

Künstliche Intelligenz

Sebastian Iwanowski
FH Wedel

Kap. 7:
Ameisenalgorithmen

7.1: Grundprinzip und Anwendung auf TSP und verwandte Probleme

Die Natur als Vorbild

Ameisen als Verkehrsteilnehmer

Ameisen finden kürzeste Wege

- Koordination der Futtersuche
- Anpassung an Veränderungen der Umgebung

Wege in Verkehrsnetzen

- Kürzeste Route
- Schnellste Route
- Komfortabelste Route
- Dynamische Informationen nutzen



Die Natur als Vorbild

Grundprinzipien der Koordination

- Jede Ameise setzt auf ihrem Weg regelmäßig Pheromone.
- Bei Verzweigungen ist die Wahrscheinlichkeit, dass sich eine Ameise für einen Weg entscheidet, proportional zur Pheromonkonzentration auf diesem Weg.
- Jede Ameise läuft denselben Weg zurück, den sie gekommen ist.

Die Natur als Vorbild

Kommunikationsmöglichkeiten von Ameisen

Pheromone als Informationsträger

- Chemische Substanz, die jede Ameise wahrnimmt mit der Unterscheidung zwischen Eigenpheromon und Fremdpheromon
- Permanente, konstante Ausschüttung
- Veränderung der lokalen Umgebung
- Grundlage für die eigene Wegentscheidung

Stigmergie als Kommunikationsprinzip

- Kommunikation grundsätzlich nur indirekt über Pheromone
- Pheromone nur lokal ablesbar
- Pheromone liefern nur lokale Information

Die Natur als Vorbild

Vorteile der probabilistischen Entscheidung: Beispiel

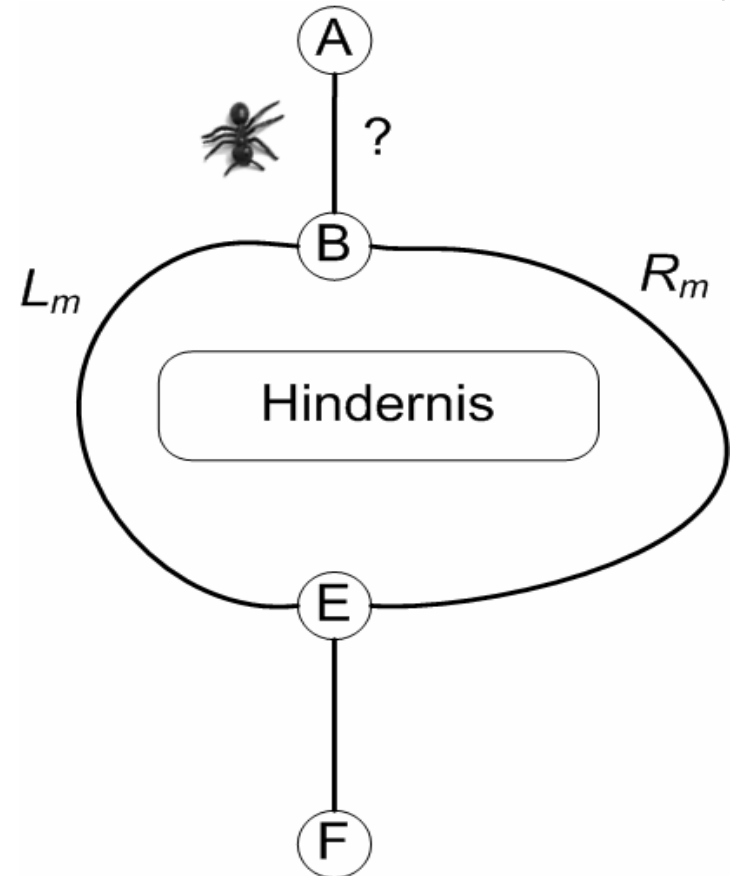
Einfaches Wegexperiment:

- Annahme: keine Verdunstung
- m ... Anzahl der Ameisen
- L_m ... Ameisen auf linken Weg
- R_m ... Ameisen auf rechten Weg

$$P_L(m) = \frac{(L_m + k)^h}{(L_m + k)^h + (R_m + k)^h}$$

$$P_R(m) = 1 - P_L(m)$$

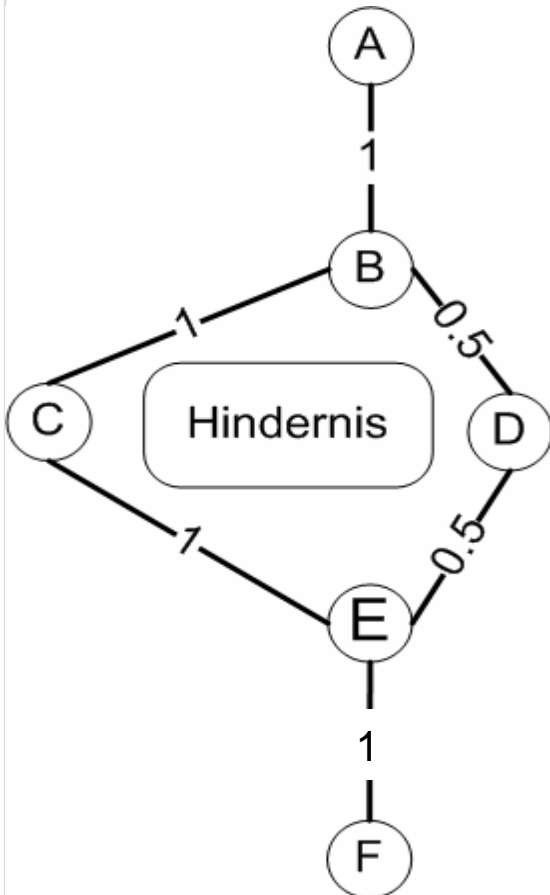
$$k = 20; h = 2$$



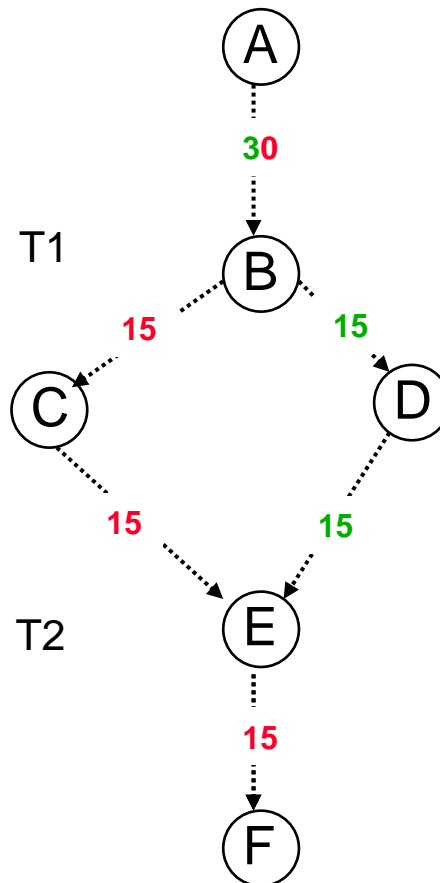
Die Natur als Vorbild

Vorteile der probabilistischen Entscheidung: Beispiel

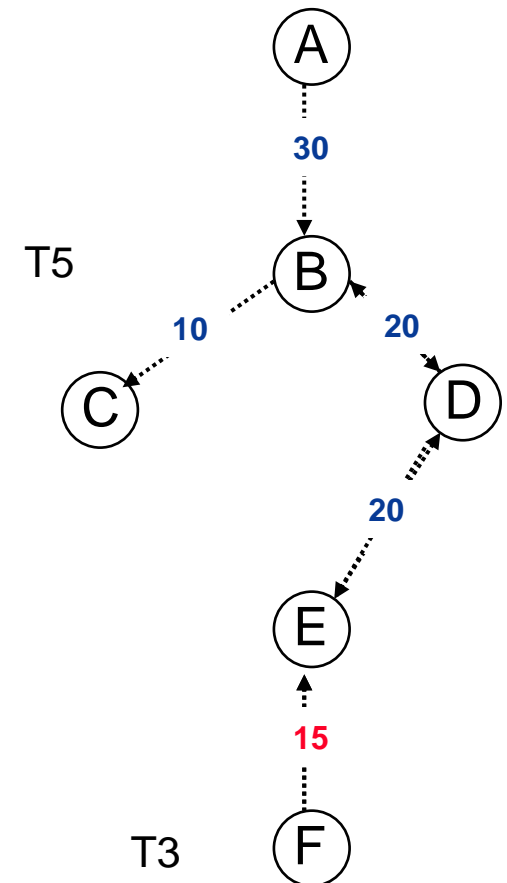
Entfernungen



T0: 30 **Pionierameisen**



T4: 30 **neue Ameisen**



Die Natur als Vorbild

Vorteile der probabilistischen Entscheidung: Zusammenfassung

Autokatalyse

- Positives Feedback durch Pheromone
- Je höher die Pheromonkonzentration ist, desto mehr Ameisen werden diesen Weg wählen.

Implizite Problemlösung

- Je kürzer ein Weg ist, desto mehr Ameisen durchlaufen diesen in gleicher Zeit, desto schneller steigt die Pheromonkonzentration

Kombination dieser beiden Eigenschaften

- Je kürzer ein Weg ist, desto mehr Ameisen werden diesen Weg gehen.

Die Natur als Vorbild

Vorteile der natürlichen Verdunstung

Problem: Stagnation

- Gute Lösungswege wirken anziehend
- Gefahr: schlechte Ameisen finden durchschnittliche Lösung
- Algorithmus konvergiert vorschnell
- Allmähliche Verschlechterung des Wegs wird nicht bemerkt

Lösung: Pheromonverdampfung

- Differenz der Pheromonkonzentration wird begrenzt
- Neue Informationen zählen mehr als alte
- Kompromiss zwischen Verstärkung und Erforschung

Künstliche Ameisenverfahren

Reale Ameisen und Künstliche Ameisen

Gemeinsamkeiten

- Kolonie von kooperierenden Individuen
- Pheromonspur und Stigmergie
- Kürzeste Wege – Kostenminimierung
- Kontinuierliche Bewegungen
- Stochastische und „kurzsichtige“ Entscheidungsfaktoren

Unterschiede

- Diskrete Welt, diskrete Zustandsübergänge
- Zustandsvariable, Gedächtnis
- Pheromonausschüttung korreliert mit Lösungsgüte
- Oftmals verzögerte Pheromonausschüttung
- Problemspezifische Fähigkeiten

Künstliche Ameisenverfahren

Traveling Salesman

Funktionsweise

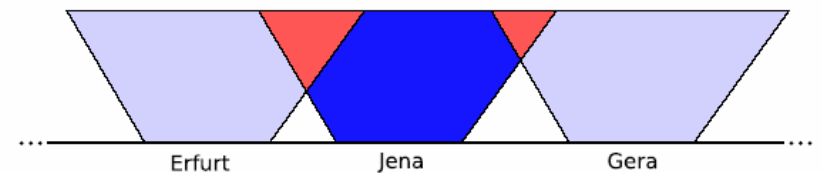
- Pheromone geben für jeden Knoten an, in welcher Richtung der günstigste Weg für die Weiterreise ist.
- Kontinuierlich werden Ameisen auf Rundreise geschickt
- Ameisen wählen den günstigsten Nachbarn, den sie noch nicht besucht haben
- Pheromone werden zweifach verändert:
 - 1) Jede Ameise schwächt den Weg ab, den sie selbst nimmt.
 - 2) In kontinuierlichen Zeitabständen wird der beste Weg seit der letzten Ermittlung betrachtet und die Pheromone auf diesem Weg verstärkt.

Vorteile

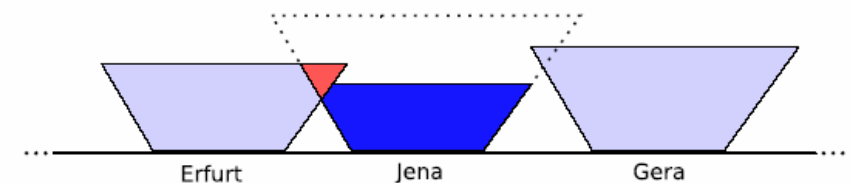
- Lösung wird zielgerichtet verbessert.
- Durch Verwischen der Spuren wird das Hängenbleiben in lokalen Minima vermieden (mathematisch beweisbar).
- Verfahren liefert jederzeit eine Lösung (anytime-Eigenschaft).
- Algorithmus stellt sich automatisch auf geänderte Optimierungsbedingungen ein.

Künstliche Ameisenverfahren

Übertragung auf Beschriftungsproblem (Masterarbeit Sven Reinck)



Sperrigkeit hängt von Reihenfolge der Berücksichtigung der Städte ab:



Problemstellung

Finde eine Reihenfolge, in der Städte berücksichtigt werden sollen, sodass die Gesamtsperigkeit minimal ist.

Künstliche Ameisenverfahren

Übertragung auf Beschriftungsproblem

Analogie zum Traveling Salesman Problem:

- Gesamtperrigkeit in Abhängigkeit der Einfügereihenfolge entspricht Weglänge bei Traveling Salesman Problem
- Pheromone geben an, wie sinnvoll es ist, nach Einfügen von Stadt i die Stadt j zu betrachten.

Sperrigkeit hängt von Reihenfolge der Berücksichtigung der Städte ab:

Ergebnisse des Ameisenverfahrens:

- Es werden kontinuierlich neue Lösungen geliefert.
- Qualität der Lösung kann nachträglich neu bewertet werden.

