

## **Algorytmy mrówkowe**

### **Charakterystyka**

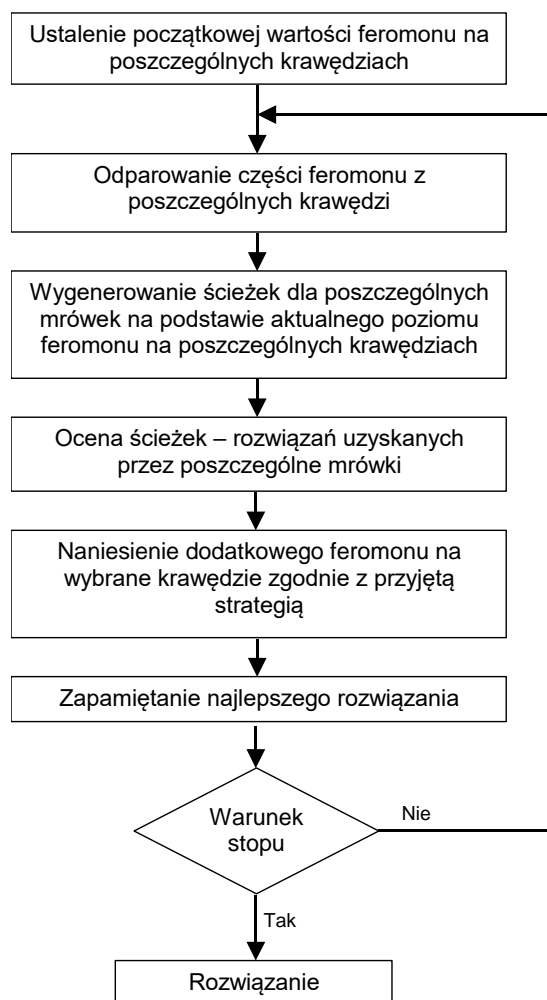
Algorytmy mrówkowe (Ant Algorithms – AA) są często nazywane także Optymalizacją Kolonią Mrówek (Ant Colony Optimization – ACO). Tej nazwy jako wspólnej dla wszystkich metod naśladujących postępowanie mrówek używa jeden z twórców tych metod. Obecnie wśród metod ACO można wymienić: systemy mrówkowe – pierwsze metody z tej rodziny, systemy kolonii mrówek, algorytmy mrówczej eksploracji grafu (Edge Ant Walk), algorytmy sortowania wylęgu (Brood Sorting), algorytmy podziału pracy i algorytmy wspólnego transportowania (Cooperative Transport), wirtualny algorytm mrówkowy (Virtual Ant Algorithm).

Powstanie systemów mrówkowych (Ant Systems (AS)) zostało zainspirowane przez obserwacje społecznych zachowań mrówek. Wśród wielu różnych działań podejmowanych przez mrówki do najistotniejszych należy poszukiwanie potrzebnych zasobów i ich wspólna eksploracja. Sposób, w jaki jest to realizowane, stał się podstawą funkcjonowania systemów mrówkowych. Każda z mrówek realizuje podobną strategię wyszukiwania, częściowo jest ona oparta na działaniu przypadkowym, częściowo jest ona determinowana przez informacje pochodzące od innych mrówek. Pozwala to na stopniowe optymalizowanie wysiłku potrzebnego na eksplorację znalezionej zasoby.

Za kluczową pracę w rozwoju systemów mrówkowych, uważana jest rozprawa doktorska Dorigo z 1992 roku. Na początku metody te były zasadniczo stosowane do rozwiązywania problemów kombinatorycznych i na tym polu odniosły znaczne sukcesy. Później ACO stosowano także do innych problemów, w tym problemów o zmiennych ciągłych, co wymagało zmiany podejścia do reprezentacji problemu w algorytmie.

Przedstawiona na rysunku 3.17 ogólna postać systemu mrówkowego prezentuje klasyczne dla AA podejście do optymalizacji problemów kombinatorycznych – wynikające z natury samej metody naśladującej optymalizację trasy do pewnego zasobu. Używa się tu pojęcia ścieżki, określającej całe rozwiązanie i pojęcia krawędzi, jako elementu łączącego dwa węzły w ścieżce. W jednej iteracji algorytmu każda mrówka konstruuje swoje własne rozwiązanie – metaforyczną trasę od mrowiska do pożywienia. Przechodząc pomiędzy kolejnymi węzłami trasy dokonuje wyboru pomiędzy możliwymi kolejnymi krawędziami. Wyboru tego dokonuje po części przypadkowo, a po części na podstawie siły śladu (feromonu), jaki zostawiły

poprzednie mrówki. Poszczególne mrówki nie przechowują w sobie żadnych informacji. Jedynym zaś sposobem na wymianę informacji pomiędzy mrówkami jest pozostawianie przez nie śladu feromonowego.



Rysunek 3.17 Ogólna postać systemu mrówkowego

Działanie algorytmu rozpoczyna się od naniesienia na wszystkie krawędzie takiej samej, początkowej ilości feromonu. Następnie, już w ramach pętli głównej, dokonuje się zmniejszenia ilości feromonu na wszystkich krawędziach, co jest odpowiednikiem jego parowania w naturze. Kolejnym krokiem jest wygenerowanie ścieżek dla poszczególnych mrówek. Decyzja o wybraniu przez mrówkę  $k$  określonej krawędzi wychodzącej z bieżącego wężła  $i$  łączącej go z węzłem  $j$  jest podejmowana na podstawie prawdopodobieństwa określanego zgodnie z formułą (3.4).

$$p_{ij}^k = \begin{cases} \frac{\tau_{ij}^\alpha \cdot \eta_{ij}^\beta}{\sum_{l \in N_i^k} (\tau_{il}^\alpha \cdot \eta_{il}^\beta)} & \text{dla } j \in N_i^k \\ 0 & \text{dla } j \notin N_i^k \end{cases} \quad (3.4)$$

gdzie:

$\tau_{ij}$  – ilość feromonu na krawędzi  $i-j$ ,

$\eta_{ij}$  – atrakcyjność krawędzi  $i-j$  (wyłączając ilość feromonu) najczęściej odwrotność odległości  $i-j$ ,

$N_i^k$  – zbiór dopuszczalnych krawędzi dla mrówki  $k$  wychodzących z węzła  $i$ ,

$\alpha$ ,  $\beta$  – parametry określające wpływ zastanego feromonu i innych cech krawędzi na prawdopodobieństwo wyboru.

Po wygenerowaniu ścieżek dla wszystkich mrówek, dokonuje się ich oceny. Ocena ta wpływa na ślad feromonowy, pozostawiany przez poszczególne mrówki na krawędziach przez nie wykorzystanych. W zależności od rodzaju algorytmu, ślad ten może być pozostawiany przez wszystkie mrówki lub tylko przez najlepszą. Istnieją też wersje z bardziej skomplikowanymi strategiami pozostawiania tego śladu. Często wykorzystuje się w tych strategiach przechowywane najlepsze znalezione do tej pory rozwiązanie. Ostatnim elementem algorytmu jest sprawdzenie warunku zakończenia iterowania. Zwykle jest nim osiągnięcie założonej jakości rozwiązania lub liczby przetworzonych iteracji.

W zależności od rozwiązywanego zadania, dla skutecznego działania algorytmu niezbędne jest właściwe dobranie współczynników  $\alpha$  i  $\beta$  oraz przyjęcie odpowiedniej strategii nakładania feromonu.

## Zastosowania

Zastosowania algorytmów mrówkowych w elektroenergetyce zaczęły pojawiać się pod koniec lat 90-tych XX wieku. Mimo tego, że z każdym rokiem liczba publikacji im poświęconych rośnie, to ich ogólna liczba jest o dwa rzędy wielkości mniejsza niż tych poświęconych algorytmom ewolucyjnym. Powodów tak niewielkiej popularności jest wiele. Przede wszystkim przez długi okres nie można było ich traktować jako uniwersalnej metody optymalizacyjnej. Pierwsze ich wersje, naśladujące zachowanie żywych mrówek, najlepiej nadawały się do optymalizacji kombinatorycznej – co jest najbardziej naturalne dla tej metody.

Jednak nawet w tych zastosowaniach dla niektórych problemów reprezentacja zadania na potrzeby algorytmu mrówkowego narażała wielu trudności i często nie dawała zadowalających efektów. Pojawiające się później odmiany pozwalały na optymalizowanie innych zadań. Jednak w tym czasie następował również dynamiczny rozwój innych metod, często skuteczniejszych i łatwiejszych w aplikacji, które naturalnie wypierały algorytmy mrówkowe.

### **Prognozowanie**

Liczba zastosowań algorytmów mrówkowych w prognozowaniu jest symboliczna. Zasadniczo są one wykorzystywane do wstępnej klasteryzacji danych dla sieci neuronowej oraz jako metoda optymalizująca działanie innej metody prognostycznej

### **Optymalizacja**

Ze względu na swą konstrukcję, optymalizacja to najbardziej naturalny i przez to też najbardziej liczny obszar zastosowań algorytmów mrówkowych. W większości przypadków są to zadania kombinatoryczne. Mimo niewielkiej sumarycznej liczby publikacji dotyczących systemów mrówkowych, ich zastosowania w optymalizacji charakteryzują się bardzo szerokim spektrum:

1. Optymalizacja ekonomicznego/ekologicznego rozdziału obciążeń (włącznie z harmonogramowaniem)
2. Optymalizacja rozptywu mocy czynnej
3. Optymalizacja rozptywu mocy biernej
4. Optymalizacja rozwoju sieci
5. Optymalizacja konfiguracji sieci
6. Optymalizacja struktury sieci
7. Optymalizacja lokalizacji kompensatorów mocy biernej
8. Optymalizacja lokalizacji źródeł rozproszonych w sieci
9. Optymalizacja lokalizacji łączników w sieci
10. Optymalizacja pracy sieci rozdzielczej z generacją rozproszoną
11. Optymalizacja poziomów napięć
12. Optymalizacja aktywnych filtrów mocy
13. Optymalizacja rozptywu harmonicznych
14. Optymalizacja udziału w rynku energii
15. Optymalizacja lokalizacji urządzeń FACTS

## **Identyfikacja**

Liczba zastosowań algorytmów mrówkowych jest niewielka. Aczkolwiek są to zastosowania bardzo różnorodne. Podobnie jak w pozostałych kategoriach, głównie wykorzystuje się tu możliwości algorytmów mrówkowych w zakresie optymalizacji kombinatorycznej. Do przykładów aplikacji można zaliczyć:

1. Optymalizacja lokalizacji urządzeń pomiarowych w sieci
2. Podział sieci na potrzeby estymacji stanu i regulacji
3. Ocena stabilności systemu elektroenergetycznego
4. Wyznaczanie rozptywu mocy
5. Śledzenie rozptywu mocy biernej
6. Śledzenie przesyłu w systemach połączonych
7. Identyfikacja poawaryjnie niezasilonych obszarów w sieci rozdzielczej

## **Sterowanie**

Zasadniczy sposób wykorzystania algorytmów mrówkowych w sterowaniu nie odbiega od pozostałych obszarów, co oznacza wykorzystanie tychże przede wszystkim jako narzędzi optymalizacji kombinatorycznej. Liczba publikacji na tym polu jest niewielka, natomiast ciekawe i oryginalne aplikacje dotyczą automatyki restytucyjnej. Wraz z innymi aplikacjami, ilustrują możliwości algorytmów mrówkowych w tym obszarze poniższe zagadnienia techniczne:

1. Stabilizacja systemu elektroenergetycznego
2. Regulacja przepływów mocy w systemie
3. Optymalizacja lokalizacji urządzeń zabezpieczających
4. Automatyka odciążeniowa
5. Automatyka restytucyjna
6. Sterowanie mikrosieciami

## ***Opis działania metody ACO w programie ProjStruACO***

W danej populacji mrówek:

- 1) Zmuszamy każdą mrówkę do wykonania serii pętli, tak żeby przeszła przez wszystkie węzły, zachowując jednocześnie dla każdej pętli informacje o ilości odłożonych feromonów. Mrówki startują z GPZ(punkt centralny).

Tablica tabu określa w których węzłach przy danym przejściu mrówki już były, co uniemożliwia powrót tą samą ścieżką.

2) Obliczamy dobroć każdego rozwiązania dla każdej pętli każdej mrówki i na bazie porównania rozwiązań(im krótsza pętla tym lepiej),określamy współczynnik sukcesu. Wsp. Sukcesu danej pętli danej mrówki można określić za pomocą stosunku (f. przystosowania danej pętli do f. przystosowania wszystkich pętli) pomnożonego przez wsp. wpływu (stała).

3)Współczynnik sukcesu służy do aktualizacji ilości feromonu odłożonego po wszystkich przejściach. Ilość odłożona którą mrówki czują w następnej iteracji to wsp. sukcesu razy **ob** (parametr modyfikowany w.w)

4) Następna iteracja

Prawdopodobieństwo akceptacji krawędzi podczas generowania pętli dotyczy węzłów spoza aktualnej tablicy tabu i może być obliczane metodą koła rulety. W przypadku zastosowanego programu, następuje przechodzenie przez kolejne potencjalne węzły[od najmniejszych numerów porządkowych węzła do największych] do których mrówka może się przemieścić i sprawdzenie prawdopodobieństwa z liczbą pseudolosową  $r$ . Jeśli warunek akceptacji  $r < \text{prawd.}$  Jest spełniony to krawędź jest akceptowana, jeśli nie następuje sprawdzenie warunków dla następnych węzłów.

## **Opis Badań**

Każdy zespół bada wpływ zmiany parametrów wejściowych na jakość uzyskiwanych rozwiązań:

- aco\_ro
- aco\_alfa
- aco\_beta
- aco\_wsp\_ob
- Liczba osobników
- Liczba pokoleń

Parametry P znajdują się w pliku mvdrp\_ust.txt .Nie pomylić z plikiem dane\_we.txt, który jest zrzutem danych z programu. Znaczenie parametrów jest następujące:

- ro-współczynniki ulatniania feromonu na krawędzi przez dany krok czasowy (0.01= 1 %)
- ob- wsp. nałożenia feromonu na krawędzi przez mrówkę (ilość odkładanego feromonu na krawędź po przejściu mrówki)
- alpha - wsp. określający siłę wpływu feromonu w prawdopodobieństwie ruchu z punktu aktualnego do nowego

- beta - wsp. określający siłę wpływu odwrotności odległości, w prawdopodobieństwie ruchu z punktu aktualnego do nowego

Na bazie wyników z pliku mrówczenie należy wygenerować wykresy iteracyjnego przebiegu optymalizacji kolonią mrówek dla najlepszego, najgorszego, średniego przebiegu otrzymanego dla zadanej kombinacji ww. parametrów. Na tej podstawie należy wykonać analizę zmiany jakości otrzymywanych rozwiązań wraz ze zmianą parametrów (wpływ tych parametrów na jakość wyników) oraz różnice w szybkości i przebiegu zbieżności.

### ***Bibliografia:***

- [1] ] Metody inteligencji obliczeniowej w elektroenergetyce, Dariusz Baczyński, OWPW 2013