

Probabilistische Algorithmen

Ant Colony Optimization

Hans Marktwart & Mateusz Zwierz

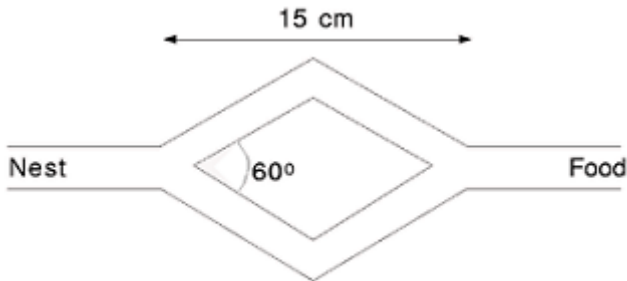
30. Mai 2010

- Metaheuristik
 - Folge abstrakter Schritte
 - anwendbar für verschiedene Problemstellungen
 - Implementierung ist wieder problemspezifisch
- meistens für Optimierungsprobleme
- Schwarmintelligenz
 - Phänomen, dass auftritt wenn mehrere Individuen miteinander kommunizieren und damit intelligente Verhaltensweisen hervorrufen

- inspiriert von Ameisenstraßen, weil sie die kürzeste Strecke zwischen Nest und Futter sind
- Biologen untersuchten dieses Verhalten
- Informatiker entwickelten daraus ACO-Metaheuristik
- Marco Dorigo
 - Forschungsleiter FNRS, IRIDIA Labor zur Erforschung und Entwicklung künstlicher Intelligenz
 - Stützt sich stark auf die Experimente von Deneubourg und Kollegen, diese untersuchten das kollektive Verhalten von Ameisen (*Iridomyrmex humilis*)

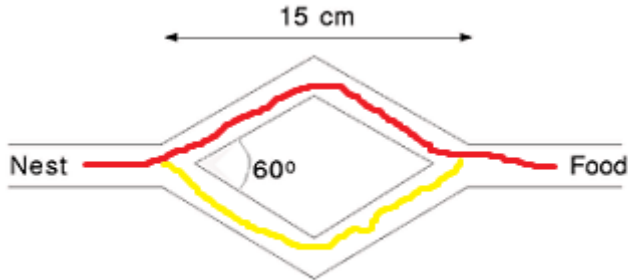
Doppel-Brücken-Experiment

- Doppel-Brücken-Experiment von Deneubourg und Kollegen, 1989
- Beide Abzweige haben die gleiche Länge



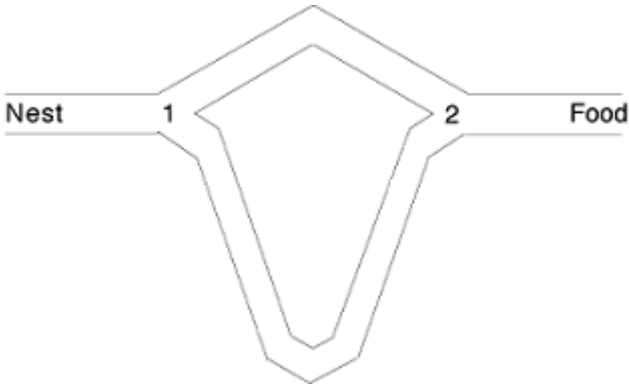
Doppel-Brücken-Experiment

- Doppel-Brücken-Experiment von Deneubourg und Kollegen, 1989
- Beide Abzweige haben die gleiche Länge



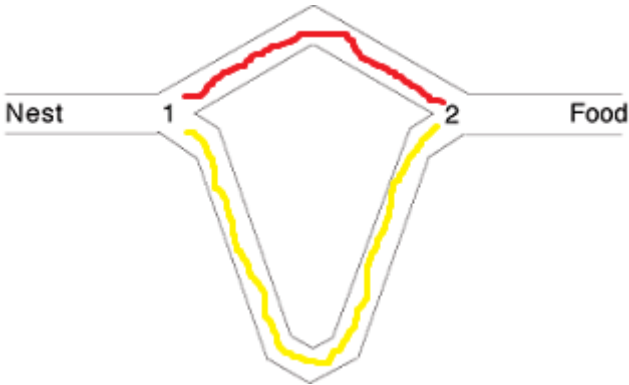
Doppel-Brücken-Experiment

- Doppel-Brücken-Experiment von Deneubourg und Kollegen, 1989
- ein Abzweig ist doppelt so lang wie der andere Abzweig



Doppel-Brücken-Experiment

- Doppel-Brücken-Experiment von Deneubourg und Kollegen, 1989
- ein Abzweig ist doppelt so lang wie der andere Abzweig

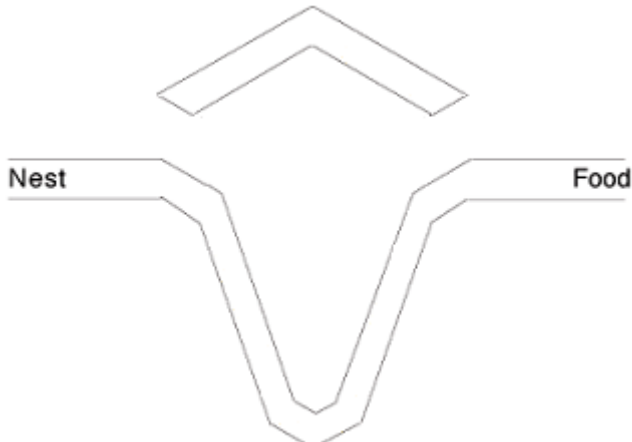


Ameisen haben folgende Eigenschaften:

- sie bewegen sich mit einer konstanten Geschwindigkeit
- sie kommunizieren indirekt über Pheromone(Stigmergie)
- sie hinterlassen Pheromone auf dem Hin- und Rückweg
- Die Wahrscheinlichkeit, dass eine Ameise einen Weg wählt, steigt mit der Pheromonkonzentration des Weges

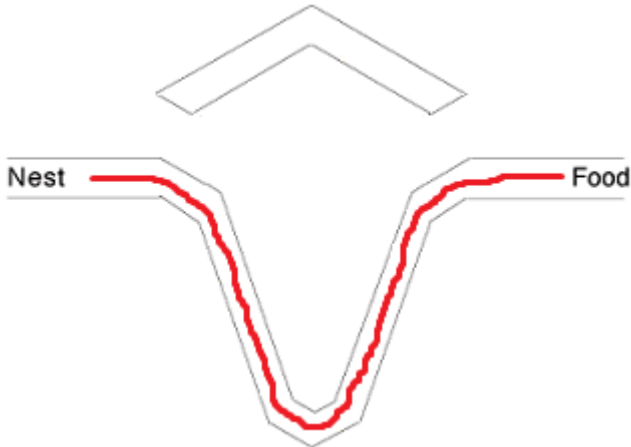
Doppel-Brücken-Experiment

- Doppel-Brücken-Experiment von Deneubourg und Kollegen, 1989
- ein Abzweig ist doppelt so lang wie der andere Abzweig
- Der kurze Abzweig wird rausgenommen



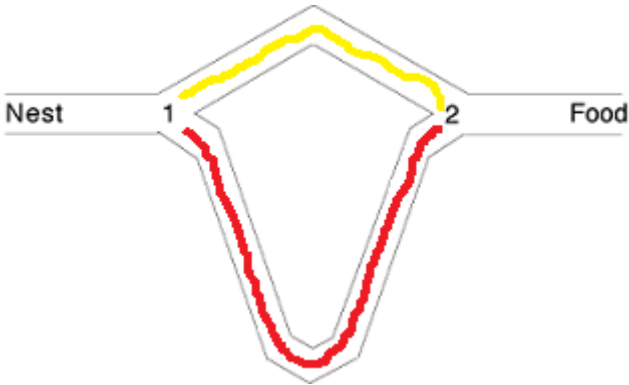
Doppel-Brücken-Experiment

- Doppel-Brücken-Experiment von Deneubourg und Kollegen, 1989
- Es wird solange gewartet bis sich die Ameisen auf den langen Weg einstellen



Doppel-Brücken-Experiment

- Doppel-Brücken-Experiment von Deneubourg und Kollegen, 1989
- Und dann wird der kurze Weg wieder eingesetzt



zusätzliche Ergebnisse:

- Die Pheromone verfliegen nicht schnell genug, sodass die Ameisen die lange Strecke nicht 'vergessen' können
- echte Ameisen haben nicht die Möglichkeit, einmal gefundene Wege zu verbessern

Wie kann man nun künstliche Ameisen implementieren???

Zu künstlichen Ameisen

- Pfad wird abgebildet auf einen Graph
- Zeitmodell wechseln von einem stetigen zu einem diskreten

Künstliche Ameisen sollten sich wie folgt verhalten:

- Konstruktion probabilistischer Lösungen, ohne Pheromonerneuerung beim Vorwärtslaufen
- Konstruktion eines deterministischen Rückweges mit Schleifenelimination und Pheromonerneuerung
- Evaluation der Qualität der Lösungen und damit auch die Bestimmung der Quantität der Pheromone, die zurückgelassen werden, mithilfe der Lösungsqualität

zusätzliche Anforderungen:

- Die Pheromone müssen mit einer bestimmten Rate verfliegen

1. Schritt: Pfad suchen

- Eine Ameise an einem Knoten, liest die Pheromoninformationen der weggehenden Kanten und entscheidet sich, dann für einen Weg
- Außer die Informationen der Kante von der sie gekommen ist, es sei denn es gibt keine andere Kante
- Sie neigt dazu Wege mit höheren Pheromonkonzentrationen zu wählen
- Am Anfang haben alle Knoten bzw. Kanten die gleiche Pheromonkonzentration
- Somit schwankt die Zeit, die gebraucht wird um vom Nest zur Futterquelle zu kommen, von Ameise zu Ameise

2.Schritt: Rückweg finden

- bevor der Rückweg angetreten wird, werden Schleifen entfernt
- Jede Ameise merkt sich ihren Hinweg zum Futter als eine Sequenz von Knoten, die auf Schleifen untersucht wird Bsp:

0-1-3-5-2-6-3-4-6-8-9

0-1-3-5-2-6-3-4-6-8-9

3.Schritt: Pheromone abgeben

- nachdem alle Schleifen entfernt wurden, kann die Ameise ihren Rückweg antreten
- Im einfachsten Fall geben alle Ameisen, eine gleiche Menge Pheromone auf den besuchten Kanten ab.
- Um die Effizienz zu steigern kann eine Ameise auch eine Menge Pheromone abgeben die abhängig von der Länge des Weges war, z.B.: sie geben

$$\frac{1}{length}$$

Pheromone auf den Kanten ab. Dies ist für Minimierungsprobleme

- Das Verdunsten oder Verfliegen der Pheromone ist wichtig für künstliche Ameisen
- lässt man dieses außer Acht, kann es passieren, dass sich die Ameisen zu schnell auf einen suboptimalen Pfad einstellen
- Es zeigt sich, dass sich die Verringerung der Pheromonintensität, positiv auf den 'Erkundungstrieb' der Ameisen auswirkt
- dadurch haben die künstlichen Ameisen die Möglichkeit längere Pfade zu vergessen und neue Pfade zu finden

Es wurden viele Experimente mit S-ACO durchgeführt, mit verschiedenen Werten für:

- Anzahl der Ameisen der künstlichen Kolonie
- Arten des Pheromonerneuerung
 - Ameisen geben eine konstante Menge Pheromone auf dem Rückweg ab
 - Ameisen geben eine Menge Pherome ab, die abhängig ist von der Qualität der Lösung (Länge des Pfades)
- Pheromonverdunstungsrate

Diese Experimente kamen zu folgenden Ergebnissen:

- Je größer die Anzahl der künstlichen Ameisen, je größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass sie die optimale Lösung finden, führt aber zu einer längeren Berechnungszeit
- Wenn die Menge der Pheromone, die abgegeben werden, abhängig sind von der Länge des Pfades, ist die Wahrscheinlichkeit größer, die optimale Lösung zu finden
- Die Pheromonverdunstungsrate ist kritisch, ist sie zu groß, neigen die Ameisen dazu sich auf einen zufälligen Pfad einzupegeln, ist die Rate zu klein verhalten sich die Ameisen genauso oder der Algorithmus konvergiert garnicht.

- TSP
- Proteinfaltung: 20 Aminosäuren zu Proteinen mit 100 Aminosäuren kombiniert, 10^{130} Proteine
- Telefonnetzwerk, Internet
- Personaleinsatz bei Fluggesellschaften