

ОПТИМІЗАЦІЯ МАРШРУТІВ МЕДИЧНОГО ТРАНСПОРТУ В СИСТЕМІ GPS-НАВІГАЦІЇ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянута математична модель задачі пошуку оптимального маршруту машин екстреної медичної допомоги. Запропоновано динамічний граф, який в різні моменти часу має змінну кількість вершин та ребер. Проведено аналіз відомих алгоритмів пошуку мінімального шляху для такого графу.

Ключові слова: екстрена медична допомога, GPS навігація, граф, пошук шляху

Abstract

A mathematical model of the problem of searching the optimal route of emergency medical care units is considered. A dynamic graph is proposed, which has a variable number of vertices and edges at different times. Analysis of known algorithms of the shortest path problem for such graph are carried out.

Keywords: emergency medical care, GPS navigation, graph, path search

Вступ

Чотири роки тому набув чинності Закон України “Про екстрену медичну допомогу”, який впроваджує у державі основні принципи й стандарти надання екстреної медичної допомоги (ЕМД) розвинутих країн світу [1]. Одним із ключових нововведень нового закону є нові нормативи приїзду карети “екстреної допомоги” до пацієнта: 10 хвилин в межах міста та 20 хвилин в сільській місцевості. Витримати такі жорсткі вимоги можна лише при оснащенні медичної бригади GPS-системами і наявності постійного зв’язку з оперативно-диспетчерською службою [2].

Для ефективної взаємодії всіх складових такої системи необхідно вирішити ще багато проблем, зокрема, швидке визначення тієї машини ЕМД, яка найближче знаходиться до пацієнта. Знайти оптимальний розв’язок такої задачі в короткі терміни можна лише в автоматизованому режимі.

Математична модель задачі пошуку оптимального маршруту машин ЕМД

Формально зазначену задачу можна представити таким чином.

Задано n об’єктів 1-го типу (об’єктів транспортної інфраструктури, де знаходяться пацієнти, що потребують медичної допомоги) та m об’єктів 2-го типу (машин ЕМД з бригадами лікарів), причому об’єкти одного типу знаходяться на певній відстані один від одного. Необхідно знайти такий об’єкт 2-го типу, який за мінімальний проміжок часу може досягнути заданого об’єкта 1-го типу.

Оскільки час руху в більшості випадків пропорційний пройденому шляху, тому метою поставленої задачі може бути пошук мінімального шляху між заданими об’єктами різних типів. Найбільш придатним математичним апаратом для опису та розв’язання такої задачі може бути теорія графів [3,4].

Сформулюємо тепер задачу пошуку оптимального маршруту мовою теорії графів.

Є початковий зважений граф $G(V, E)$ з множиною вершин V та множиною зважених ребер E .

Множина V складається з підмножини $V^{(1)} = \{v_1^{(1)}, v_2^{(1)}, \dots, v_n^{(1)}\}$ (відповідає сільським населеним пунктам, перехрестям доріг та перехрестям вулиць у містах) та з підмножини $V^{(2)} = \{v_1^{(2)}, v_2^{(2)}, \dots, v_m^{(2)}\}$ (відповідає вільним машинам ЕМД), причому $V = V^{(1)} \cup V^{(2)}$. Вагою p_i

ребра e_i із множини ребер $E = \{e_1, e_2, \dots, e_k\}$ є додатне ціле число, яке пропорційне довжині ребра e_i (тобто відстані між вершинами) та типу ребра (наприклад, типу дорожнього покриття). Вершині $v_i^{(2)}$ із $V^{(2)}$ поставлено у відповідність вагу q_i (додатне число), яка характеризує поточний стан ресурсу цієї вершини (в першу чергу запас пального відповідної машини ЕМД).

Головною відмінністю між вершинами із підмножин $V^{(1)}$ та $V^{(2)}$ є те, що кількість та розташування вершин із $V^{(1)}$ залишається незмінним, а кількість та розташування вершин із $V^{(2)}$ постійно змінюється, тому граф G є динамічним і може знаходитись в різних станах. В початковому стані кожна вершина із $V^{(2)}$ суміщена з однією з вершин із $V^{(1)}$ (всі машини ЕМД знаходяться на станціях ЕМД). З позицій математики, кількість вершин графа $G(V, E)$ в початковому стані визначається загальною кількістю вершин із підмножин $V^{(1)}$ та $V^{(2)}$.

В наступних станах деякі вершини із $V^{(2)}$ будуть переміщатись вздовж відповідних ребер, тобто загальна кількість вершин графа $G(V, E)$ буде змінюватись. Якщо бригада лікарів направляється на виклик пацієнта, тоді відповідна вершина із підмножин $V^{(2)}$ буде вилучена з графу, а після повернення з виклику – відповідна вершина повертається до графу (на екранах дисплеїв операторів оперативно-диспетчерської служби такі два типи машин ЕМД навіть позначаються різними кольорами).

Якщо вершина $v_i^{(2)}$ буде знаходитись на ребрі $e_{j,h}$ між парою вершин $v_j^{(1)}$ та $v_h^{(1)}$, тоді ребро $e_{j,h}$ розбивається на два ребра: $e_{j,i}$ та $e_{i,h}$. Відповідно нові ребра матимуть ваги, які в сумі відповідатимуть вазі початкового ребра $e_{j,h}$.

Таким чином, в кожному стані граф $G(V, E)$ матиме різну кількість вершин та ребер.

Алгоритм пошуку оптимального маршруту машин ЕМД

В момент часу t , коли надходить черговий телефонний виклик від пацієнта про медичну допомогу, граф $G(V, E)$ буде знаходитись в деякому стані $S(t)$. Вершина із підмножини із $V^{(1)}$, яка відповідає місцю розташування пацієнта, оголошується цільовою вершиною $v_A^{(1)}$.

Далі розпочинається алгоритм пошуку мінімального шляху від вершин із підмножини $V^{(2)}$ до цільової вершиною $v_A^{(1)}$. Всі наявні в момент часу t вершини із підмножин $V^{(1)}$ та $V^{(2)}$ стають однотипними і фіксованими для того, щоб можна було застосувати до такого статичного графу стандартні алгоритми пошуку мінімального шляху.

Найбільш відомим алгоритмом пошуку мінімального шляху в графі є алгоритм Дейкстри [5]. Цей алгоритм належить до класу “жадібних” алгоритмів, тобто він знаходить на кожному кроці лише локальний оптимум між парами вершин.

Для знаходження глобального оптимуму необхідно зробити майже повний перебір можливих варіантів, що не завжди можливо в умовах дефіциту часу (на вибір рішення виділяється одна хвилина).

Особливістю нашої задачі є обмеження на ресурси, тобто знайдений мінімальний шлях від однієї з вершин із підмножини $V^{(2)}$ до цільової вершиною $v_A^{(1)}$ не завжди може бути реалізований (у відповідній машини ЕМД не вистачить пального). Тому доцільним є одночасний пошук мінімальних шляхів від усіх вершин із підмножини $V^{(2)}$ до цільової вершиною $v_A^{(1)}$ і вибір остаточного варіанту з врахуванням наявних ресурсів.

Очевидно, що швидко отримати оптимальний результат можна буде в тому випадку, якщо оптимальним буде початкове розташування в графі $G(V, E)$ вершин із підмножини $V^{(2)}$. На практиці це означатиме таке розташування станцій ЕМД, коли навіть віддаленіший населений пункт буде знаходитись в межах досяжності згідно наявних часових критеріїв. Мовою теорії графів такі задачі називаються мінімаксними задачами розташування. Отримані при розв’язанні цих задач станції ЕМД будуть центрами графу $G(V, E)$.

Висновки

В рамках реформування медичного обслуговування в Україні важливу роль матиме перехід до світових стандартів надання населенню екстреної медичної допомоги. По суті це означатиме широке впровадження інформатизації в одній з важливих галузей сучасної медицини. Розв'язати таку проблему можна лише спільними зусиллями фахівців всього світу. Свій вагомий внесок можуть внести і програмісти України. Саме на це направлені методи автоматизації прийняття рішень по оптимальному вибору маршрутів машин екстреної медичної допомоги, які запропоновані в даній роботі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України “Про екстрену медичну допомогу” № 5081-VI від 05.07.2012 року // Відомості Верховної Ради України. – 2013. – № 30.
2. http://gazeta.dt.ua/HEALTH/prudka-medichna-dopomoga-_.html
3. Кристофидес Н. Теория графов. Алгоритмический подход / Н. Кристофидес; пер. с англ. – М.: Мир, 1978. – 432 с.
4. Оре О. Теория графов / О. Оре; изд. 2-е; пер. с англ. – М.: Наука, 1980. – 336 с.
5. Скиена С. Алгоритмы. Руководство по разработке / С. Скиена; изд. 2-е; пер. с англ. – СПб: БХВ-Петербург, 2014. – 720 с.

Василь Петрович Семеренко – канд. техн. наук, доцент, кафедра обчислювальної техніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: vasilsemerenko@gmail.com

Кошолан Микола Олександрович – студент групи 2КІ-136, факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, email: mykola.kosholap@gmail.com.

Vasyl P. Semerenko – PhD, Associate Professor, Department of computer technique, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: vasilsemerenko@gmail.com.

Mykola O. Kosholap – student, Department of computer technique, Vinnytsia National Technical University Vinnytsia, email: mykola.kosholap@gmail.com.