



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

Wydział Mechaniczny Technologiczny
Politechnika Śląska

METODY HEURYSTYCZNE

LABORATORIUM 2: Przeszukiwanie grafów cz. 2 – strategie heurystyczne

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

Cel ćwiczenia

Wykonując ćwiczenie laboratoryjne zastosujesz do wybranych problemów poznany na poprzednich ćwiczeniach program oraz następujące strategie przeszukiwania heurystycznego: pierwszy najlepszy (w tzw. wersji zachłannej), heurystyczne przeszukiwanie w głąb oraz A*. Celem jest znalezienie najkrótszej drogi do celu. Celem dodatkowym jest zminimalizowanie liczby odwiedzonych węzłów.

Trochę teorii...

Jak już wiesz, zagadnienie szukania jest jedną z najważniejszych metod sztucznej inteligencji. Dziś zapoznasz się z heurystycznymi metodami poszukiwań, wykorzystującymi dodatkową wiedzę o problemie. Heurystyka (metoda „intuicyjna”) jest to metoda znajdowania rozwiązań, która pozwala na znalezienie w akceptowalnym czasie przynajmniej „dostatecznie dobrego”, przybliżonego rozwiązania problemu. Metod tych używa się np. wtedy, gdy pełny algorytm dla danego problemu jest nieznanym lub jest on zbyt kosztowny obliczeniowo.

Strategie heurystyczne korzystają z dodatkowej, heurystycznej funkcji oceny stanu (np. szacującej koszt rozwiązania od bieżącego stanu do celu) by określić, którą część drzewa najpierw rozwijać. Metody te prawie zawsze gwarantują podjęcie lepszej decyzji wskazując dobre (według pewnego kryterium) kierunki poszukiwania, choć mogą pominąć ważne rozwiązania.

Do heurystycznych strategii przeszukiwania należą m. in.:

- zachłanna strategia najpierw najlepszy;
- strategia A*;
- strategia heurystycznego przeszukiwania w głąb;
- IDA* (iterative deepening A*);
- metoda najszybszego wzrostu;
- symulowane wyżarzanie;
- algorytmy ewolucyjne;

W ramach niniejszej instrukcji ograniczymy się do pierwszych trzech metod.

Zachłanna strategia pierwszy najlepszy

Strategia pierwszy najlepszy w wersji zachłannej (*ang. greedy best first search*) dla oceny atrakcyjności węzła korzysta wyłącznie z funkcji heurystycznej h . Każdemu węzłowi przypisuje szacowany koszt najkrótszej ścieżki od tego węzła do celu węzła docelowego. Za h można przyjąć w zasadzie dowolną funkcję, o ile tylko jest ona dopuszczalna¹. Często dla zagadnień poszukiwania najkrótszej drogi przyjmuje się odległość od węzła do celu w linii prostej.

Strategia zachłanna próbuje maksymalnie zmniejszyć koszt dotarcia do celu bez oceny, czy na dłuższą metę jest to najlepsze zachowanie. Do wad metody należy zaliczyć również to, iż może ona „źle” wystartować i utknąć w ślepej uliczce. Strategia nie jest algorytmem optymalnym (niekoniecznie znajduje rozwiązanie o minimalnym koszcie) jak również nie jest algorytmem zupełnym (nie zawsze znajduje rozwiązanie).

¹ Funkcję heurystyczną nazywa się dopuszczalną, jeśli w każdym stanie n spełnia następujący warunek:

$$h(n) \leq h^*(n),$$

gdzie $h^*(n)$ jest rzeczywistym koszt ścieżki od stanu n do celu.

Funkcja przypisująca każdemu węzłowi odległość do celu w linii prostej spełnia ten warunek – nie można przecież znaleźć krótszej drogi...

Strategia A*

Strategia A* (*ang. A* strategy*) jest innym wariantem strategii pierwszy najlepszy. Jest ona wysoce efektywną metodą przeszukiwania, zaproponowaną w 1968 roku przez Petera Harta, Nilsa Nilssona oraz Bertrama Raphaela. Strategia ta umożliwia znalezienie najkrótszej drogi między wierzchołkiem początkowym a dowolnym z wierzchołków docelowych w grafie. W tym celu wykorzystuje ona funkcję oceny w postaci:

$$f(n) = g(n) + h(n)$$

gdzie: $g(n)$ – dotychczasowy (rzeczywisty) koszt dotarcia do stanu n ; $h(n)$ – oszacowanie kosztu od stanu bieżącego n do stanu docelowego.

A* jest algorytmem optymalnym, jeśli heurystyka h jest dopuszczalna. A* jest też algorytmem zupełnym, jeśli nie ma nieskończenie wielu stanów takich, że $f \leq f(G)$, gdzie: G - stan docelowy.

Strategia heurystycznego przeszukiwania w głąb

Strategia heurystycznego przeszukiwania w głąb (*ang. heuristic depth search*) jest wersją ślepego przeszukiwania w głąb, w której używana jest wiedza heurystyczna o problemie. Algorytm przeszukiwania w głąb jest zmodyfikowany w ten sposób, że przeszukiwane lokalnie z zastosowaniem heurystyki pozwala na znalezienie najlepszego (z punktu widzenia danej heurystyki) węzła potomnego, miast rozwijać węzeł leżący najbardziej z lewej strony.

Jeśli jako funkcję oceny węzłów zastosuje się funkcję ze strategii A* a w dodatku zastosuje się metodę iteracyjnego pogłębiania², to otrzymamy algorytm IDA* (iteracyjnie pogłębiane A*). Algorytm ten można przedstawić jako:

1. Stosuj algorytm szukania w głąb.
2. Oceniaj całkowite koszty $f(n) = g(n) + h(n)$ heurystyką A*.
3. Jeśli $f(n) > T$ cofaj się.
4. Jeśli nie znaleziono rozwiązania zwiększ T i powtarzaj.

IDA* jest, podobnie jak A*, algorytmem zupełnym kompletnym i optymalnym, jednak ma mniejsze niż strategia A* wymagania pamięciowe.

Do wykonania

Skorzystaj ponownie z programu do tworzenia i przeszukiwania grafów ze strony internetowej Alspace (<http://aispace.org>).

Poszukujemy w dalszym ciągu najkrótszej z Rybnika (Rondo Gliwickie) na wydział MT. Korzystając z programu *Search Applet* spróbujemy znaleźć taką drogę korzystając tym razem z heurystycznych strategii przeszukiwania.



Uruchom program *Search Applet*. Otwórz plik z grafem z poprzednich zajęć (lub utwórz nowy plik) i zapisz go pod inną nazwą. Dla każdego węzła wprowadź wartość funkcji heurystycznej $h(n)$ –

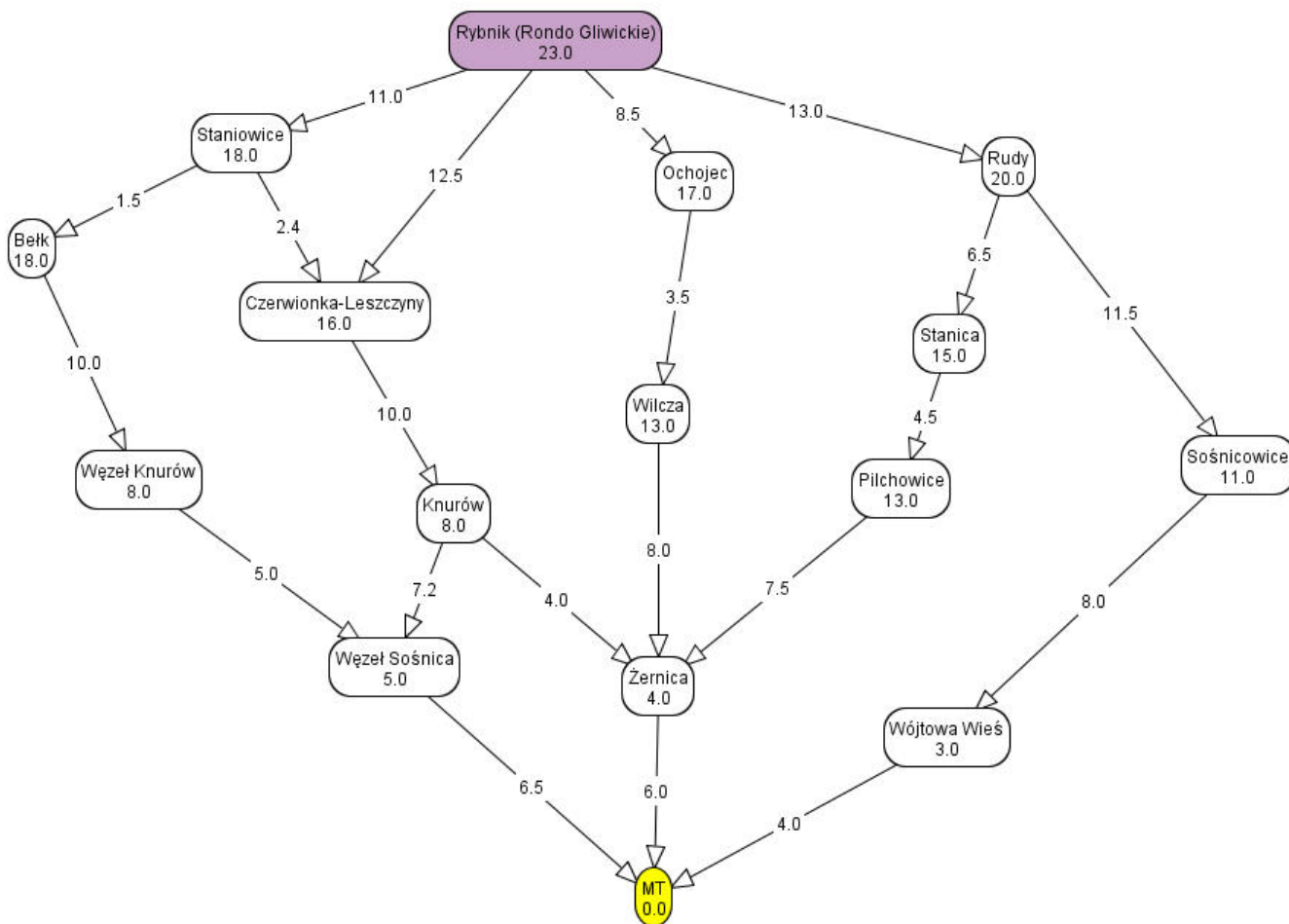
² Metoda iteracyjnego pogłębiania wykonuje się przeszukiwanie w głąb ograniczone do pewnej głębokości T . Jeżeli przeszukiwanie nie zakończy się sukcesem, to zwiększana jest wartość T o jeden i przeszukiwanie jest przeprowadzane ponownie. Metoda ta jest pewnym kompromisem między przeszukiwaniem wszerz i przeszukiwaniem w głąb, będąc metodą jednocześnie zupełną i optymalną. Mimo wielokrotnego rozwijania tych samych węzłów użycie pamięci (pesymistyczne) jest niewiele większe, niż w metodzie przeszukiwania wszerz.

w tym przypadku będzie to odległość poszczególnych węzłów od celu w linii prostej. Odległości te zebrano w Tab. 1. Włącz wyświetlanie wartości funkcji heurystycznych dla węzłów (View-> Show Node Heuristics). Na Rys. 1 przedstawiono graf z wprowadzonymi odległościami w linii prostej od celu.

! Jeśli nie uda się w programie wprowadzić wartości ułamkowych zaokrąglij je do jedności.

Tab. 1 Odległości poszczególnych węzłów od celu (Wydział MT) w linii prostej

Węzeł	Odległość od celu (wartość f. heuryst. $h(n)$), [km]	Węzeł	Odległość od celu (wartość f. heuryst. $h(n)$), [km]
Rybnik	23.3	Ochojec	17.3
Staniowice	18.2	Wilcza	12.8
Bełk	17.7	Rudy	19.8
Węzeł Knurów	8.3	Stanica	15.4
Węzeł Sośnica	4.5	Pilchowice	12.6
Czerwionka-Leszczyny	16.1	Sośnicowice	11.1
Knurów	8.0	Wójtowa Wieś	2.7
Żernica	4.2	MT	0



Rys. 1. Wybrane węzły i krawędzie na trasie Rybnik-MT



Wykonaj przeszukiwanie grafu (klikając ikonę Step) dla trzech rozważanych strategii po kolei. Zanotuj w protokole (Tabela 1) znaną ścieżkę, koszt znalezionej trasy (odległość w kilometrach) oraz liczbę odwiedzonych węzłów dla pierwszego rozwiązania znalezionej przez algorytm.



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



Zmodyfikuj graf według własnego uznania dobdając węzły i krawędzie (możesz modyfikować wersję pierwotną lub lustrzane odbicie). W tym celu skorzystaj z dowolnej strony internetowej, która umożliwia znalezienie trasy (np. Mapy Google). Z kolei w celu określenia odległości w linii prostej pomiędzy miastami możesz na przykład skorzystać ze strony www.odleglosci.info. Zapisz utworzony graf. Przeprowadź poszukiwania dla takiego grafu wypełniając Tabelę 3.

Sprawozdanie

- Sprawozdanie ma być dostarczone wyłącznie w formie elektronicznej.
- Nazwa pliku wg wzorca: [MH_lab2_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. Przemyslenia 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] S. Wierzchoń: Elementy sztucznej inteligencji. Materiał udostępniony na prawach rękopisu. Instytut Podstaw Informatyki PAN, 2009.
- [4] Wikipedia – algorytm A* (http://pl.wikipedia.org/wiki/A*).

Protokół do laboratorium 2: Przeszukiwanie grafów cz. 2 – strategie heurystyczne

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

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

Metoda przeszukiwania	Znaleziona trasa	Koszt [km]	Liczba odwiedzonych węzłów
pierwszy najlepszy			
heurystyczne w głąb			
A*			

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

Metoda przeszukiwania	Znaleziona trasa	Koszt [km]	Liczba odwiedzonych węzłów
pierwszy najlepszy			
heurystyczne w głąb			
A*			

Tabela 3. Graf Rybnik-MT w wersji **zmodyfikowanej**

Metoda przeszukiwania	Znaleziona trasa	Koszt [km]	Liczba odwiedzonych węzłów
pierwszy najlepszy			
heurystyczne w głąb			
A*			

Notatki (na drugiej stronie):