



# Heuristické optimalizačné procesy



## Mravčie kolónie

Marian.Mach@tuke.sk

<http://neuron.tuke.sk/~machm>

Marec, 2013

# Prírodný mravec

- Vlastnosti
  - takmer slepý
  - komunikácia chemickým spôsobom
    - kladenie feromónovej stopy
  - pohyb
    - v neznámom prostredí náhodný pohyb
    - pri natrafení na feromónovú stopu s vysokou pravdepodobnosťou sledovanie stopy
- kolektívne chovanie
  - vytváranie priamej cesty medzi mraveniskom a zdrojom potravy

# Hľadanie najkratšej cesty



# Umelý mravec

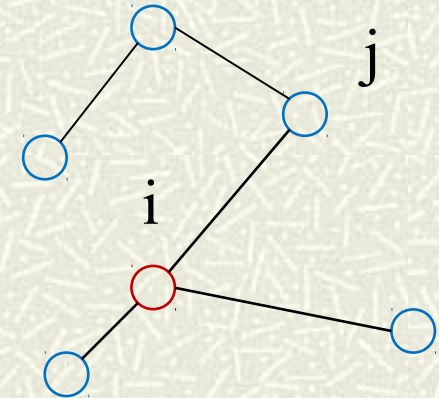
- vlastnosti
  - nie je úplne slepý (videnie obmedzené na najbližšie okolie)
  - oneskorené kladenie feromónovej stopy
  - pridanie pamäti
  - pohyb
    - rozhodnutie o smere pohybu ovplyvňované intenzitou feromónovej stopy
  - existencia v diskretnom okolí
    - diskretný čas
    - diskretný priestor

# Mravčí svet

- umelý svet
  - modelovaný neorientovaným váženým grafom
  - ak dva vrcholy spojené hranou, tak mravec môže prejsť z jedného vrcholu do druhého
  - hrana  $(i,j)$  – dvojito vážená
    - vzdialenosť medzi vrcholmi (statická váha  $d_{ij}$ )
    - feromónové pokrytie (dynamická váha  $\tau_{ij}$ )
- mravec
  - vyskytuje sa iba vo vrcholoch grafu
  - pravdepodobnostné generovanie cesty
  - cieľ: vytvorenie najkratšej cesty

# Výber smeru pohybu

- pamäť = zakázaný zoznam
- faktory výberu
  - feromónová intenzita:  $\tau_{ij}(t)$
  - viditeľnosť:  $\eta_{ij} = 1 / d_{ij}$
- pravdepodobnosť výberu
  - povolený prechod
    - $p_{ij}(t) = ( [\tau_{ij}(t)]^\alpha * [\eta_{ij}]^\beta ) / \sum_k ( [\tau_{ik}(t)]^\alpha * [\eta_{ik}]^\beta )$
  - zakázaný prechod
    - $p_{ij}(t) = 0$



# Feromónové hospodárstvo

- inicializácia
  - uniformná distribúcia  $\tau_{ij}(0) = \tau(0)$
- update
  - až všetky mravce prejdú celú cestu
  - každá hrana:
    - $\tau_{ij}(t+1) = \rho\tau_{ij}(t) + \Delta\tau_{ij}$
    - kde
      - odparovanie:  $(1 - \rho)$
      - kumulatívny inkrement:  $\Delta\tau_{ij} = \sum_k \Delta\tau_{ij}(k)$
      - príspevok k-teho mravca:  $\Delta\tau_{ij}(k) = Q / L_k$

# Štruktúra AS

- input:  $\pi$
- output:  $r \in S$
- $r = \square, g(r) = \infty$
- $i = 1$
- **repeat**
- initialize-ants()
- **while**( **not** memory-full() )
- move-ants()
- update-memory()
- **endwhile**
- $s = \text{shortest-path}()$
- **if**(  $g(s) < g(r)$  ) **then**
- $r = s$
- **endif**

- contributions()
- update()
- $i = i + 1$
- **until**  $i > \text{max}$
- **return**  $r$



# AS ako prehľadavací algoritmus

- konštrukčné lokálne prehľadávanie
- prehľadávanie je vykonávané v umelom svete (kde sa hľadá najkratšia cesta)
  - TSP – algoritmus je priamo použiteľný
  - iný problém - predefinovanie umelého sveta
    - topológia sveta
    - vlastnosti sveta (viditeľnosť)
    - zmeny sveta (spôsob udržiavania feromónu)
- AS je populačnou verziou A/CS

# MAXSAT – topológia umelého sveta

- svet pozostáva z  $2n$  miest
  - každý možný literál je reprezentovaný
- možných prechodov je  $2n(n-1)$ 
  - nie sú prechody medzi literálmi rovnakej premennej
- výber nasledujúceho mesta je dvojkrokový
  - výber premennej (dvojice možných miest)
    - náhodný výber doposiaľ neobsadenej premennej
  - výber hodnoty
    - heuristický výber (založený na intenzite feromónu a viditeľnosti)

# MAXSAT – dynamika umelého sveta

- nositeľom charakteristík sú uzly a nie hrany
- viditeľnosť
  - nie je definovaná staticky
    - $\eta_{ij} = 1 / (1 + g(s+\langle i=j \rangle) - g(s))$
- výber hodnoty
  - výber iba z dvoch možných prechodov
    - $p_{ij}(t) = ([\tau_{ij}(t)]^\alpha * [\eta_{ij}]^\beta) / \sum_{k=1,2} ([\tau_{ik}(t)]^\alpha * [\eta_{ik}]^\beta)$
- update feromónu
  - $\tau_{ij}(t+1) = \rho * (\tau_{ij}(t) + Q/g(s))$