Grundlagen der Künstlichen Intelligenz

11. Klassische Suche: uniforme Kostensuche

Malte Helmert

Universität Basel

16. März 2015

Klassische Suche: Überblick

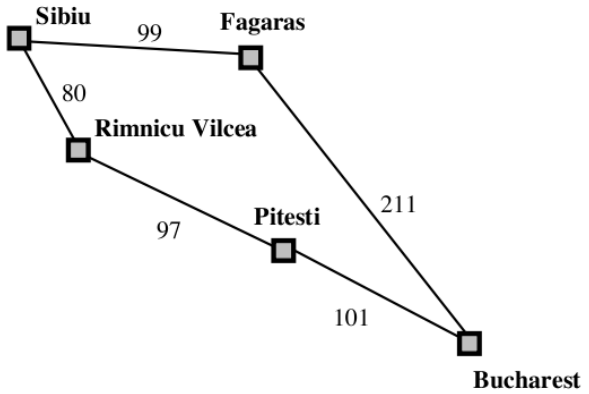
Kapitelüberblick klassische Suche:

- 5.–7. Grundlagen
- 8.–12. Basisalgorithmen
  - 8. Datenstrukturen für Suchalgorithmen
  - 9. Baumsuche und Graphensuche
  - 10. Breitensuche
  - 11. uniforme Kostensuche
  - 12. Tiefensuche und iterative Tiefensuche
- 13.–20. heuristische Algorithmen

Einführung

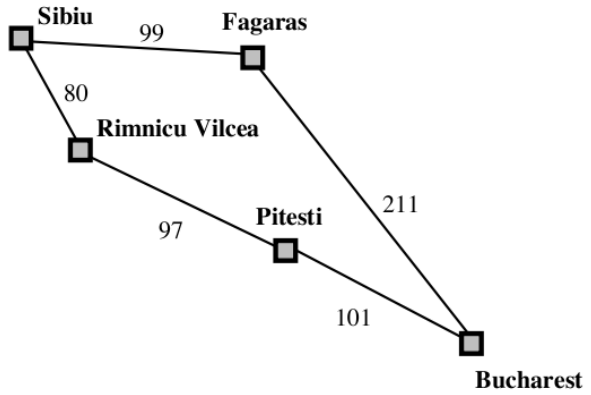
Uniforme Kostensuche

- Breitensuche optimal, wenn alle Aktionskosten gleich
- sonst Optimalität nicht garantiert $\rightsquigarrow$ Beispiel:



Uniforme Kostensuche

- Breitensuche optimal, wenn alle Aktionskosten gleich
- sonst Optimalität nicht garantiert $\rightsquigarrow$ Beispiel:



Abhilfe: uniforme Kostensuche

- expandiere immer Knoten mit minimalen Pfadkosten (n.path_cost alias $g(n)$)
- Implementierung: Prioritätswarteschlange (Min-Heap) für Open-Liste

Algorithmus

Erinnerung: generischer Graphensuchalgorithmus

Erinnerung aus Kapitel 9:

Generische Graphensuche

```
open := new OpenList
open.insert(make_root_node())
closed := new ClosedList
while not open.is_empty():
    n := open.pop()
    if closed.lookup(n.state) = none:
        closed.insert(n)
        if is_goal(n.state):
            return extract_path(n)
        for each ⟨a, s'⟩ ∈ succ(n.state):
            n' := make_node(n, a, s')
            open.insert(n')
return unsolvable
```

Uniforme Kostensuche

Uniforme Kostensuche

```
open := new MinHeap ordered by g
open.insert(make_root_node())
closed := new HashSet
while not open.is_empty():
    n := open.pop_min()
    if n.state ∉ closed:
        closed.insert(n)
        if is_goal(n.state):
            return extract_path(n)
        for each ⟨a, s'⟩ ∈ succ(n.state):
            n' := make_node(n, a, s')
            open.insert(n')
return unsolvable
```

Uniforme Kostensuche: Diskussion

Anpassung der generischen Graphensuche
für uniforme Kostensuche:

- hier wären frühe Zieltests/frühe Updates der Closed-Liste keine gute Idee. (Warum nicht?)
- wie in BFS-Graph reicht eine Menge für die Closed-Liste aus
- eine Baumsuchvariante ist möglich, aber selten:
  dieselben Nachteile wie BFS-Tree und im allgemeinen
  nicht einmal semi-vollständig (Warum nicht?)

Anmerkung: identisch mit Dijkstras Algorithmus
für kürzeste Pfade in gewichteten Graphen!
(bei beiden: Variante mit/ohne verzögerte Duplikateliminierung)

Uniforme Kostensuche: Verbesserungen

Mögliche Verbesserungen:

- wenn Aktionskosten kleine Ganzzahlen sind,
  sind Bucket-Heaps oft effizienter
- zusätzliche frühe Duplikatstests für erzeugten Knoten
  können Speicheraufwand reduzieren
  und Laufzeit verbessern oder verschlechtern

Eigenschaften

Vollständigkeit und Optimalität

Eigenschaften der uniformen Kostensuche:

- uniforme Kostensuche ist vollständig (Warum?)
- uniforme Kostensuche ist optimal (Warum?)

Zeit- und Platzaufwand

Eigenschaften der uniformen Kostensuche:

- Zeitaufwand hängt von Verteilung der Aktionskosten ab (keine einfachen und genauen Schranken).
  - Sei $\varepsilon := \min_{a \in A} cost(a)$ und gelte $\varepsilon > 0$.
  - Seien c^* die optimalen Lösungskosten.
  - Sei b der Verzweigungsgrad und gelte $b \geq 2$.
  - Dann beträgt der Zeitaufwand höchstens $O(b^{\lfloor c^*/\varepsilon \rfloor + 1})$. (Warum?)
  - oft eine sehr schwache obere Schranke
- Speicheraufwand = Zeitaufwand

Zusammenfassung

Zusammenfassung

uniforme Kostensuche:
expandiere Knoten in Reihenfolge aufsteigender Pfadkosten

- üblicherweise als Graphensuche
- entspricht dann Dijkstra-Algorithmus
- vollständig und optimal