

УДК 519.161

**А. В. Панішев**, д-р техн. наук,  
**А. В. Морозов**, канд. техн. наук,  
**К. В. Квітка, Є. О. Гришкун**

### МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ОБЩЕЙ ЗАДАЧИ КОММИВОЯЖЕРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ WCF-СЕРВИСА И GOOGLE MAPS

*Аннотация.* В данной работе описывается алгоритм поиска оптимального, замкнутого маршрута для решения общей задачи коммивояжера. Приводится мобильное приложение, результат работы которого отображен на реальной карте мира.

*Ключевые слова:* общая задача коммивояжера, оптимальный поиск маршрута, мобильное приложение

**A. Panishev**, ScD.,  
**A. Morozov**, Ph.D.,  
**K. Kvitka, E. Gryshkun**

### MOBILE APPLICATION FOR SOLVING THE TRAVELING SALESMAN PROBLEM GENERAL WITH WCF-SERVICE & GOOGLE MAPS

*Abstract.* This paper describes an algorithm for finding the optimal, closed route for solving the general traveling salesman problem. We present a mobile application, the result of which is displayed on a real world map.

*Keywords:* general traveling salesman problem, the optimal route search, mobile application

**А. В. Панишев**, д-р техн. наук,  
**А. В. Морозов**, канд. техн. наук,  
**К. В. Квитка, Е. А. Гришкун**

### МОБІЛЬНИЙ ЗАСТОСУНОК ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАГАЛЬНОЇ ЗАДАЧІ КОМІВОЯЖЕРА З ВИКОРИСТАННЯМ WCF-СЕРВІСУ ТА GOOGLE MAPS

*Анотація.* У даній роботі описується алгоритм пошуку оптимального, замкнутого маршруту для вирішення загальної задачі комівояжера. Наводиться мобільний застосунок, результат роботи якого відображений на реальній мапі світу.

*Ключові слова:* загальна задача комівояжера, оптимальний пошук маршруту, мобільний застосунок

#### Вступ

Загальна задача комівояжера (ЗЗК) [1 – 3] полягає в знаходженні найкоротшого замкнутого маршруту, який проходить через зазначені міста хоча б один раз. Розробка методу рішення для ЗЗК реальної розмірності, є практично важливим завданням. Враховуючи те, що ЗЗК NP-повна, її точні методи вимагають значних обчислювальних ресурсів. Тому альтернативою точним методам є ефективні алгоритми, які за поліноміальний час забезпечують результат з гарантованою похибкою.

Для вирішення ЗЗК розроблено мобільний застосунок – програмний продукт, який включає в себе метод побудови найкоротших замкнутих маршрутів у транспортній мережі за умови, що пункти маршруту можна відвідувати більше одного разу. Програмний продукт дозволяє ефективно вирішити і відобразити результат своєї роботи на реальній мапі світу, використовуючи мобільний пристрій.

© Панішев А.В., Морозов А.В.,  
Квітка К.В., Гришкун Є.О., 2015

На сьогоднішній день авторам не відомі аналоги розробленого мобільного додатку. Тільки окремо взяті модулі за своїм призначенням схожі з існуючими системами: Google Maps, Яндекс Карти або іншими аналогічними їм геоінформаційними системами.

Google Maps [4] є однією з кращих комп'ютерних технологій для картографування, тому що у наданій мапі світу інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, високий рівень деталізації, а знаходження оптимального маршруту між двома точками здійснюється за мінімальний час. Проте існує цілий ряд обмежень:

– інформація відправляється через URL, тому неможливо передавати більш 2048 символів;

– при використанні служби маршрутів накладається обмеження, яке становить 2500 запитів маршрутів в день;

– відображення маршруту, де потрібно відвідати більше двох точок - незручно і заплутано;

– функціоналу, для вирішення ЗЗК, не знайдено.

Яндекс [5] сервіс надає мапи великих міст Росії, України, Білорусії, Казахстану та інших країн СНД, нехтуючи детальним відображенням інших країн і значно поступаючись Google Maps. Крім того, використовуючи даний сервіс, неможливо вирішувати завдання прокладки маршруту (класична задача комівояжера, ЗЗК).

Тому в усіх геоінформаційних системах існують певні обмеження або неточності, вони не мають можливостей для розв'язання ЗЗК, а лише надають користувачу реальну мапу світу.

Один з підходів до вирішення ЗЗК полягає в послідовному виконанні двох відомих алгоритмів комбінаторної оптимізації:

– спочатку ЗЗК зводиться до метричної симетричної задачі комівояжера (МЗК) поліноміальним перетворенням вихідного зваженого графа в повний метричний граф;

– після цього знаходиться розв'язок МЗК, який дозволяє визначити необхідний, шуканий маршрут.

Запропонований підхід забезпечує побудову як точного, так і наближеного рішення ЗЗК в залежності від того, як вирішується МЗК: точно або наближено. Для МЗК відомо ряд ефективних алгоритмів з оцінкою точності, асимптотично прагнучих до константи із зростанням розміру вхідних даних. Включення ефективної процедури розв'язання МЗК з гарантованою похибкою в метод вирішення ЗЗК дозволяє оцінити його точність, яка досягається за поліноміальний час.

Авторами досягнута ціль: розробити програмний продукт, який включає в себе ефективний алгоритм вирішення ЗЗК, простий та зрозумілий інтерфейс, зручне відображення результатів та потребує мінімальну кількість ресурсів для своєї роботи.

#### Алгоритм

S0.  $H = (V, U)$  – зв'язний зважений граф з множиною вершин  $V$ ,  $|V| = n$ , і множиною ребер  $U$ ,  $[d_{ij}]_n$  – матриця ваг ребер графа  $H$ , де  $d_{ij} \in R_0^+$  якщо  $\{i, j\} \in U$  та  $d_{ij} = \infty$  інакше,  $i, j = \overline{1, n}$ ,  $R_0^+$  – множина дійсних невід'ємних чисел.

S1. Алгоритмом Флойда-Уоршелла побудувати матрицю  $[\alpha_{ij}]_n$  найкоротших ланцюгів між усіма парами вершин графа  $H$  і матрицю  $[D(\alpha_{ij})]_n$  в якій елемент  $(i, j)$ , рівний вазі  $D(\alpha_{ij})$  ланцюга  $\alpha_{ij}$  матриць  $[\alpha_{ij}]_n$  та  $[D(\alpha_{ij})]_n$  визначають повний зважений граф  $H_\alpha = (V, E_\alpha)$ , де кожне ребро  $\{i, j\}$  замінює ланцюг  $\alpha_{ij}$  в графі  $H$ .

S2. У графі  $H_\alpha$  знайти обхід мінімальної вартості будь-яким відомим методом вирішення МЗК.

S3. Побудувати оптимальне рішення ЗЗК в результаті заміни кожного ребра  $\{i, j\} \in U$  на ланцюг  $\alpha_{ij}$  графа  $H$ .

На кроці S2 застосовані алгоритми, побудовані за схемою класичного методу розв'язання ЗК (метод Літгла). Загальна схема роботи алгоритму відображена на рис 1.

#### Схема роботи

Розроблений мобільний застосунок включає в себе реалізацію методу побудови замкнених маршрутів для вирішення ЗЗК, а також містить:

- серверну і клієнтську частину;
- об'єкт, на якому розраховуються маршрути – реальна мапа світу, з існуючими та відображеними на ній шляхами;
- інтуїтивно зрозумілий інтерфейс і зручне відображення результуючого маршруту, із зазначенням загальної довжини оптимального шляху;
- мінімальні витрати ресурсів при роботі програми.

Основні етапи роботи розробленого програмного продукту, відображені на рис. 2.

1. За допомогою Google Maps API завантажуються і відображається мапа світу Google з розрахунком поточного регіону.

2. Користувач вказує:

- своє місце розташування (пункт початку і кінця маршруту);
- пункти, які йому потрібно відвідати, додаючи на мапу маркер;
- і натискає кнопку «Розрахувати».

3. Відбувається циклічне відправлення визначених координат всіх пунктів на сервер Google Maps API (через HTTP-запит). В ре-

зультаті отримуємо матрицю відстаней, яка є вхідним параметром алгоритму рішення ЗЗК.

4. Далі відправляється запит до WCF-серверу [6], де розраховується оптимальний маршрут за заданим алгоритмом і результат повертається користувачу.

5. На мапі відображається найкоротший маршрут і його загальна довжина рис. 3.

Відстань розраховується за допомогою сервісу Google Maps API, з урахуванням доріг з одностороннім рухом, дорогами з неякісним покриттям, а також перевантажених доріг і заторів.

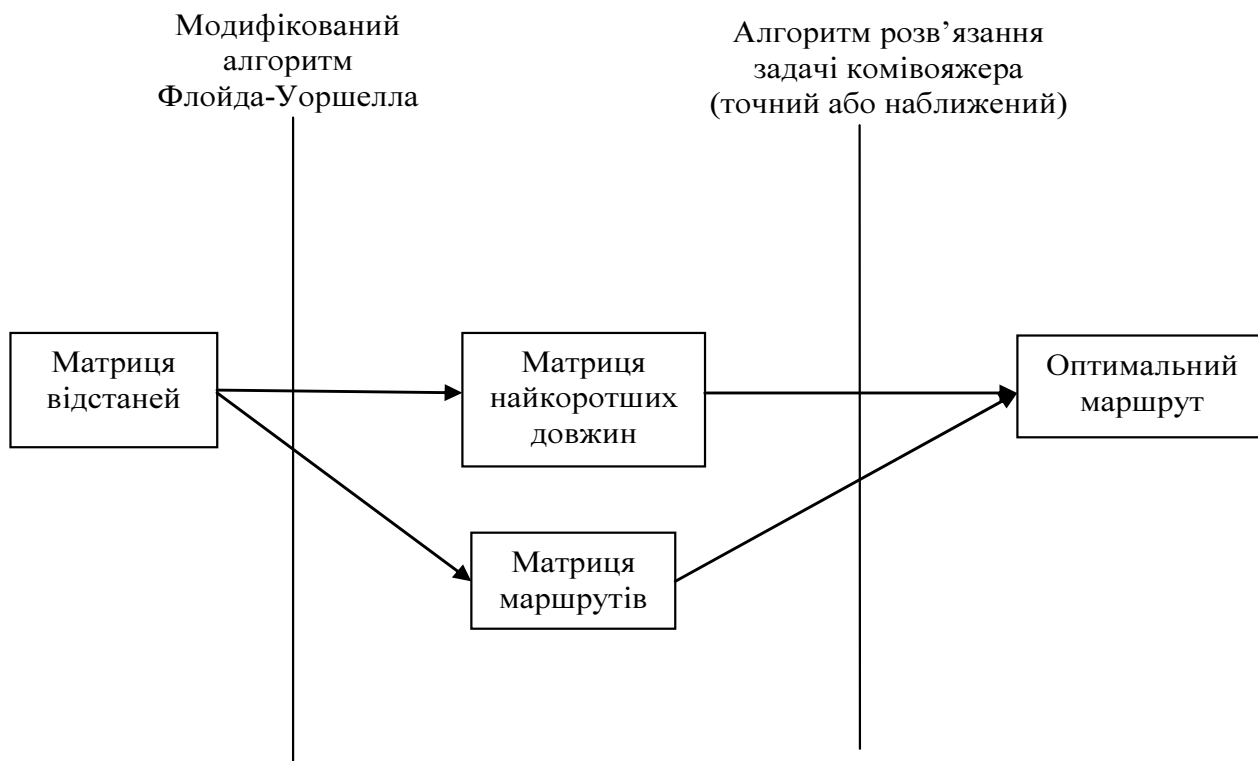


Рис. 1. Схема роботи алгоритму

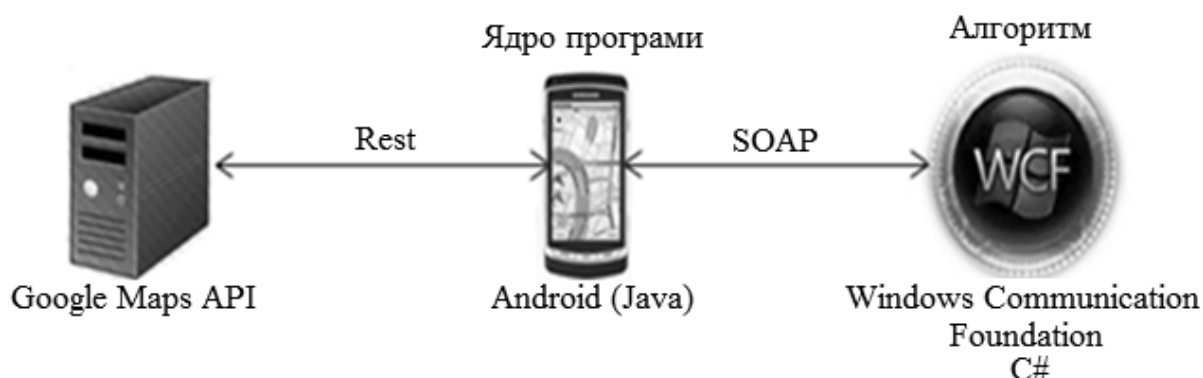


Рис. 2. Основна схема роботи системи



Рис. 3. Відображення роботи мобільного застосунку

### Висновки

Створений мобільний застосунок дозволяє розрахувати маршрут на реальній мапі світу, використовуючи мобільний пристрій, та дозволяє зменшити часові витрати і знизити витрату палива при виконанні транспортних перевезень. Алгоритм, реалізований програмно, може бути застосований до розв'язання широкого кола прикладних задач, які зводяться до задач типу ЗЗК.

### Список використаної літератури

1. Панишев А. В. Модели и методы оптимизации в проблеме коммивояжера / А. В. Панишев, Д. Д. Плечистый. – Житомир : ЖГТУ, 2006. – 300 с.
2. Панишев А. В. Модели и методы оптимизации замкнутых маршрутов на транспортной сети / А. В. Панишев, А. В. Морозов. – Житомир : ЖГТУ, 2014. – 316 с.
3. Levitin Anany, (2011), Introduction to the Design & Analysis of Algorithms, 3rd ed., 565 p
4. Документация по Google Картам для разработчиков – Google Developers [Електронний ресурс] — Режим доступу : <https://developers.google.com/maps/documentation/?hl=ru> (дата звернення 02. 11.2014).

5. Технологии Яндекса – API Карт – Локализация карты [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://tech.yandex.ru/maps/doc/intro/concepts/localization-docpage/> – (Дата доступа 02.11.2014).

6. What Is Windows Communication Foundation [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms731082%28v=vs.110%29.aspx> (дата доступа 02.11.2014).

Отримано 25.03.2015

### References

1. Panishev A.V, and Plechisty D.D. Modeli i metody op-timizatsii v probleme kommivoyazhera [Models and Methods of Optimization in the Traveling Salesman Problem], (2006), Zhytomyr, Ukraine, *ZhGTU*, 300 p.
2. Panishev A.V., and Morozov A.V. Modeli i metody optimizatsii zamknytykh marshrutov na trans-portnoi seti [Models and Methods of Optimization of Closed Knouts on the Transport Network], (2014), Zhytomyr, Ukraine, *ZhGTU*, 316 p.
3. Levitin Anany, (2011), Introduction to the Design & Analysis of Algorithms, 3rd ed., 565 p

4. Dokumentatsiya po Google Kartam dlya razrabotchikov – Google Developers [Google Maps Documentation for Developers – Google Developers], (2014), available at: <https://developers.google.com/maps/documentatation/?hl=ru> (accessed 02. 11.2014).

5. Tekhnologii Yandeksa – API Kart – Lokalizatsiya karty [Technology Yandex – API map – Localization Map], (2014), available at: <https://tech.yandex.ru/maps/doc/intro/concepts/localization-docpage/> (accessed 02.11.2014).

6. What Is Windows Communication Foundation, [Electronic Source] available at: <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms731082%28v=vs.110%29.aspx> (accessed 11.02.2014).



Панішев  
Анатолій Васильович,  
д-р техн. наук, проф.  
Житомирського державно-  
го технологічного ун-ту.  
E-mail: [irinagaras@mail.ru](mailto:irinagaras@mail.ru)



Морозов  
Андрій Васильович,  
канд. техн. наук, доцент  
каф. комп'ютерної інже-  
нерії Житомирського дер-  
жавного технологічного  
ун-ту.  
E-mail:  
[morozov.andriy@gmail.com](mailto:morozov.andriy@gmail.com)



Квітка  
Катерина Валеріївна,  
аспірант каф. програмного  
забезпечення систем Жи-  
томирського державного  
технологічного ун-ту.  
E-mail:  
[kvito4ka1@gmail.com](mailto:kvito4ka1@gmail.com)



Гришкун  
Євген Олександрович,  
аспірант каф. програмного  
забезпечення систем Жи-  
томирського державного  
технологічного ун-ту.  
E-mail:  
[evgenii2081991@gmail.com](mailto:evgenii2081991@gmail.com)