



Katedra Wytrzymałości Materiałów
i Metod Komputerowych Mechaniki
www.kwmimkm.polsl.pl

Wydział Mechaniczny Technologiczny
Politechnika Śląska

METODY HEURYSTYCZNE

LABORATORIUM 1: Przeszukiwanie grafów cz. 1 – strategie ślepe

opracował: dr inż. Witold Beluch
witold.beluch@polsl.pl

Cel ćwiczenia

Wykonując ćwiczenie laboratoryjne zapoznasz się z jednym z dostępnych programów do tworzenia i przeszukiwania grafów i zastosujesz do wybranych problemów następujące strategie przeszukiwania: przeszukiwanie wszerz, przeszukiwanie w głąb i strategię jednolitego kosztu. Celem jest znalezienie najkrótszej drogi do celu. Celem dodatkowym jest zminimalizowanie liczby odwiedzonych węzłów.

Trochę teorii...

Szukanie (np. najkrótszej drogi) jest jedną z najważniejszych metod sztucznej inteligencji. Wiele praktycznych problemów może być przedstawionych w postaci zadania przeszukiwania grafu. Przeszukiwanie grafu (lub inaczej przechodzenie grafu) jest działaniem polegającym na odwiedzeniu w pewien usystematyzowany sposób wszystkich wierzchołków grafu w celu zebrania potrzebnych informacji.

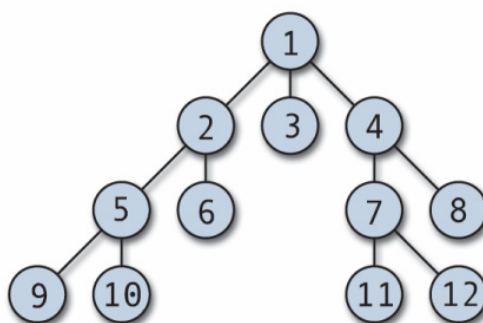
Do najprostszych strategii przeszukiwania należą tzw. *strategie ślepe*, do których zaliczają się:

- przeszukiwanie wszerz;
- przeszukiwanie w głąb;
- strategia jednolitego kosztu;
- przeszukiwanie ograniczone w głąb;
- przeszukiwanie iteracyjnie pogłębiane;
- przeszukiwanie dwukierunkowe.

W ramach niniejszej instrukcji ograniczymy się do pierwszych trzech metod.

Przeszukiwanie wszerz

Strategia przeszukiwania wszerz (*ang. Breadth-first search, BFS*) polega na odwiedzaniu wszystkich nieodwiedzonych sąsiadów danego wierzchołka. Innymi słowy strategia wykonuje ekspansję najpłytszego węzła spośród tych, które nie były jeszcze rozszerzone. Kolejność przeszukiwania węzłów dla przykładowego grafu przedstawia Rys. 1.

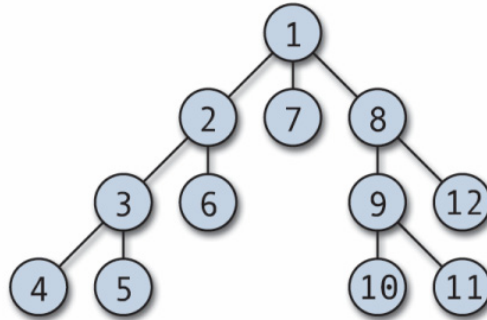


Rys. 1. Algorytm przeszukiwania w głąb – kolejność przeszukiwania węzłów

Lista węzłów, które się już odwiedziło, musi być pamiętana, zatem złożoność pamięciowa strategii przeszukiwania wszerz wynosi $O(V+E)$, gdzie V jest liczbą węzłów a E liczbą krawędzi w grafie. Przeszukiwanie wszerz jest niepraktyczne dla dużych grafów właśnie ze względu na wymogi pamięciowe. Złożoność czasowa to również $O(V+E)$, gdyż w najgorszym przypadku strategia musi przejść przez wszystkie krawędzie prowadzące do wszystkich węzłów. Gdy rozwiązanie istnieje, to strategia przeszukiwania wszerz odnajdzie je niezależnie od grafu.

Przeszukiwanie w głąb

Algorytm przeszukiwania w głąb (*ang. Depth-first search, DFS*) rozpoczyna przeszukiwanie się od korzenia i porusza się w dół do samego końca krawędzi, po czym wraca o jeden poziom i sprawdza kolejne krawędzie. Zatem metoda ta wykonuje rozwinięcie najgłębszego węzła spośród tych, które nie były jeszcze rozszerzone. Kolejność przeszukiwania węzłów dla przykładowego grafu przedstawia Rys. 2.



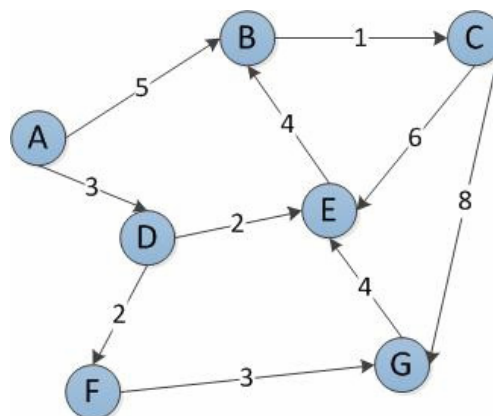
Rys. 2. Algorytm przeszukiwania wszerz – kolejność przeszukiwania węzłów

Złożoność pamięciowa algorytmu w przypadku drzewa jest o wiele mniejsza, niż przeszukiwania wszerz, jako że algorytm w każdym momencie wymaga zapamiętania tylko ścieżki od korzenia do bieżącego węzła. Złożoność czasowa jest taka sama jest w przypadku BFS, czyli $O(V+E)$. Algorytm przeszukiwania w głąb dla drzew skończonych jest zupełny (zatem znajduje rozwiązanie lub informuje, że ono nie istnieje).

Strategia jednolitego kosztu

Strategia jednolitego kosztu (*ang. uniform-cost search, UCS*) wykonuje ekspansję węzła o najmniejszym koszcie spośród tych, które nie były jeszcze rozszerzone. Przeszukiwanie rozpoczyna się od węzła początkowego i jest prowadzone poprzez odwiedzanie węzłów, dla których koszt (liczony od korzenia) jest najmniejszy. Przykładowy graf wraz z zaznaczonymi kosztami dla poszczególnych krawędzi jest przedstawiony na Rys. 3. W tym przypadku kolejność działań algorytmu będzie następująca (w nawiasach podano koszt):

- A (0) -> D (3)
- A (0) -> B (5)
- A (0) -> D -> F (5)
- A (0) -> D -> E (5)
- A (0) -> B -> C (6)
- A (0) -> D -> F -> G (8)



Rys. 3. Strategia jednolitego kosztu: A – start, G- cel

Strategia znajduje optymalne rozwiązanie, o ile koszt każdej dopuszczalnej akcji przewyższa pewną dodatnią wartość ϵ . Złożoność pamięciowa jak i obliczeniowa strategii to $O(b^{1+C*/\epsilon})$, gdzie C^* jest kosztem rozwiązania optymalnego.

Do wykonania

Strona internetowa <http://aispace.org> reklamuje się jako “Narzędzia do nauki sztucznej inteligencji”. W dziale „Downloads” możesz znaleźć m.in. narzędzie służące do tworzenia i przeszukiwania grafów (Graph Searching) z zastosowaniem różnych metod przeszukiwania grafu.

Poszukujemy najkrótszej z Rybnika (Rondo Gliwickie) na wydział MT. Korzystając z programu *Search Applet* spróbujemy taką drogę znaleźć korzystając z ślepych strategii przeszukiwania.

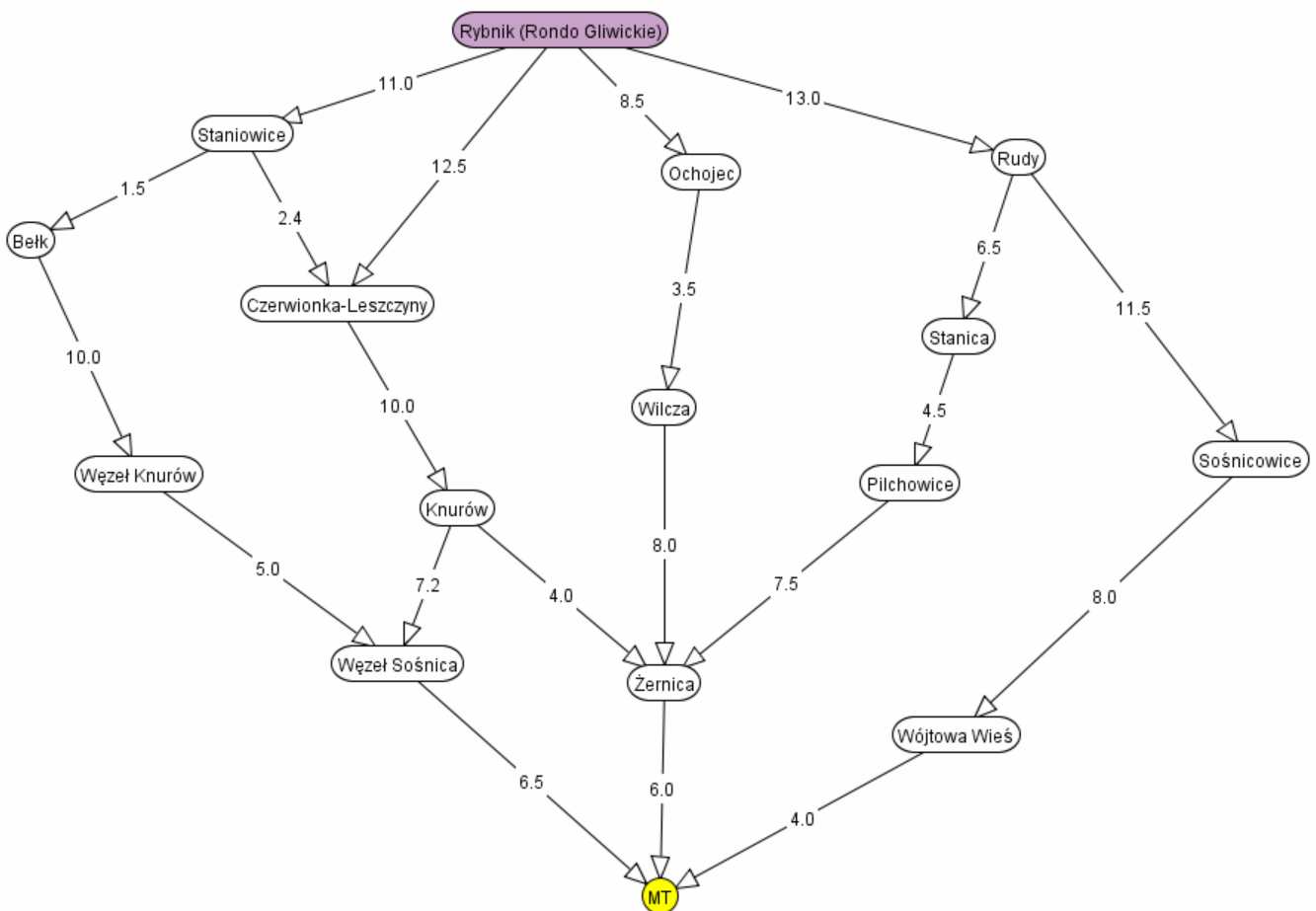


Uruchom program *Search Applet*. Zapoznaj się z pomocą do programu. Korzystając z zakładki *Create* wygeneruj graf jak na Rys. 4.

Wskazówki:

- w celu wygenerowania węzłów skorzystaj z ikony *Create Node*;
- do generowania krawędzi służy ikona *Create Edge*;
- w celu wyświetlenia kosztów poszczególnych krawędzi (odległości) włącz *View->Show Edge Costs*; jeśli podczas pracy koszty krawędzi przestaną być widoczne wyłącz wspomnianą opcję i włącz ją z powrotem.

! Pamiętaj o zapisaniu wszystkich utworzonych na zajęciach grafów (w osobnych plikach). Mogą się jeszcze przydać...



Rys. 4. Wybrane węzły i krawędzie na trasie Rybnik-MT



Przejdź do zakładki *Solve*. Wybierz metodę przeszukiwania w głąb (*Search Options-> Search Algorithms->Depth First*). Klikaj ikonę *Step* zwracając uwagę na zmieniające się kolory węzłów i informacje w dolnej części okna aplikacji. Gdy algorytm zakończy pracę zanotuj w protokole (Tabela

1) znaną ścieżkę, koszt znalezionej odpowiedzi (odległość w kilometrach) oraz liczbę odwiedzonych węzłów. Wciśnij OK. Zauważ, że ponownie wciskając Step będzie rozwijana kolejna gałąź. W celu rozpoczęcia poszukiwań od początku użyj ikony *Reset Search*.



Powtórz powyższe dla metody przeszukiwania wszerz (*Breadth First*) oraz strategii jednolitego kosztu (*Lower Cost First*). Wyniki również umieść w protokole.



Utwórz lustrzane odbicie (względem osi pionowej) grafu, przeciągając poszczególne węzły. Sprawdź, jak skuteczne okażą się poszczególne strategie w tym przypadku. Wyniki zamieść w tabeli 2 protokołu.

Sprawozdanie

- Sprawozdanie ma być dostarczone wyłącznie w formie elektronicznej.
- Nazwa pliku wg wzorca: [MH_lab1_Jan_Kowalski.doc/pdf](#).
- Strona pierwsza to strona tytułowa.
- W sprawozdaniu należy zamieścić:
 1. Cel ćwiczenia.
 2. Opis problemu (w tym wszystkie rozważane grafy).
 3. Skan/fotografię protokołu.
 4. Przemyślenia i wnioski z części przeprowadzonej na zajęciach.
 5. Graf reprezentujący połączenie między miejscem Twego urodzenia a miejscem zamieszkania dowolnej bliskiej Ci osoby (np. kolega, koleżanka, członek rodziny), który mieszka w innej miejscowości, niż Twoje miejsce urodzenia. Graf ma zawierać co najmniej 14 węzłów (w tym start i koniec) oraz co najmniej 4 alternatywne trasy. Sprawdź działanie rozważanych strategii na stworzonym przez siebie grafie i zanotuj wyniki.
 6. Wnioski wynikające z punktu 5.

Literatura i źródła

- [1] <http://wazniak.mimuw.edu.pl> – materiały dydaktyczne przygotowane w ramach projektu *Opracowanie programów nauczania na odległość na kierunku studiów wyższych – Informatyka*.
- [2] <http://www.aispace.org> – strona AIspace.
- [3] Włodzisław Duch – Notatki do wykładów: Sztuczna Inteligencja i Systemy Ekspertowe (http://www.is.umk.pl/~duch/Wyklady/AI_plan.html).
- [4] Wikipedia – przeszukiwanie grafu (http://pl.wikipedia.org/wiki/Przeszukiwanie_grafu).

Protokół do laboratorium 1 : Przeszukiwanie grafów cz. 1 – strategie ślepe

| | | | | | | |
|-----------------|---------|-----|------|-------|-------|---------------------|
| Imię i nazwisko | Rok ak. | Gr. | Sem. | Komp. | Data | Podpis prowadzącego |
| _____ | 20__/__ | ME3 | II | _____ | _____ | |

Tabela 1. Graf Rybnik-MT w wersji **pierwotnej**

| Metoda przeszukiwania | Znaleziona trasa | Koszt [km] | Liczba odwiedzonych węzłów |
|-----------------------|------------------|------------|----------------------------|
| w głąb | | | |
| wszerz | | | |
| jednolitego kosztu | | | |

Tabela 2. Graf Rybnik-MT w wersji **lustrzanej**

| Metoda przeszukiwania | Znaleziona trasa | Koszt [km] | Liczba odwiedzonych węzłów |
|-----------------------|------------------|------------|----------------------------|
| w głąb | | | |
| wszerz | | | |
| jednolitego kosztu | | | |

Notatki (na drugiej stronie):