



Metody Sztucznej Inteligencji

Algorytmy ewolucyjne – planowanie tras (problem komiwojażera)

Wstęp

Problem komiwojażera (*ang. Travelling Salesman Problem, TPS*) należy do problemów optymalizacyjnych. Komiwojażer ma za zadanie odwiedzić określoną n -ilość klientów i wrócić do miejsca wyjazdu w taki sposób, aby cała jego podróż była jak najkrótsza. Kryterium optymalizacji w tym przypadku jest minimalizacja długości drogi w sieci łączącej wszystkie węzły.

Narzędzie Solver jest z prostszych w obsłudze i jednym z najbardziej zaawansowanych narzędzi analitycznych MS Excel. Wykorzystywany jest do rozwiązywania jednokryterialnych zadań optymalizacyjnych, w których liczba zmiennych decyzyjnych nie przekracza 200. Jego zastosowanie wymaga zapisania modelu matematycznego w arkuszu kalkulacyjnym. Model optymalizacji składa się z trzech elementów:

- **komórki celu** (funkcja celu) - jest to wskazana komórka w arkuszu, która w wyniku zastosowania Solvera ma przyjąć wartość minimalną, maksymalną lub ustaloną w postaci liczby rzeczywistej;
- **komórek zmiennych** (zmiennie decyzyjne) – są to komórki zawierające poszukiwane wartości, które są zmieniane iteracyjnie i podstawiane przez dodatek Solver do funkcji celu, dopóki nie zostanie znalezione rozwiązanie optymalne;
- **komórek ograniczeń** (mogą być zastosowane zarówno do wartości komórki celu jak i komórek zmiennych) – wprowadzone warunki ograniczające stanowią formułę w komórce arkusza, której wartość musi mieścić się w określonych granicach lub osiągać wartości docelowe.

Dodatek Solver umożliwia analizowanie problemów optymalizacji typu: liniowego, nieliniowego, całkowitoliczbowego i binarnego.

Przykładowe zadanie:

Komiwojażer ze Świnoujścia ma za zadanie odwiedzić 6 klientów zlokalizowanych w zachodniej części naszego kraju oraz zachodniej części północnych Niemiec. Naszym zadaniem jest dobrać tak kolejność odwiedzanych klientów, aby trasa jaką pokona sprzedawca była jak najkrótsza oraz żeby wyjeżdżając z magazynu w Świnoujściu wrócił do niego w taki sposób, aby znaleźć się w każdej z miejscowości tylko jeden raz. Aby rozpocząć rozwiązanie zadania, należy na początku stworzyć w arkuszu kalkulacyjnym tabelę zawierającą odległości dzielące poszczególne miejscowości do których ma zajechać sprzedawca (tabela 1).

Tabela 1. Zestawienie odległości pomiędzy miejscowościami.

	A	B	C	D	E	F	G
1			1	2	3	4	5
2			Świnoujście	Gorzów Wlkp.	Greifswald	Kołobrzeg	Schwedt
3	1	Świnoujście	0	202	76	116	157
4	2	Gorzów Wlkp.	202	0	255	220	103
5	3	Greifswald	76	255	0	300	172
6	4	Kołobrzeg	116	220	300	0	177
7	5	Schwedt	157	103	172	177	0

W kolejnym kroku należy utworzyć model zadania (zakładamy, że dowolna sekwencja liczb od 1 do 6 będzie wskazywała kolejność odwiedzanych miast) ponownie w formie tabelarycznej. Poniżej tabeli 1 tworzymy tabelę 2, w której w pierwszej kolumnie wpisujemy sekwencję liczb od 1 do 6, następnie odległości między miastami i ich nazwy.

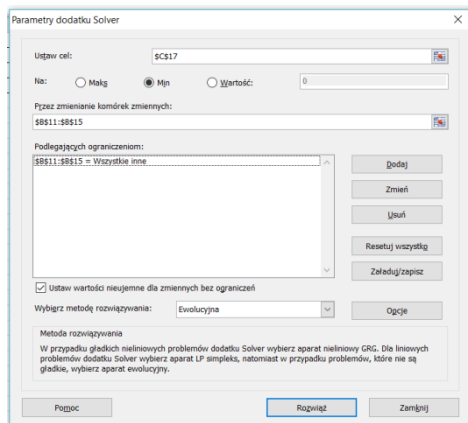
Tabela 2. Zmienne i komórka celu.

	A	B	C	D
10				
11		1	157	Świnoujście
12		2	202	Gorzów Wlkp.
13		3	255	Greifswald
14		4	300	Kołobrzeg
15		5	177	Schwedt
16		1		
17		Długość trasy	1091	km

Komórki te stanowią komórki zmienne (B11:B15) i będą wartościami poszukiwanymi w taki sposób, aby uzyskać jak najkrótszą całkowitą długość trasy. MS Excel wyliczy ją automatycznie za pomocą wprowadzonej funkcji SUMY (C11:C15) i wyświetli w komórce opisanej jako długość trasy C17 (nasza funkcja celu, która dąży do minimum). W tabeli 2

zestawiono kolejność występowania miast w takiej samej chronologii, jaką zdefiniowano w tabeli 1. Aby Solver mógł dokonać optymalizacji trasy przejazdu kierowcy należy w komórkach definiujących odległości wprowadzić funkcję INDEKS (postać: =INDEKS(tablica_odległości; nr_wiersza; nr_kolumny)). Aby ją wykonać, Excel z tabeli 1 pobierze wartość komórki wyznaczonej z przecięcia podanego numeru wiersza i numeru kolumny, czyli odczyta z tabeli wartość odległości między wskazanymi miastami. Tak ustalona formuła wyznaczająca odległość między kolejnymi miastami, stanowi gwarancję szybkiego obliczenia optymalnej trasy do przejechania przez sprzedawcę.

Rys. 1. Parametry dodatku Solver.



Jak wynika z tabeli 1 aktualnie wynosi ona 1091 km i jej długość jest efektem przypadkowego uszeregowania miast przed uruchomieniem obliczeń w Solverze. W kolejnym kroku należy określić ograniczenia i wszystko to wprowadzić do arkusza Excel za pomocą okna Parametry dodatku Solver przedstawionego na rysunku 1 (zakładka Dane). Wskazana komórka celu musi zmierzać do minimum, gdyż kryterium optymalizacji stanowi minimalizacja długości drogi w sieci łączącej wszystkie węzły. W praktyce najefektywniejszymi sposobami rozwiązania tego typu zadań są algorytmy genetyczne, algorytmy mrówkowe i metody heurystyczne. W związku z tym w dodatku Solver wybieramy metodę ewolucyjną jako metodę

stosowaną do rozwiązania tego zadania. Podczas definiowania ograniczeń należy wskazać komórki zmienne i zaznaczyć opcję Dif (z ang. all different/ wszystkie inne), powoduje to, że w przypadku 6 komórek zmiennych Excel przypisze do tych komórek wartości ze zbioru 1, 2, 3, ..., 6 i, co istotne, każda z tych wartości wystąpi tylko jeden raz, bez powtórzeń. Ma to kluczowe znaczenie dla prawidłowości rozwiązania niniejszego problemu decyzyjnego. Po dokonaniu powyższych ustawień rozwiązujemy zadanie i otrzymujemy wynik optymalizacji trasy przejazdu sprzedawcy zaprezentowany tabeli 3.

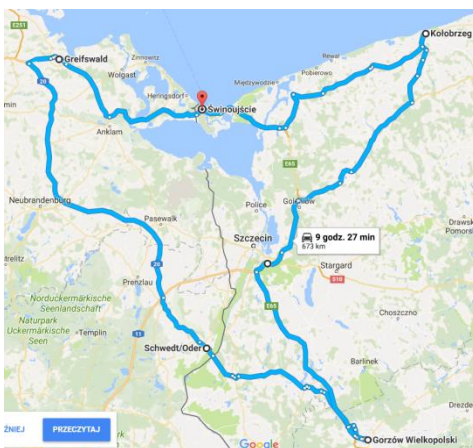
Tabela 3. Wynik optymalizacji w Solverze.

	A	B	C	D
10				
11		3	76	Greifswald
12		5	172	Schwedt
13		2	103	Gorzów Wlkp.
14		4	220	Kołobrzeg
15		1	116	Świnoujście
16		3		
17		Długość trasy	687	km

W wyniku obliczeń uzyskano minimalną długość trasy wynoszącą 687 km. Aby zinterpretować, w jakiej kolejności odwiedzać miasta należy poruszać się w pętli wylistowanych miast. Należy rozpocząć od wiersza z liczbą 1 (Świnoujście- siedziba firmy), a następnie wybrać kolejne miasta na liście w dół lub w górę. Sprzedawca może zatem wyjechać ze

Świnoujścia następnie dotrzeć do Kołobrzegu, Gorzowa Wlkp., Schwedt i Greifswaldu. Trasę tę pokazano na rysunku 2. Sprzedawca może też wybrać drogę w odwrotnej pętli, czyli Świnoujście, Greifswald, Schwedt, Gorzów Wlkp., Kołobrzeg. Wybrane przez Solvera rozwiązanie gwarantuje takie uszeregowanie przejazdów z miasta do miasta, aby osiągnąć minimalną długość trasy przejazdu i należy je zinterpretować, jako znalezienie cyklu Hamiltona spełniającego warunki zawarte w zadaniu optymalizacyjnym.

Rys. 2. Trasa przejazdu sprzedawcy.



Zadanie

Wybierz dowolne 10 miejscowości i stwórz tabelę zawierającą odległości między nimi. Zaplanuj trasę komiwojażera przy użyciu algorytmów ewolucyjnych korzystając z dodatku Solver w programie Excel.

Na podstawie przeprowadzonego ćwiczenia wykonaj sprawozdanie zawierające:

- krótki wstęp teoretyczny;
- tabelę z odległościami między miejscowościami;
- model zadania;
- zdefiniowane parametry w Solverze;
- wynik symulacji;
- schemat planowanej trasy;
- wnioski.

