

**Крістіна КОВАЛЕНКО**, студентка,  
**Наталія МАНІЧЕВА**, канд. техн. наук, доц.  
Національний університет «Одеська політехніка», м. Одеса, Україна, e-mail: vmanichev@ukr.net,  
lcobajlehlco@gmail.com

## ВИКОРИСТАННЯ АЛГОРИТМУ ДЕЙКСТРИ В МЕДИЧНИХ МЕРЕЖЕВИХ ЗАДАЧАХ

**Анотація.** Медичні мережеві задачі вимагають швидкої та ефективної обробки великих об'ємів даних. Алгоритм Дейкстри – це один з найбільш часто використовуваних алгоритмів у мережевому аналізі, що дозволяє знайти найкоротший шлях між вузлами графа.

**Ключові слова:** алгоритм Дейкстри, медичні мережеві задачі, граф, найкоротший шлях, ефективність, обробка даних.

Алгоритм Дейкстри – це алгоритм графів, винайдений голландським вченим Едсгером Дейкстрою в 1959 році. Алгоритм виконує пошук найбільш коротшого шляху. Працює тільки для графів без ребер з негативною вагою [1].

Медична індустрія потребує швидкої та ефективної обробки великих об'ємів даних для забезпечення високоякісного та точного діагностування та лікування. У медичних мережевих задачах часто виникає необхідність знайти найкоротший шлях між вузлами графа, щоб визначити оптимальний маршрут лікування або найкращий спосіб доставки медичних препаратів. Алгоритм Дейкстри є одним з найбільш часто використовуваних алгоритмів у мережевому аналізі, що дозволяє розв'язувати такі задачі ефективно та швидко.

Алгоритм Дейкстри полягає у пошуку найкоротшого шляху між вузлами графа, де кожен вузол представляє медичний пункт або інший вузол мережі, а ребра графа відображають відстані між цими вузлами. При використанні алгоритму Дейкстри на графі з  $n$  вузлами та  $m$  ребрами, час його виконання становить  $O(m \log n)$ , що робить його дуже ефективним для великих мереж [2].

Для застосування алгоритму Дейкстри у медичних мережевих задачах потрібно спочатку побудувати граф, який відображає мережу пунктів медичного обслуговування, аптек, лабораторій тощо. Кожен вузол графа повинен мати вагу, яка представляє вартість проходження через цей вузол. Наприклад, вага може відображати час, необхідний для проходження через цей вузол, або вартість, пов'язану з використанням цього пункту медичного обслуговування [3].

Після побудови графа можна застосувати алгоритм Дейкстри для пошуку найкоротшого шляху між двома вузлами графа. Алгоритм Дейкстри розпочинає роботу з вузла, з якого починається шлях, та обчислює відстані до всіх інших вузлів у графі. Після цього алгоритм обирає вузол з найменшою вагою та оновлює відстані до всіх його сусідів. Цей процес повторюється до тих пір, поки відстані до всіх вузлів не будуть обчислені.

Мережу зв'язку можна уявити графічною моделлю. Як вершин виступає безліч точок комутації, а як дуги – безліч ліній зв'язку. Приклад такого можна побачити на рис. 1.

Алгоритм Дейкстри – не єдиний, але найпопулярніший з алгоритмів, що знаходить оптимальні маршрути та їх довжину між однією конкретною вершиною (джерелом) та рештою всіх вершин графа.

Інтуїтивно можна пояснити через такі пункти:

- ініціалізація;
- знаходимо вершину (із ще не опрацьованих), поточна найкоротша відстань до якої мінімальна;
- визначаємо довжину найкоротшої відстані;
- проводимо аналогічну операцію з сусідами першої обраної вершини;
- всі сусіди вершини 1 перевірені, поточна мінімальна відстань до вершини 1 вважається остаточною і обговоренню не підлягає (те, що це дійсно так, вперше довів Дейкстра);

- знову знаходимо «найближчу» необроблену вершину;
- повторюємо те, що робили з першою обраною вершиною оминаючи вже оброблені;
- проробляємо те саме з вершинами, що залишилися. Алгоритм закінчує роботу, коли викреслені всі вершини.

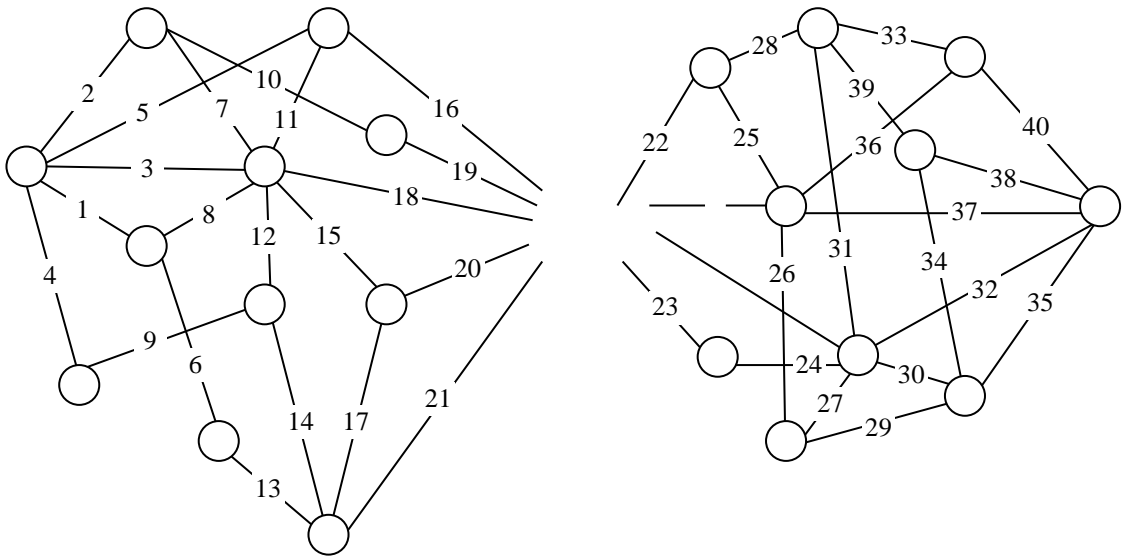


Рис. 1. Графічна модель зв'язку множини вершин графа та множини ребер графа

Такий опис є дуже зжатым і не дуже зрозумілим для подальшого використання. Але цього достатньо для розуміння того, як воно взагалі працює. Більш детально можна ознайомитися з цим у праці самого Дейкстри. Класичний алгоритм Дейкстри працює тільки для графів без ребер від'ємної довжини. Може некоректно працювати, якщо граф має дуги негативної величини. Алгоритм Дейкстри не знаходить правильне рішення у випадку від'ємних ваг ребер (дуг) графа. Це призводить до ациклічних графів і найчастіше не можуть отримати право найкоротшому шляху [4].

Недоліком майже всіх алгоритмів знаходження найкоротшого шляху в графі і в тому числі алгоритму Дейкстри є те, що вони мають квадратичну і кубічну складності. Кількість шляхів експотенціально зростає, що при великій кількості ребер або дуг робить їх дуже повільними.

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.

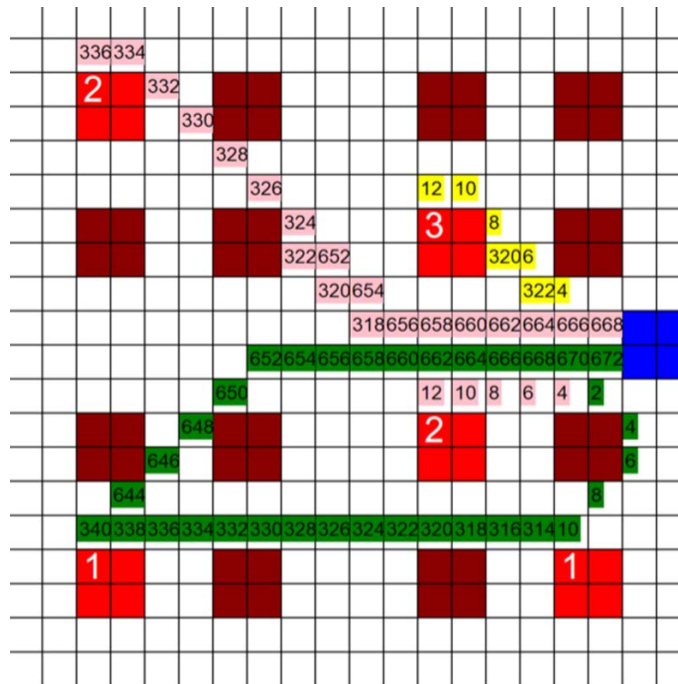
Малювання  $n$  графів або використання  $n$  матриць у процесі розрахунку найкоротших шляхів. Початкове призначення нескінченності довжини шляхів від входу до всіх вершин з наступним корегуванням їх значень. Це сповільнює роботу і ефективність алгоритму [4, 5].

При застосуванні алгоритму Дейкстри у медичних мережевих задачах можна знайти найкоротший шлях між двома пунктами медичного обслуговування, що дозволить оптимізувати маршрути лікування та скоротити час, необхідний для перевезення медичних препаратів між різними пунктами. Крім того, алгоритм Дейкстри може бути використаний для аналізу ефективності медичних мереж та пошуку оптимальних шляхів для покращення якості та доступності медичних послуг.

Одним із фактичних прикладів використання алгоритму Дейкстри є пошук шляхів для зниження ризику інфікування медичного персоналу, який працює у тимчасових лікарнях.

Це дослідження починається з перевірки та пояснення алгоритму пошуку, який зазвичай використовується, а також демонстрації того, як він працює: тести, проведені в

цьому дослідженні, використовували двовимірну сітку, схожу на графік, як платформу для роботи ШІ. Початкова точка (0,0) була в нижній лівій частині сітки. Переміщення праворуч збільшило значення  $x$ , а переміщення вгору збільшило значення  $y$ . Використані одиниці сітки мав різні форми та розміри для кожної окремої точки сітки, але перші тести використовували квадрати як базову одиницю. Кожен блок міг бути тільки відкритим або закритим. Алгоритм міг обійти відкриті одиниці, а закриті – ні. Для належної роботи алгоритму початковий і кінцевий блоки повинні бути відкритими.



**Рис. 2.** Приклад гіпотетичної тимчасової лікарні, яка використовується, як сітка для обходу алгоритмом пошуку найкоротшого шляху (розмір сітки 20 одиниць  $\times$  20 одиниць, 5 інфікованих пацієнтів, 3 медичного персоналу, час у сітці в секундах)

Потім цей алгоритм застосовується для роботи в гіпотетичній тимчасовій лікарні. Обговорюється план цієї лікарні, а також правила проведення тестів і способи їх проведення.

Перевіряється вплив уточнення сітки, що означає збільшення або зменшення одиниць у сітці при збереженні того самого загального розміру сітки. Наступним кроком обговорюються ступені свободи (*DoF*), кількість одиниць, до яких алгоритм може рухатися від поточної одиниці, руху алгоритму, а потім перевіряється його вплив на роботу алгоритму. Алгоритм перевіряє нижчу *DoF*. Потім це використовується в тесті на загальний відсоток зайнятості в лікарні. Використовуються різні відсотки заповнюваності та розміри лікарень.

У цих тестах використовується модель фіктивної повітряно-крапельної інфекції для імітації впливу *COVID-19* на працівників. Алгоритм «найбезпечнішого» шляху передбачає лише квантове опромінення та має на меті уникнути максимального опромінення, незважаючи на те, яку відстань має пройти працівник, тоді як алгоритм змішаного шляху має на меті збалансувати пройдену відстань, водночас мінімізуючи вплив інфекції [6].

### Висновок

Застосування алгоритму Дейкстри у медичній індустрії дозволяє ефективно та швидко розв'язувати задачі мережевого аналізу, такі як пошук найкоротшого шляху між вузлами графа. Це допомагає забезпечити високоякісне та точне діагностування та лікування пацієнтів, оптимізувати маршрути лікування та скоротити час, необхідний для перевезення медичних препаратів між різними пунктами. При цьому, для успішного застосування алгоритму Дейкстри потрібно побудувати граф, який відображає мережу пунктів медичного обслуговування з вагами, що відображають вартість проходу через кожен вузол.

### **Література**

1. Алгоритм Дейкстри [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://4ua.co.ua/mathematics/ха3ад78а4с53b89421306с37\\_0.html](http://4ua.co.ua/mathematics/ха3ад78а4с53b89421306с37_0.html).
2. Understanding Time complexity calculation for Dijkstra Algorithm [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://stackoverflow.com/questions/26547816/understanding-time-complexity-calculation-for-dijkstra-algorithm>.
3. Dijkstra, E.W. A note on two problems in connexion with graphs. *Numer. Math.* 1959, 1, 269–271.
4. Manicheva N., Titova N., Prokopovych I., Kasian S. Method of analysis of hierarchies in decision making in medicine. / N. Manicheva, N. Titova, I. Prokopovych, S. Kasian. // *Proceedings of Odessa Polytechnic University*. – Odesa, Ukraine, 2022. Issue 1(65). P. 99-108.
5. Манічева Н., Ніколаєва А. Використання алгоритму Дейкстри в медичних мережевих завданнях. / Н. Манічева, А. Ніколаєва. // *Proceedings of the I International Scientific and Technical Conference “MODERN TECHNOLOGIES OF BIOMEDICAL ENGINEERING” May 25–27, 2022, Odesa, Ukraine*. P. 101–104.
6. Rolle, B.; Kiran, R.; Straub, J. A Pathfinding Algorithm for Lowering Infection Exposure of Healthcare Personnel Working in Makeshift Hospitals. *Healthcare* 2022, 10, 344. <https://doi.org/10.3390/healthcare10020344>.