# 18. Podstawowe metody „obliczeń miękkich (inteligentnych)”

## Wstęp

Wiele problemów w optymalizacji nie ma dokładnego algorytmów rozwiązania, albo ten algorytm ma tak dużą złożoność obliczeniową, że w praktyce i tak go nie ma. Wtedy stosuje się heurystyki, które nie ma gwarancji znalezienia rozwiązania optymalnego. Nie ma nawet gwarancji uzyskania rozwiązania proporcjonalnego do optymalnego, jak w algorytmach przybliżonych (aproksymacyjnych).

Metody używa się też często do znajdowania rozwiązań przybliżonych, na podstawie, których później wylicza się ostateczny rezultat pełnym algorytmem. To ostatnie zastosowanie szczególnie dotyczy przypadków, gdy heurystyka jest wykorzystywana do nakierowywania pełnego algorytmu ku optymalnemu rozwiązaniu, aby zmniejszyć czas działania programu w typowym przypadku bez poświęcania jakości rozwiązania (np. algorytm A\* w odnajdywaniu najkrótszej ścieżki w grafie).

## Algorytm ewolucyjny

Algorytm genetyczny jest algorytmem przeszukującym przestrzeń rozwiązań. Jest podobny do algorytmów iteracyjnych i losowych, z tą różnicą, że operuje na zbiorze rozwiązań, a nie na poszczególnym jednym rozwiązaniu, przeprowadzając na nim równoległe obliczenia.

Inspiracją algorytmów genetycznych dla J.H.Hollanda był proces ewolucji w przyrodzie. Przez to połączenie stosuje on specyficzną nomenklaturę jak na algorytm optymalizacji.

|  |  |
| --- | --- |
| **Optymalizacja** | **Algorytm genetyczny** |
| Zmienna optymalizacyjna | Osobnik (chromosom) |
| Zbiór rozwiązań dopuszczalnych | Populacja |
| Funkcja celu | Funkcja przystosowania |
| Iteracja | Pokolenie |
| Kroki (fazy) algorytmu optymalizacji | Operatory |

Do zastosowania algorytmu genetycznego do konkretnego problemu, należy określić pięć rzeczy: reprezentację rozwiązania, funkcję przystosowania oraz operatory selekcji, krzyżowania i mutacji.

Operatory selekcji wybierają, które osobniki przechodzą do nowej populacji. Powinno to zależeć od funkcji celu, ergo jeśli , to osobnik B powinien mieć większy udział w nowej populacji niż A. Operatory krzyżowania biorą dwóch osobników i zwracają ich modyfikacje. Uzyskane rozwiązania powinny mieć cechy obu wejściowych. Operatory mutacji modyfikują jedno rozwiązanie.

Schemat algorytmu genetycznego jest następujący:

1. Utworzenie początkowego zbioru rozwiązań ,
2. Jeżeli nie warunek stopu:
   1. Selekcja: Przy pomocy operatorów selekcji wybierz osobniki z do nowej populacji .
   2. Krzyżowanie: Zmodyfikuj losowe pary osobników z przy pomocy operatorów krzyżowania.
   3. Mutacja: Zmodyfikuj losowe osobniki z przy pomocy operatorów mutacji.

## Symulowane wyżarzanie

### Tło fabularne

Metoda ta bazuje na pewnej analogii termodynamicznej a w szczególności ze sposobem, w jaki ciecz zamarza i krystalizuje lub w jaki metale stygną i wyżarzają się. W wysokich temperaturach molekuły cieczy poruszają się swobodnie względem siebie. W wyniku schładzania ruchy termiczne ulegają zmniejszeniu. Jeżeli schładzanie jest powolne, to molekuły zwykle tworzą uporządkowane struktury - kryształy. Kryształ jest stanem o minimum energii tego systemu. Jeżeli natomiast ciecz jest chłodzona szybko to zwykle nie osiąga stanu krystalicznego, ale pozostaje w pewnym stanie amorficznym (szklistym) posiadającym wyższą energię.

W celu wytłumaczenia takiego zachowania się układów fizycznych musimy odwołać się do rozkładu Bolzmanna: , który określa prawdopodobieństwo znalezienia się układu utrzymywanego w temperaturze T w stanie o energii, jeśli wcześniej był w stanie o energii (k jest tzw. stałą Boltzmanna). Z wzoru tego wynika, że zawsze istnieje możliwość znalezienia się danego układu w stanie o wyższej energii.

### Algorytm

Ideą algorytmu Metropolis’a (z tła fabularnego) jest to, że algorytm dopuszcza czasami gorsze rozwiązania, w nadziei, że z nich trafi do lepszych. Symulowane wyżarzanie modyfikuje ten algorytm o zmienną temperatury , która powinna maleć w czasie działania algorytmu. Więc na początku działania algorytm będzie częściej akceptował gorsze rozwiązania niż na końcu. Algorytm zmiany temperatur nazywany jest schematem schładzania i może być zwykłą funkcją liniową, jak i skomplikowanym potworkiem.

Do zastosowania algorytmu symulowane wyżarzanie do konkretnego problemu, należy określić: reprezentację rozwiązania, funkcję przystosowania, schemat schładzania oraz generowanie nowych stanów do których algorytm może przeskoczyć.

1. while
   1. if then
   2. if then

return

## Tabu search

Tabu search (TS) jest algorytmem do optymalizacji dyskretnej. Przeszukuje on wszystkie rozwiązania, sąsiadujące do tego, w którym się znajduje. Pomysł polega na tym, by zabronić powrotu do już odwiedzonych rozwiązań (na co najmniej kilka iteracji), czyli algorytm może wybrać gorsze rozwiązanie, by podążyć inną ścieżką. Możliwe jest zastosowanie tego algorytmu, także do przestrzeni ciągłych poprzez ich dyskretyzację.

Do zastosowania TS do konkretnego problemu, należy określić: reprezentację rozwiązania, funkcję przystosowania oraz generowanie sąsiedztwa dla rozwiązania.