

Algorytmy optymalizacyjne inspirowane przez naturę: mrówki i problem TSP

Michał Wojtał

29 czerwca 2016

System nerwowy pojedynczej mrówki jest prymitywny.

Istnieją gatunki mrówek, której nie mają zmysłu wzroku.

Przy tym, mrówki są zdolne do bardzo skomplikowanych interakcji między sobą.

Do komunikacji mrówki wykorzystują sygnały chemiczne - feromony.

Taki mechnizm komunikacji nazywany jest stygmerią.

Mrówki komunikują się poprzez zmianę środowiska.

Biorąc pod uwagę mechanizm komunikacji, można powiedzieć, że pamięć mrówek jako gatunku jest obiektywna i posiada stałą lokalizację.

Niektóre problemy rozwiązywane kolektywnie przez mrówki są bardzo złożone - wielokrotnie przekraczają zdolności pojedynczej mrówki.

Przykład - znalezienie ścieżki od gniazda do jedzenia (i z powrotem).

Okazuje się, że rozwiązanie, które kolektywnie generują mrówki jest często optymalne - ścieżka jest najkrótsza.

Wiele zagadnień optymalizacji można sprowadzić do problemu znalezienia najkrótszej ścieżki w grafie.



Rysunek: Ścieżka mrówek 1



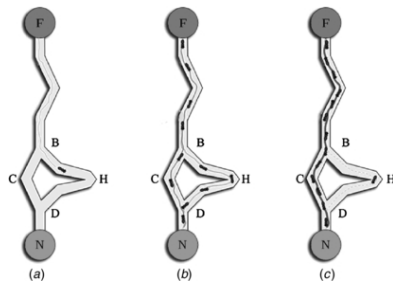
Rysunek: Ścieżka mrówek 2



Rysunek: Ścieżka mrówek 3

Na początku lat 90-tych zostały przeprowadzone przez Deneubourga i innych, dwa eksperymenty badające kolektywną komunikację mrówek - formowanie przez mrówki ścieżek i podążanie nimi.

Eksperymenty



Rysunek: Eksperymenty z mostkiem

1. W budowie ścieżki przez mrówki mamy do czynienia z dodatnim sprzężeniem zwrotnym.
2. Przez zbyt silne dodatnie sprzężenie zwrotne wybrane rozwiązanie może być nieoptymalne

Model agenta (1)

Agent porusza się losowo z prawdopodobieństwem ruchu w danym kierunku zależnym od kosztu tego ruchu i ilości feromonu na danej krawędzi.

Agent zostawia ślad w postaci pewnej ilości feromonu na swojej ścieżce.

Skoro chcemy aby bardziej interesujące były 'tanie' ścieżki - ilość zostawianego feromonu powinna zależeć od kosztu ścieżki.

Dla dużych sieci potrzebuje także warunku stop dla agenta.

Model agenta (2)

Dla agenta znajdującego się w wierzchołku x , prawdopodobieństwo wyboru krawędzi xy wyraża się wzorem:

$$p_{xy} = \frac{(\tau_{xy}^{\alpha})(\eta_{xy}^{\beta})}{\sum_{z \in \text{osigalne}_x} (\tau_{xz}^{\alpha})(\eta_{xz}^{\beta})},$$

gdzie:

τ_{xy} - ilość feromonu na krawędzi xy ,

η_{xy} - atrakcyjność krawędzi - przyjmuje $1/\text{dist}_{xy}$.

Ponadto $\alpha \geq 0$ oraz $\beta \geq 1$.

Model agenta (3) - ślad agenta

Ślad jaki zostawia na swojej ścieżce agent dany jest wzorem:

$$\Delta\tau_{xy} = \frac{Q}{L},$$

gdzie Q - pewna stała, L - atrakcyjność wybranego rozwiązania - przyjmuję koszt

Komunikacja między agentami

Po znalezieniu przez każdego agenta rozwiązania ilość feromonu na danej krawędzi zmienia się wedle reguły:

$$\tau_{xy} \leftarrow (1 - \rho)\tau_{xy} + \sum_k \Delta\tau_{xy}^k,$$

gdzie k przebiega zbiór agentów a ρ jest czynnikiem parowania.

Algorytm

1. *wygeneruj rozwiązania dla wszystkich agentów*
2. *uaktualnij rozkład feromonów*
3. *jeżeli spełniono warunki stopu - podaj rozwiązanie*
4. *wrót do 1.*

Zalety i wady ACO

Zalety tej klasy algorytmów:

- 1. Naturalna współbieżna implementacja*
- 2. Dodatnie sprzężenie zwrotne przyspiesza zbieżność do dobrych rozwiązań*
- 3. Łatwo adaptuje się do zmiennych warunków np. zmiany odległości*

Zalety i wady ACO

Algorytm jest trudny w analizie np. dlatego, że dokonujemy wielu wyborów nie zawsze niezależnych - rozkład prawdopodobieństwa zmienia się z każdą iteracją.

Nie ma znanych ograniczeń czasu zbieżności algorytmu.

Dziękuję za uwagę!