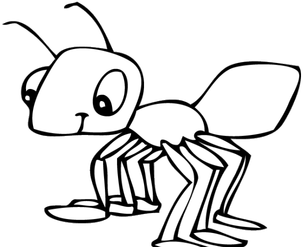


Optimizacija s kolonijami mravelj

Jaka Kranjc

26. maj 2011

Uvod

- Najuspešnejša metahevristična metoda za reševanje diskretnih optimizacijskih problemov, ki spada v družino algoritmov o inteligenci rojev
- Idejo povzema iz sodelovanja in obnašanja resničnih mravelj pri iskanju hrane.

Optimizacija s kolonijami mravelj se deli na več razredov

- Ant System (AS)
- Elitist Ant System (EAS)
- Rank-Based Ant System (ASrank)
- Min-Max Ant System (MMAS)
- Ant Colony System (ACS)

Zgodovina

1989–1990
Eksperimentiranje z argentinskimi mravljami (S. Goss in Jean-Louis Deneuborg) in ugotovitev, da mravlje raje izbirajo krajše poti med gnezdom in virom hrane in da spuščajo kemične snovi.

1991
Marco Dorigo je zasnoval prvi algoritem optimizacije s kolonijami mravelj, ki ga je poimenoval sistem mravelj (AS), in ga priredil za reševanje TSP.

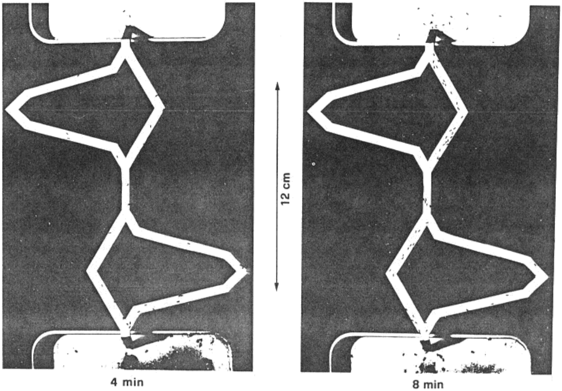
1998
Družina algoritmov, ki posnemajo obnašanje resničnih mravelj, dobi ime: optimizacija s kolonijami mravelj.

Resnične mravlje

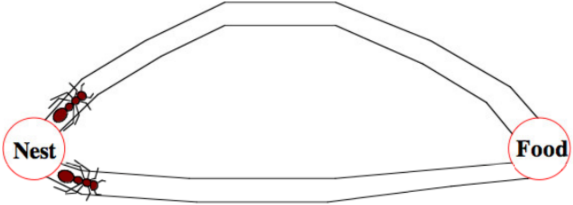
- Čeprav je ena mravlja zelo enostavno in primitivno bitje, je kolonija mravelj zelo zorganizirana enota in zelo učinkovita pri reševanju kompleksnih nalog, npr. iskanje najkrajše poti med danima dvema točkama.
- Mravlje med sabo posredno sodelujejo preko sledi kemične snovi – feromonov, ki jih odlagajo na poti in s tem spreminjajo okolje. Močnejša koncentracija feromonov na poti pomeni večjo verjetnost, da bodo ostale mravlje sledile tej poti.
- Feromoni sčasoma izhlapevajo, vendar se intenzivnost na krajših poteh kljub temu povečuje. Mravlje, ki izberejo krajšo pot, pridejo prej do hrane in hitreje nazaj, zato lahko v istem časovnem intervalu večkrat spustijo sled.

Resnične mravlje v eksperimentu

Deneubourg je s sodelavci eksperimentalno pokazal, da mravlje lahko najdejo krajše poti med gnezdom in virom hrane.

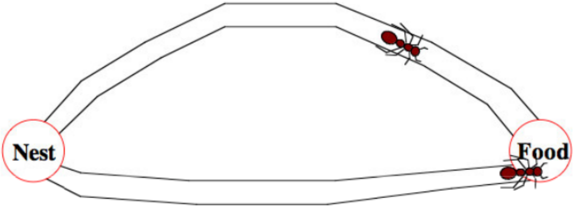


Resnične mravlje v eksperimentu



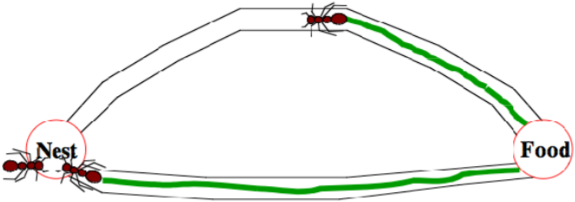
Na začetku imamo dve mravlji, ki začneta svojo pot in se z enako verjetnostjo (0,5) odločata med potema.

Resnične mravlje v eksperimentu



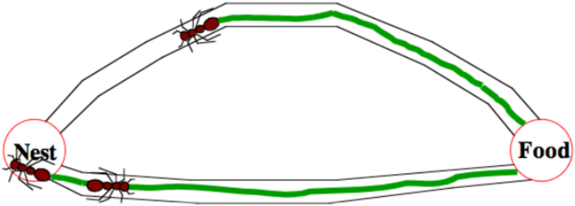
Mravlja, ki je izbrala krajšo pot, je prišla hitreje do cilja.

Resnične mravlje v eksperimentu



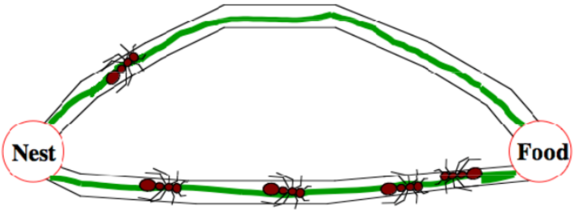
Mravlja, ki je izbrala krajšo pot, se vrne v gnezdo in za sabo pusti sled feromonov.

Resnične mravlje v eksperimentu



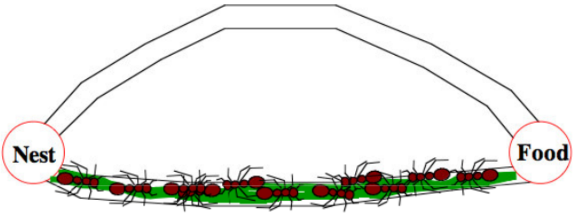
Naslednja mravlja zazna feromone in izbere krajšo pot.

Resnične mravlje v eksperimentu



Po nekaj ponovitvah se vedno več mravelj odloči za pot z močnejšo koncentracijo feromonov in jo dodato okrepi.

Resnične mravlje v eksperimentu



Po nekem času postane v uporabi samo še krajša pot.

ACO Algoritem

inicializacija
repeat
  {korak}
  for $i := 1 \to N$ (število mravelj) **do**
    i-ta mravlja je postavljena na začetno točko
    i-ta mravlja upošteva feromone in zgradi rešitev
  end for
  posodobitev feromonov
until zaključni pogoj
print najboljša rešitev

Dokazana konvergenca za GBAS, MMAS in ACS.

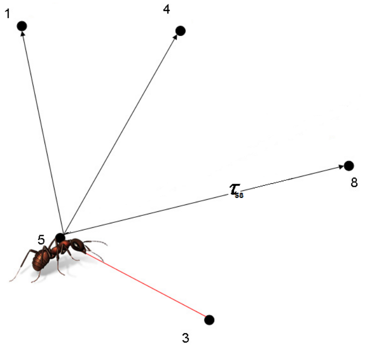
Gradnja rešitve

določanje naslednjega vozlišča

Naslednje dopustno vozlišče j se določi po pravilu prehoda stanj

$$P_{ij} = \begin{cases} \frac{\eta_{ij}^{\alpha}\xi_{ij}^{\beta}}{\sum_{k\in D_i}\eta_{ik}^{\alpha}\xi_{ik}^{\beta}} & ; j \in D_i \\ 0 & ; j \notin D_i \end{cases}$$

η_{ij} – verjetnost izkoriščanja
ξ_{ij} – verjetnost raziskovanja



Posodobitev feromonov

izhlapevanje

- enakomerno: $\tau_{ij} = \rho \cdot \tau_{ij} \quad \forall i, j = 1, 2, \ldots, n \quad \rho \in [0, 1]$

Omogoča skoke iz lokalnih minimumov.

okrepitev

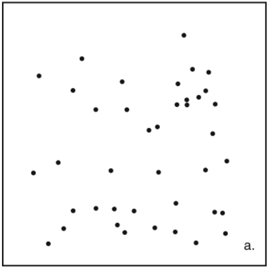
- $N = 1$
  - vsaka mravlja odda feromone
  - vsaka mravlja, ki najde boljšo rešitev, odda feromone
- $1 \leq k < N$
  - najboljših k mravelj odda feromone
  - najboljših k mravelj odda feromone sorazmerno z njihovo kakovostjo + okrepi se feromone za globalno najboljšo rešitev
  - mravlja z najslabšo rešitvijo pobere feromone

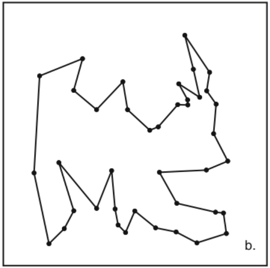
Količino okrepitve feromonov ponavadi določimo sorazmerno s kakovostjo rešitve.

Praktična uporaba

ACO algoritem lahko uporabimo za reševanje tako statičnih kot tudi dinamičnih kombinatoričnih optimizacijskih problemov.

- reševanje **dimamičnih** problemov
  (problem se spreminja s časom, tudi med samim reševanjem)
  primer: usmerjanje prometa
- reševanje **statičnih** problemov
  (problem se ne spreminja med reševanjem)
  primer: prirejanja, urniki, problem trgovskega potnika:





TSP

opis problema

Naj bo $G = (V, E, \omega)$ utežen poln graf, kjer je V množica vozlišč, E množica usmerjenih povezav in $\omega : E \rightarrow \mathbb{R}^+$ utež (cena) povezave. Iščemo najlažji (najcenejši) Hamiltonov cikel, tj. vpet cikel, grafa G.

- osrednji problem kombinatorične optimizacije
- NP-poln problem

Obstajajo dolgotrajni, dovršeni algoritmi, ki vrnejo točno rešitev, vendar bi želeli v kratkem času najti le dober približek. Rešitev:

uporaba ACO metahevristike, ponavadi ACS s seznamom kandidatov.

Hvala za pozornost!