

ZASTOSOWANIE INFORMATYKI W LOGISTYCE TRANSPORTU

W artykule została omówiona logistyka transportu mająca coraz większe znaczenie w planowaniu transportu towarów. Ponieważ koszty transportu zależą od jego przewidywanego czasu dostarczenia oraz od środka transportu, stąd planowanie trasy przejazdu jest istotnym czynnikiem w logistyce transportu, która we współczesnym świecie nie może w pełni funkcjonować bez rozwiązań informatycznych. W artykule poddano analizie transport kolejowy w Szwajcarii, będący jednym z najbardziej rozwiniętych tego typu systemów transportowych w Europie. Obliczenia bazują na przykładowych danych dotyczących tras kolejowych narodowego przewoźnika w tym kraju z wyborem czasu przejazdu jako głównego kryterium wyznaczania optymalnej trasy przejazdu dla wybranych połączeń między miastami. Dla potrzeb analizy został stworzony program implementujący algorytm Dijkstry, który posłużył do wyszukiwania optymalnego połączenia między wskazanymi miastami według danego kryterium.

WSTĘP

Logistyka transportu zajmuje się planowaniem i optymalizacją działania transportu towarów [3]. Jest jedną z tych dziedzin, które nie mogłyby funkcjonować efektywnie bez zastosowania informatyki oraz modelowania matematycznego [6] w obecnych czasach.

Większość kosztów w logistyce związana jest właśnie z transportem. Najczęściej jego wybór sprowadza się do transportu lotniczego lub drogowego z uwagi na szybkość i dostępność, lecz niezawodność oraz koszt działają na korzyść transportu kolejowego. Wyznaczenie optymalnej trasy przejazdu dowolnego środka transportu uwzględniając dany parametr jest trudnym zadaniem. Dlatego planowanie trasy przejazdu jest tak kluczowe jak wybór środka transportu.

W naszych rozważaniach analizujemy transport kolejowy w Szwajcarii bazując na trasach kolejowych narodowego przewoźnika SBB z wyborem czasu przejazdu między miastami jako głównego kryterium wyznaczania optymalnej trasy przejazdu. System transportu kolejowego w tym kraju jest jednym z najbardziej rozwiniętych tego typu systemów transportowych w Europie. Sprawia to, że Szwajcaria wraz z dogodnym położeniem geograficznym jest krajem tranzytowym dla transportu wielu towarów na starym kontynencie.

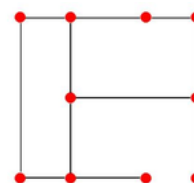
W celu przeprowadzenia analizy została stworzony program w języku Java implementujący algorytm Dijkstry - wyszukiwania najkrótszego połączenia według danego kryterium (czasu przejazdu) między miastami. Algorytm ten pozwala na szczegółową analizę zagadnień logistycznych, które można reprezentować w postaci grafu. Tego rodzaju analizy przydatne są w pracy np. firm transportowych, gdzie są wykorzystywane do wyznaczania najlepszej (zoptimalizowanej) trasy przejazdu pomiędzy wybranymi miastami.

1. TEORIA GRAFÓW I PROBLEM NAJKRÓTSZEJ ŚCIEŻKI W GRAFIE

1.1. Teoria grafów

Teoria grafów jest działem matematyki zajmującym się badaniem własności grafów, np. spójności grafu [1]. Lecz w połączeniu z informatyką zajmuje się rozwijaniem algorytmów grafowych, które obliczają pewne właściwości grafów i znajdują zastosowania w rzeczywistych problemach inżynierskich.

Graf jest zbiorem wierzchołków, który na rysunku zwykle reprezentujemy węzłami (punktami) oraz krawędziami (liniami) łączącymi te węzły, jak przykładowo na rysunku nr 1.



Rys. 1. Przykład grafu spójnego - wszystkie wierzchołki grafu są połączone w jedną całość

Formalna definicja grafu używana w teorii grafów, którą będziemy się dalej posługiwać jest następująca:

Niech graf $G = (V, E)$ będzie uporządkowaną parą składającą się ze zbioru wierzchołków (węzłów) V oraz zbioru krawędzi (połączeń między węzłami) $E = V \times V$.

Dla naszego problemu przyjmujemy, że wierzchołki są połączone krawędziami nieskierowanymi, które przechowują dodatkową informację w postaci wagi $w(e)$, dla e będącego podzbiorem zbioru krawędzi E , np. czas przejazdu pomiędzy miastami.

Grafy są potężnym narzędziem matematycznym do tworzenia różnego rodzaju relacji pomiędzy danymi, które można stosować do wielu różnych problemów w logistyce transportu, reprezentując złożone zależności z otaczającego nas rzeczywistego świata.

1.2. Problem najkrótszej ścieżki w grafie

Niech e_{ij} będzie krawędzią sąsiadującą z wierzchołkami v_i i v_j . Dla funkcji wagi $w(e): E \rightarrow R$ dla danego grafu nieskierowanego G , najkrótsza ścieżka z v do v' , odpowiadająca najmniejszej z możliwych sum wag krawędzi dla

$$v_0 = v \text{ i } v_n = v' \quad (1)$$

jest określona przez rozwiązanie problemu

$$S = \min \sum_{i=1}^n w(e_{i,i+1}) \quad (2)$$

2. ALGORYTM DIJKSTRY

Wyznaczenie najkrótszej ścieżki jest możliwe za pomocą wielu algorytmów przeszukiwania. Najczęstsze i najprostsze metodologie opierają się na budowie drzew przeszukiwań i metod przeszukiwania ich w głąb, wszerz lub innych podobnych metod. Jednak w rzeczywistych warunkach metody te nie są dostatecznie wystarczające. Dlatego konieczne jest korzystanie z algorytmów pozwalających na wprowadzanie modyfikacji swojej metody działania w celu dostosowania ich do poszczególnych zastosowań w problemach inżynierskich. Najbardziej znanymi algorytmami posiadającymi pożądane cechy są algorytm Dijkstry [2], algorytm Bellmana-Forda [4] oraz heurystyczny algorytm A* [5]. Cechy algorytmu Dijkstry są najbardziej zbliżone z celem naszych badań ze względu na:

1. Złożoność czasowa algorytmu Dijkstry jest mniejsza niż algorytmu Bellmana-Forda.
2. Algorytm jest niezależny od precyzji działania zdefiniowanej funkcji heurystycznej w algorytmie A*.

Algorytm Dijkstry stworzony został do znajdowania najkrótszej ścieżki z pojedynczego źródła w grafie o nieujemnych wagach. Działanie tego algorytmu polega na obliczaniu wartości parametru od początkowego wierzchołka do pozostałych wierzchołków w grafie. Można go zmodyfikować aby obliczał najkrótszą ścieżkę do jednego ściśle ustalonego wierzchołka - przerywał swoje działanie po dojściu do wierzchołka docelowego.

3. ANALIZA DZIAŁANIA PROGRAMU

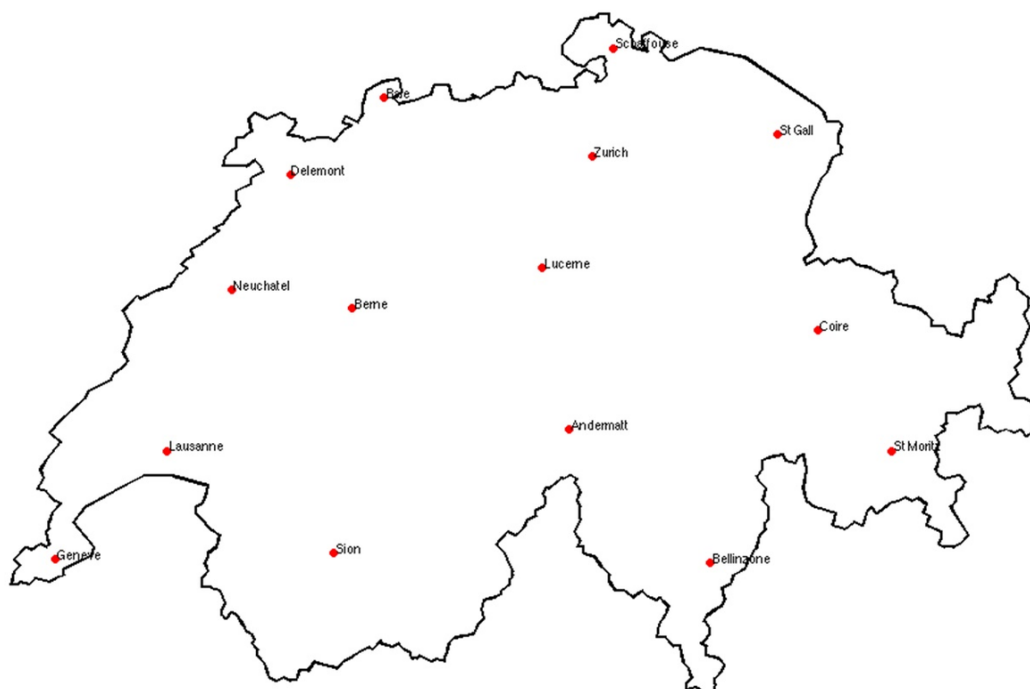
W celu przeprowadzenia analizy działania transportu kolejowego w Szwajcarii został jak poniżej stworzony program w języku Java. W programie został zaimplementowany algorytm Dijkstry do wyszukiwania najkrótszego połączenia według danego kryterium (czasu przejazdu) między wybranymi miastami w Szwajcarii.

```

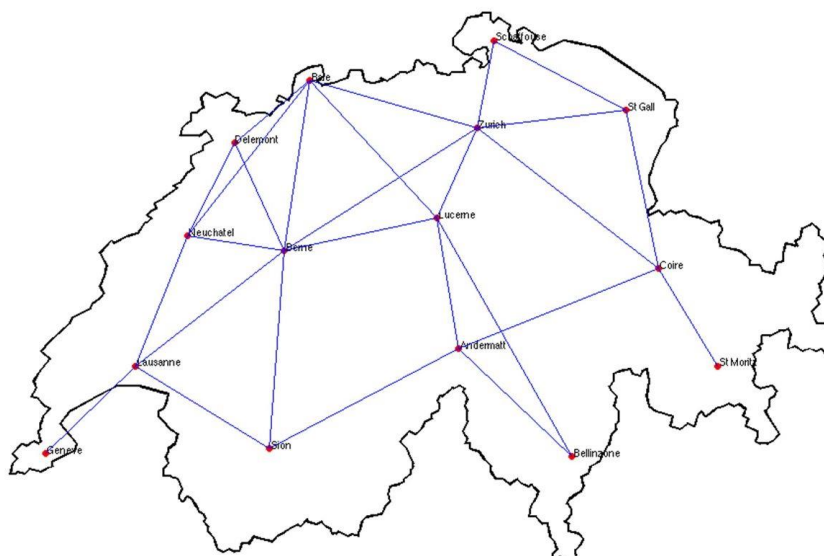
===== MENU =====
End Program: 1
Print all cities: 2
Print all connections: 3
Find the shortest path between cities: 4
Remove city: 5
Add city: 6
Add connection: 7
Remove connection: 8
Draw a map: 9
4
Geneve ID: 0
Lausanne ID: 1
Neuchatel ID: 2
Delemont ID: 3
Bale ID: 4
Berne ID: 5
Lucerne ID: 6
Zurich ID: 7
Schaffouse ID: 8
St Gall ID: 9
Coire ID: 10
St Moritz ID: 11
Bellinzone ID: 12
Andermatt ID: 13
Sion ID: 14
---- Please, type in the following order the ID of: ----
---- Source city ----
---- Destination city ----
0
7
===== THE SHORTEST PATH BETWEEN Geneve AND Zurich =====
Geneve
Lausanne
Berne
Zurich
Minimum time between Geneve and Zurich : 184
    
```

Na rysunku nr 2 przedstawiona została mapa Szwajcarii z wybranymi miastami, natomiast na rysunku nr 3 zobrazowana jest testowa struktura grafu odwzorowująca połączenia kolejowe w tym kraju z uwzględnieniem danych rzeczywistych - czasu przejazdu między miastami w minutach.

Procedurę testową programu rozpoczęto od wyznaczenia w zaimplementowanej siatce połączeń trasy pomiędzy miastami Geneve i Zurich, uwzględniając dane z tabeli nr 1.



Rys. 2. Testowa mapa Szwajcarii z wybranymi miastami



Rys. 3. Testowa struktura grafu odwzorowująca połączenia kolejowe między wybranymi miastami w Szwajcarii

Tab. 1 - lista połączeń wraz z parametrami w minutach.

Węzeł 1	Węzeł 2	Czas przejazdu [min]
Geneve	Lausanne	38
Lausanne	Neuchatel	40
Lausanne	Berne	67
Lausanne	Sion	67
Neuchatel	Delemont	49
Neuchatel	Bale	87
Neuchatel	Berne	42
Delemont	Bale	34
Delemont	Berne	60
Bale	Berne	66
Bale	Lucerne	73
Bale	Zurich	60
Berne	Lucerne	83
Berne	Zurich	79
Berne	Sion	157
Lucerne	Zurich	46
Lucerne	Bellinzona	132
Lucerne	Andermatt	102
Zurich	Schaffouse	42
Zurich	St Gall	66
Zurich	Coire	91
Schaffouse	St Gall	87
St Gall	Coire	99
Coire	St Moritz	116
Coire	Andermatt	100
Bellinzona	Andermatt	84
Andermatt	Sion	162

PODSUMOWANIE

Przedstawiona optymalizacja wyboru trasy kolejowej na przykładzie Szwajcarii pozwala na istotne ograniczenie kosztów transportu kolejowego oraz na ich dużą elastyczność. Powyższy model z zastosowaniem informatyki można wykorzystać do dowolnego kraju dysponującego odpowiednią infrastrukturą kolejową, co w dzisiejszych czasach stanowi istotny aspekt logistyki transportu.

BIBLIOGRAFIA

1. Wilson R.J., Introduction to Graph Theory, Pearson, 2012.
2. Dijkstra E.W., A note on two problems in connexion with graphs, Numerische Mathematik 1, 1959, pp. 269-271.
3. Koźlak A., Transport w logistyce a logistyka w transporcie, Logistyka, nr 2, 2009, pp. 33-37.
4. Bellman R., On a routing problem, Quarterly of Applied Mathematics 16, 1958, pp. 87-90.
5. Hart, P. E., Nilsson, N. J., Raphael, B., Correction to A Formal Basis for the Heuristic Determination of Minimum Cost Paths, SIGART Newsletter, 37, 1972, pp. 28-29.
6. Brzoza, A., Muszyński, M., Kontakt skrzyżny z uwzględnieniem częściowych poślizgów dla stempla stożkowego, ISSN 1232-3829, Technika Transportu Szynowego, 9/2012, s. 659-665, Grudzień 2012.

Application of computer science in transportation logistics

This article discusses some computer-based logistics solutions aimed to improve the planning process in freight transport. Since transport costs are dependent on the lead time and the transport mode, route planning is a crucial factor in transport logistics, which, these days, relies heavily on computer technology. The study is focused on the rail transport system in Switzerland, known to be the most developed in Europe. The data used in the computations refers to rail routes of the national carrier in that country. The transportation time was the main criterion to select an optimal route between origin and destination. The analysis involved developing a program that implements Dijkstra's algorithm to find an optimal connection between places according to the selected criterion

Autorzy:

dr **Andrzej Brzoza** – adiunkt, Politechnika Świętokrzyska w Kielcach, Wydział Budownictwa i Architektury, Katedra Inżynierii Komunikacyjnej, a.brzoza@tu.kielce.pl.

Grzegorz Muszyński – absolwent Politechniki Warszawskiej w Warszawie, muszyzna22@wp.pl