого шляху з однієї точки карти в іншу може бути вирішено шляхом вирішення проблеми найкоротшого шляху між вузлами на графі,

оскільки картографічні дані можна представити у вигляді графу координат. На основі проведеного аналізу визначена основна мета роботи, що полягає в знаходженні оптимальних маршрутів в задачах транспортної логістики на основі мурашиного алгоритму.

У другому розділі досліджено сутність та евристики мурашиних алгоритмів. Вивчено специфіку мурашиного алгоритму, особливості моделювання та функціонування в реальному житті. Мурахи – соціальні комахи, які утворюють колективи. Ця система колективів може вирішити складні динамічні задачі з виконання спільної праці, яка не може виконуватись окремим елементом системи окремо в різних середовищах без управління зовні, контролю чи координації. Ройовий інтелект – так називають у таких випадках стратегії виживання (способи кооперативної поведінки).

Справжньою метою мурашиного алгоритму є побудова або імітація поведінки мурах, що пов'язано з їх адаптивною здатністю знаходити найкоротший шлях від свого дому (мурашника) до джерела їжі, здатністю пристосовуватися до можливих мінливих умов та швидко знайти один новий і коротший шлях. Коли мураха рухається, він утворює на своєму шляху феромон, що є інформацією, яку інші мурахи використовують для вибору правильного шляху. Це основне і посереднє правило поведінки, яке визначає пристосованість мурах до пошуку нового шляху, коли старий шлях недоступний. Якщо зв'язок позитивний, то це призведе до того, що більшість мурах оберуть єдиний маршрут, та він буде найкоротший. Пошук інших шляхів нам гарантує щодо зворотного зв'язку (негативного), буде отримано подальший пошук інших шляхів мурахами, доки не буде знайдене локальне оптимальне вирішення.

Підтвердження оптимальності поведінки мурашиної колонії доказ того, що гнізда (точніше, їх мережа) великих колоній є близькою до найменшої остової гілки графу їх мурашника.

Самоорганізація – основа поведінки мурашиних колоній, яка є забезпеченням досягнень загальної цілі, у основі якої лежить низькорівнева взаємодія. Централізованого управління у колонії не існує, та особливостями

стає обмін локальними даними тільки між окремими особами (прямий обмін – їжа, візуальні або хімічні контакти) та явність непрямого обміну, у якому використовується мурашиний алгоритм. В багатьох випадках розглядаються сліпі мурахи, які не здатні відчути відстань та напрям до їжі.

Основою такої "соціальної" поведінки мурах є організація кожної особи–численна кількість механізмів, які є динамічними, та забезпечують виконання системою спільної мети в результаті взаємних дій її елементів. Принцип цієї особливості у такій взаємодії є використання елементами системи (тільки) локальної інформації. Самоорганізація – це результат взаємодій наступних пунктів:

1. випадковість;
2. багаторазовість;
3. зворотний позитивний зв'язок;
4. зворотний негативний зв'язок;
5. цільова функція.

Коли мураха рухається (рисунок 2) з мурашника (точка - F) за їжею (точка - N) протягом усього шляху відкладається феромон (очевидно, що найкоротший шлях позначений зеленою стрілкою – (a). При цьому, чим більше щільність феромону, тим коротше шлях, відповідно, мураха залишить на довгому ділянці шляху менше феромону. Чим довший шлях, тим швидше феромон випарується.

На рисунку (2) показана схема руху мурашок – значить з часом (якщо по всіх ділянках рухається приблизно рівну кількість мурах) мурахи залишать найбільше феромону на самому короткій ділянці шляху.

Також у другому розділі було наведено структурні схеми функціональної моделі. Поставлені реальні приклади для того, щоб зрозуміти природу та логіку цього алгоритму. Вивчені основні формули мурашиного алгоритму, які застосовуються для розв'язку задачі. Розглянутий приклад вирішення задачі комівояжера. Проаналізовано основні переваги та недоліки мурашиних алгоритмів.

Структурну схему функціональної моделі наведено на рисунку 2.

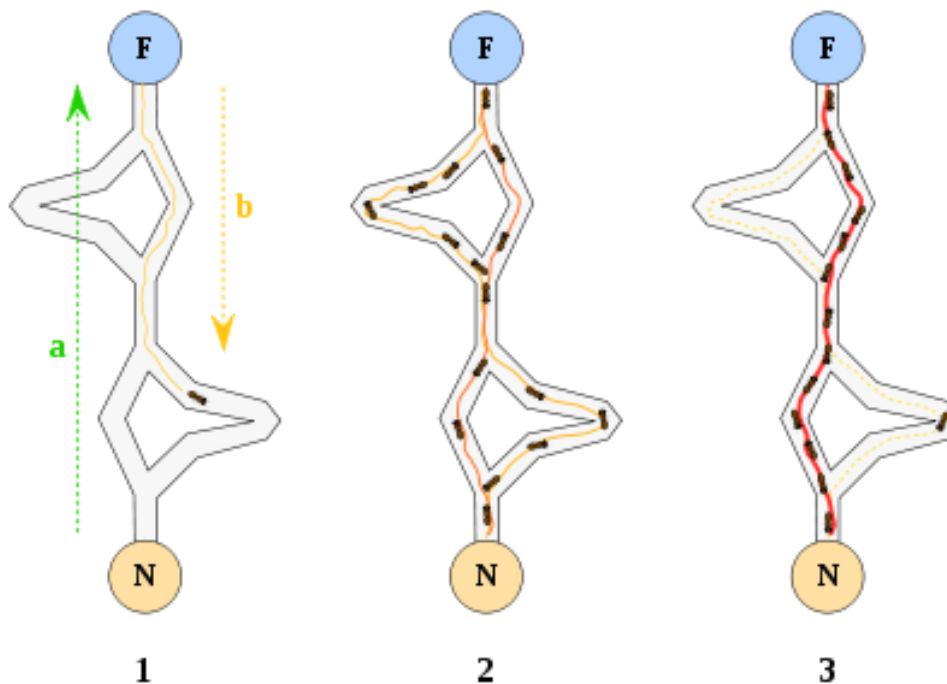


Рисунок 2 – Структурна схема функціональної моделі

У третьому розділі було детально описано розробку програмного застосунку для планування маршрутів. Розглянуто загальну кібернетичну модель структури програмного застосунку та опис її роботи з даними. Наведені та обґрунтовані програмні засоби та технології розробки програмного забезпечення з подальшим описом їх роботи та специфікації. Детально розглянуто процес програмної реалізації з подальшим описом задачі. Розроблено повне керівництво користувача для швидкого та зручного орієнтування у застосунку. Приведена характеристика інтерфейсу та роботи програми, що показано на макетах додатку. Також наведено моделювання процесів знаходження оптимального шляху за допомогою розробленої програми з приведенням кінцевих результатів роботи застосунку.

Усі функціональні схеми систем рішення розглянутих вище завдань можуть бути представлені у вигляді загальної кібернетичної моделі, показаної на рисунку 3.

З наведеного рисунку видно, що будь-яка система являє собою систему, в якій відомі вхідні (X) і вихідні (Y) величини.

В обох задачах вхідні значення (X) будуть представляти із себе масив значень, що означають наприклад кінцеві точки ліній зв'язку об'єктів.



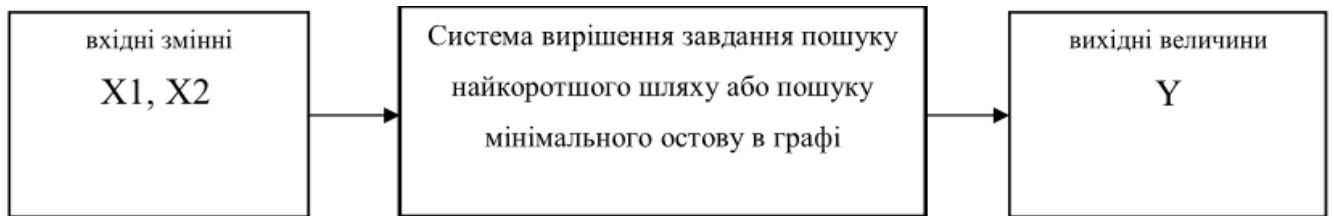


Рисунок 3 – Загальна кібернетична модель

**У розділі з охорони праці** розглянуто основу безпеки робочого місця. Визначено умови робочого місця та його безпеки. Проведено дослідження техніки безпеки. З'ясовано якими за правилами повинні бути санітарно-гігієнічні вимоги до комп'ютерного класу. Крім того, ми з'ясували правила безпеки під час роботи та при закінченні роботи на ПК, та як діяти в умовах аварійної ситуації. Також, було визначено як захистити користувачів ПК від уражень струмом. Отже, було створено робоче місце за всіма з'ясованими правилами, яке було забезпечено необхідними умовами для повноцінної та безпечної роботи.

Робоче місце для виконання дипломного проекту повністю обладнане. Технічні умови обладнання відповідають стандартам безпеки та охорони праці. Дослідження та вирішення проблем, а також дотримання стандартів, пов'язаних із забезпеченням здорових та безпечних умов праці - це одне з найважливіших завдань при розробці нових технологій та виробничих систем. Завдяки цим дослідженням ми отримали інформацію про робоче місце організації та безпеку перебування в приміщенні під час виконання певних завдань.

Безпека працівників та їх захист не тільки позиціонують керівників як відповідальних осіб, а й створюють репутацію самих робітників. Під час роботи над дипломною роботою порушення охорони праці не виявлено. Робоче місце повністю схоже на університетський комп'ютерний клас. Оскільки обладнання не має дефектів або проблем, можна зробити висновок, що технічні умови обладнання відповідають стандартам і технічним умовам.

### **ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ**

Було проаналізовано задачі пошуку оптимального шляху. Проаналізовані сучасні існуючі системи планування маршрутів та програмні засоби для вирішення задач транспортної логістики. В ході проведеного аналізу наведених

систем та програмних засобів вивчені їх основні характеристики, особливості застосування, переваги та недоліки. Розглянуто структурну схему типової програмної системи планування маршрутів та проведений порівняльний аналіз робочих алгоритмів для існуючих сервісів.

Вивчено особливості мурашиного алгоритму. Наведені структурні схеми функціональної моделі. Поставлені реальні приклади для того, щоб зрозуміти природу та логіку цього алгоритму. Вивчені основні формули мурашиного алгоритму, які застосовуються для розв'язку задачі. Розглянутий приклад вирішення задачі комівояжера. Проаналізовано основні переваги та недоліки мурашиних алгоритмів.

Обрано та розроблено структуру програмного застосунку, а також змодельовано знаходження оптимального шляху. Розглянуто загальну кібернетичну модель структури програмного застосунку та опис її роботи з даними. Наведені та обгрунтовані програмні засоби та технології розробки програмного забезпечення з подальшим описом їх роботи та специфікації. Детально розглянуто процес програмної реалізації з подальшим описом задачі. Розроблено повне керівництво користувача для швидкого та зручного орієнтування у застосунку. Приведена характеристика інтерфейсу та роботи програми, що показано на макетах додатку.

## АНОТАЦІЯ

### До бакалаврської дипломної роботи

на тему «Програмний застосунок планування маршрутів на основі мурашиного алгоритму»

Студент: Коваленко Владислав Олегович

Керівник КРБ: канд. техн. наук, доцент каф. ІС Козлов Олексій Валерійович

**Метою** кваліфікаційної роботи бакалавра є знаходження найкоротшого шляху, між пунктами за допомогою розробленого застосунку, що базується на методі мурашиних колоній.

**Об'єкт роботи** – процеси автоматизованого пошуку оптимального шляху транспортних маршрутів.

**Предмет** – структури, моделі та програмні засоби систем оптимізації транспортних маршрутів.

У першому розділі було проведено та порівняно існуючі сервіси та програми. Розглянуто їх особливості та характеристики, їх недоліки, переваги. Зроблено огляд та вивчено їх вплив на роботу компаній, які орієнтуються на транспортній логістиці.

У другому розділі досліджено сутність та евристики мурашиних алгоритмів. Вивчено специфіку методу мурашиних колоній, особливості моделювання та функціонування в реальному житті. Наведені структурні схеми та функціональну модель. Розглянутий та проаналізований зразок вирішення задачі комівояжера. Проаналізовано основні переваги та недоліки мурашиних алгоритмів.

У третьому було детально описано розробку програмного застосунку для планування маршрутів. Розглянуто загальну структури програмного застосунку та опис її роботи з даними. Наведені програмні засоби та технології розробки програмного забезпечення з подальшим описом їх роботи та специфікації.

У четвертому розділі були розглянуті питання охорони праці.

Кількість сторінок КРБ – \_\_. Таблиць – \_\_. Рисуноків – \_\_. Джерел – \_\_.

*Ключові слова: транспортна логістика, оптимізація маршрутів, метод мурашиної колонії, граф, програмний застосунок.*

## ABSTRACT

## To the bachelor`s diploma

On the topic “Software application for route planning based on ant algorithm”.

Student: Vladislav Kovalenko

Supervisor: PhD, Associate Professor of IIS Department Oleksiy Kozlov

**The main task** the bachelor's qualification work is to find the shortest route between points by means of a developed design based on the principle of the ant-column method.

**The object** - processes for the automated search for the optimal path for transport routes.

**Subject** - structures, models and software of transport route optimization systems.

In the first section, a comparison of existing services and programs was made. Their features and characteristics, disadvantages and advantages have been reviewed. Their impact on the work of companies that focus on transport logistics has been reviewed and studied.

In the second section, the essence and heuristics of ant algorithms are investigated. The specifics of ant algorithms, the specifics of modelling and functioning in real life are studied. Structural diagrams of the functional model are given. Delivered real life examples to understand the nature and logic of this algorithm. An example of solving a travelling salesman's problem is considered.

In the third, the development of a software application for route planning has been described in detail. The general cybernetic model of software application structure and description of its data handling have been considered. Software tools and technologies for software development were presented and justified, followed by a description of their operation and specification.

The fourth section dealt with occupational health and safety issues.

Number of BQW pages – \_\_. Tables – \_\_. Figures – \_\_. Sources – \_\_.

*Key words: transport logistics, route optimization, ant colony method, graph, software application.*