

УДК 004.42

## ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ПОШУКУ ГЕОГРАФІЧНОГО ПОЛОЖЕННЯ ОБ'ЄКТІВ ДЛЯ ЗНАХОДЖЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ШЛЯХУ МІЖ НИМИ

Маяков С.В.

Національний технічний університет України «Київський Політехнічний Інститут»,  
кафедра автоматизованих систем обробки інформації та управління

E-mail: [kpimayakov@gmail.com](mailto:kpimayakov@gmail.com)

### Анотація

*Маяков С.В. Застосування методів пошуку географічного положення об'єктів для знаходження оптимального шляху між ними. Розглянуто методи визначення географічного положення об'єктів, проведений аналіз їх переваг та недоліків. Розв'язано задачу пошуку оптимального шляху між об'єктами за критерієм часу на основі розглянутих алгоритмів.*

### Загальна постановка проблеми

Визначення координат об'єктів, тобто їх географічного положення, є важливою задачею. Такі задачі актуальні в навігації для розрахунку орбіт космічних апаратів, що їх запускають в космос, під час проведення проектних та будівельних робіт, розробки планів і карт місцевості, стеження за мобільними об'єктами, прокладання маршрутів тощо. Розглянемо задачу визначення координат об'єктів та відстані між ними на прикладі задачі пошуку міст харчування із заданими користувачем вимогами щодо меню.

### Аналіз досліджень та існуючих рішень

Існує декілька методів знаходження положення об'єктів, для кожного з яких характерний свій алгоритм, що має певні переваги та недоліки. Автором розглянуто методи триангуляції, GPS та подано практичне застосування алгоритму прокладання маршруту між двома точками за допомогою GPS-алгоритму.

Розглянемо метод триангуляції (TOA від англ. Time of Arrival або Time of Flight), який передбачає передачу між об'єктом і датчиком тимчасових міток [1]. При двовимірній локалізації для визначення координат шуканого об'єкта необхідно мати три датчики (рис.1).

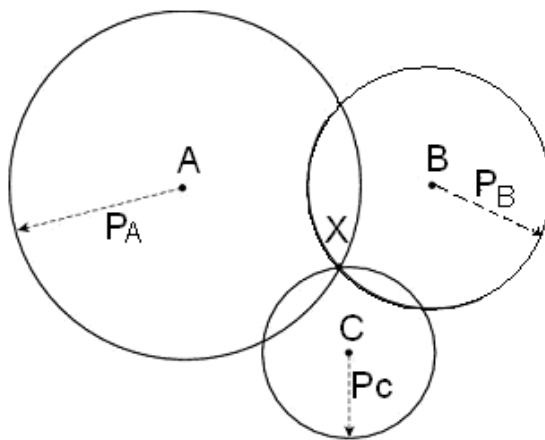


Рисунок 1 - Розташування шуканого об'єкта  $X$  та датчиків  $A, B, C$  згідно з алгоритмом TOA

Відстань від датчика до об'єкта обчислюється пропорційно різниці надісланої тимчасово мітки і часу прийому сигналу датчиком. Недоліком підходу є необхідність точної синхронізації годинників на об'єкті і датчиках. Наприклад, необхідно визначити положення об'єкта  $X$  за допомогою трьох датчиків  $A, B, C$ , які розміщені на різних відстанях від об'єкту. Кожний з датчиків відправляє сигнал об'єкту  $X$  і відстежує час приходу відповіді.

Аналогічно працює алгоритм TDOA (від англ. Time Difference Of Arrival – різниця в часі прибуття). Він є модифікацією алгоритму TOA і не вимагає чіткої синхронізації годинників на об'єкті і датчиках. За методом TDOA вимірюється час розповсюдження сигналу від передавача до приймача і навпаки за годинником передавача. Кожний TDOA датчик видає гіперболоїд у просторі, на якому може знаходитись об'єкт. Завдяки цьому, для визначення положення шуканого об'єкту достатньо лише двох TDOA датчиків. Принцип розміщення TDOA датчиків показаний на рис. 2.

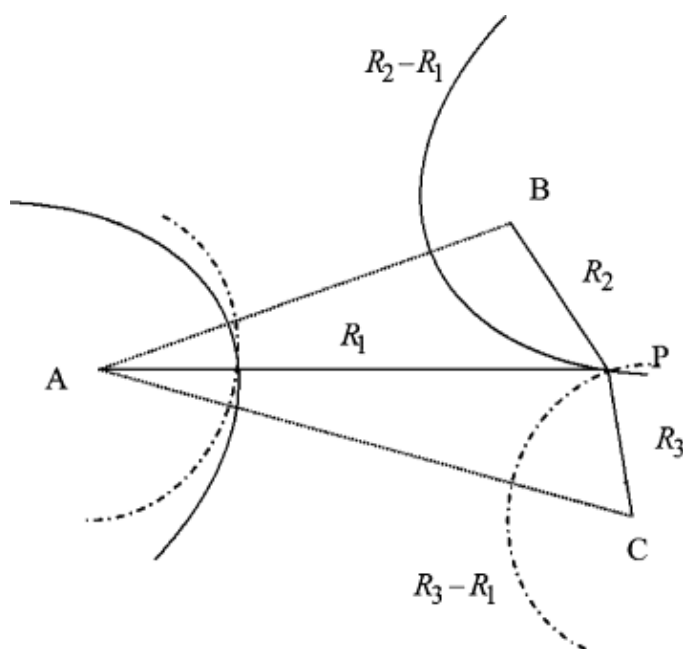


Рисунок 2 - Розташування датчиків  $A, B, C$  згідно з алгоритмом TDOA

Існує також методи визначення відстані до об'єкта, які базуються на потужності сигналу, який посилає об'єкт. Такі методи відносяться до RSS-based (від англ. Received Signal Strength).

Отже основним недоліком методів триангуляції є те, що вони працюють лише в зоні дії сигналів декількох датчиків. Найпоширеніші датчики в наш час – це соти, які забезпечують мобільний зв'язок. Отже, там де відсутнє мобільне покриття, методи триангуляції неефективні.

Розглянемо GPS (від англ. Global Positioning Systembased) методи визначення положення об'єктів. Серед усіх алгоритмів, що відповідають за роботу супутникових навігаторів, виділяють два. Перший дозволяє визначити положення приймача за сигналом із супутників GPS, другий – визначає найближчий шлях із вихідної точки  $A$  у точку  $B$ , в яку потрібно потрапити. Сучасні GPS навігатори можуть забезпечувати точність від кількох сантиметрів до 3 метрів (в залежності від технічних характеристик навігатора: чутливості приймача, якості антени, алгоритмів розрахунку, від характеру місцевості і навіть погоди).

Алгоритм позиціонування досить простий. На середній навколосемній орбіті перебувають 30 супутників, що передають однаковий сигнал. Повідомлення складаються з

трьох основних частин: точного часу передачі, точних даних орбіти супутника (ефемерид) і загальносистемної інформації. Пристрій GPS приймає та аналізує передані супутниками повідомлення. Знаючи час відправлення, навігатор визначає, як довго сигнал знаходився в дорозі і як далеко розташований супутник. Супутники GPS розташовані над Землею таким чином, щоб з будь-якої точки Землі одночасно було видно 10 з них. Таке розташування дозволяє визначити точне положення об'єктів в будь-якій точці Земної кулі (при належних погодних умовах).

Сучасні GPS-навігатори можна зустріти скрізь: в мобільних телефонах, КПК, планшетах і в будь-якому транспорті. Такого масштабного вживання вони набули завдяки функції прокладання оптимального маршруту між будь-якими точками. Для цього необхідно: знати точні координати цих точок, множину всіх можливих шляхів (векторна карта) і алгоритм, за яким розраховуватиметься оптимальний шлях. Слід зазначити, що, навіть, за чіткої роботи алгоритму, але без наявності точної і детальної карти, результат виявиться далеким від оптимального. Для розв'язання цієї задачі найчастіше застосовують алгоритм Дейкстри або A-star.

### *Алгоритм Дейкстри для реалізації GPS-навігатора*

Для знаходження найкоротшого шляху між двома точками за алгоритмом Дейкстри необхідно побудувати множину можливих шляхів. На карті всі дороги подані сукупностями векторів. Кожна пряма ділянка шляху – це вектор, який має свою довжину, назву, тип покриття та назву вулиці. Векторна карта представляє собою зважений граф, в ролі ребер виступають вектори, а в ролі вузлів – їхні кінці.

Розглянемо невелику векторну карту. На ній відзначені довжини векторів (ділянок доріг) і вузли, що з'єднують вектори. Важливий параметр, який впливає на вагу ребер в графі, – це тип покриття ділянки дороги (в деяких сучасних GPS також враховується завантаженість доріг). Наприклад, пересування по автомагістралі буде значно швидше, ніж по ґрунтовій дорозі. Довжина вектора також впливає на вагу ребра графа.

Простий алгоритм Дейкстри призначений для пошуку шляху з початкової вершини графа або вузла дерева в будь-який інший вузол (вершину) при мінімальних витратах.

Недоліком алгоритму Дейкстри є те, що не враховується важливість вузлів та ігноруються вузли, які знаходяться на значній відстані від цільової вершини. Для ліквідації цих недоліків необхідно якимось чином призначити пріоритети вузлам в залежності від відстані до цільової точки, щоб не кожній ітерації алгоритму ті вузли, які знаходяться далі від цілі, не розглядались. Такий механізм присутній в алгоритмі A-star.

### *Використання алгоритму A-star (A\*) для пошуку найкоротшого шляху між двома точками*

Цей алгоритм знаходить найкоротший шлях між двома точками при мінімальних витратах. Принцип роботи полягає в тому, що A-star використовує два параметри, які розраховуються для кожного вузла: вартість шляху від попереднього вузла до поточного (позначимо, наприклад,  $g$ ) та евристична оцінка вартості  $h$  переміщення від поточного вузла до цільового. Таким чином, для кожного вузла розраховується величина  $f = g + h$ . І на кожній ітерації ми переходимо до сусідньої вершини з мінімальним значенням параметра  $f$  (рис. 3).

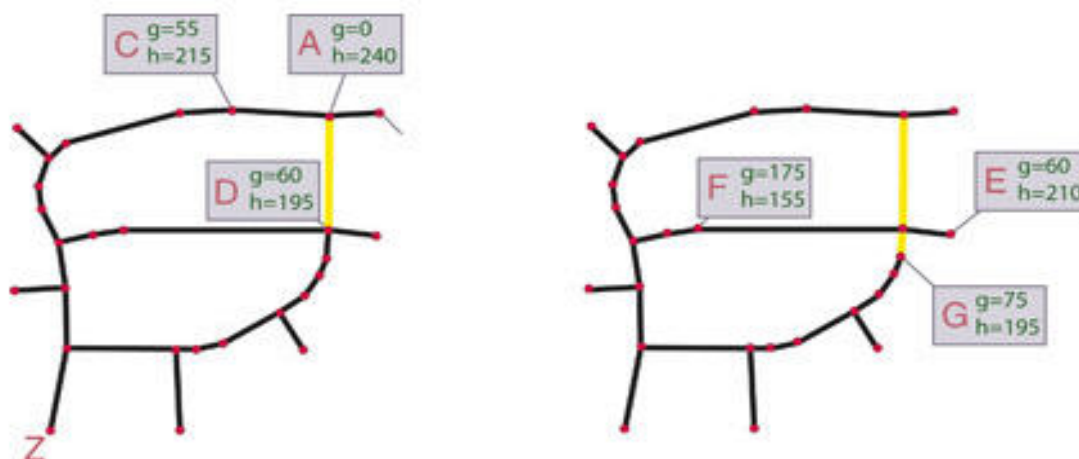


Рисунок 3 - Розрахунок параметрів вузлів за алгоритмом A-star

Дотримуючись цих правил, в результаті отримаємо оптимальний шлях за критерієм часу. Отже? алгоритм є повним і оптимальним. Враховуючи всі переваги алгоритму A-star, визначаємо, що він найкраще підходить для розв'язання задачі пошуку найкоротшого шляху між двома точками.

### ***Практичне застосування алгоритму A-star для пошуку найкоротшого шляху до ресторанів шуканого профілю***

Розглянемо задачу визначення найкоротшого шляху між користувачем і найближчим рестораном шуканого профілю. На вході алгоритму маємо векторну карту міста, координати користувача та всіх ресторанів шуканого профілю. На виході алгоритму – найкоротший маршрут до ресторану шуканого профілю.

Загальна схема алгоритму така:

Крок 1. Перетворити векторну карту у зважений граф. Для цього потрібно:

- а) на основі карти побудувати граф, де кожна пряма ділянка дороги стає ребром;
- б) розрахувати вагу ребер з урахуванням даних, отриманих з карти: покриття та завантаження доріг.

Крок 2. Розрахувати для кожного вузла величину  $f$ .

- а) якщо вузол не прохідний або знаходиться в закритому списку, ігноруємо його;
- б) якщо вузол ще не у відкритому списку, то додаємо його туди;
- в) якщо вузол вже у відкритому списку, то перевіряємо його вартість  $f$ .

Крок 3. Знайти найкоротші шляхи до всіх ресторанів шуканого профілю.

Крок 4. Серед отриманих шляхів обрати найкоротший.

Крок 5. Перетворити отриманий шлях у векторну форму.

Крок 6. Прокласти знайдений шлях на карті.

Результати експериментів довели ефективність застосування алгоритму A-star.

### **Список літератури**

1. Батанов А. Обзор методов локализации объектов в помещении. [Интернет-ресурс] / Режим доступу: <http://blog.scaytrase.ru/algorithms/187/> – Загл. с экрана
2. Direct3D. Разработка игр. [Интернет-ресурс]/Режим доступу:
3. <http://direct3d.3dn.ru/publ/2-1-0-6>. – Загол. з екрану
4. Рассел С. Дж., Норвиг, П. Искусственный интеллект: современный подход / Пер. с англ. и ред. К. А. Птицына. — 2-е изд.— М.: Вильямс, 2006.