

Plan wykładu

Metody Rozmyte i Algorytmy Ewolucyjne

mgr inż. Piotr Kaczyński

Wydział Matematyczno-Przyrodniczy
Szkoła Nauk Ścisłych
Uniwersytet Kardynała Stefana Wyszyńskiego

Zagadnienia zaawansowane

Wykorzystanie algorytmów optymalizacji lokalnej

Efekt Baldwina

Ewolucja lamarkowska

Równoległość w algorytmach ewolucyjnych

Implementacje równoległe

Algorytmy koewolucyjne

Wpływanie na czas życia osobników

Limitowanie czasu życia

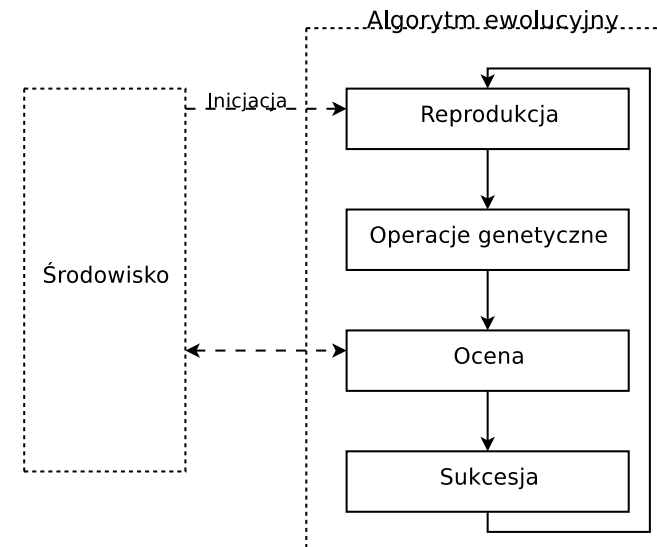
Zmodyfikowana selekcja



Ogólny schemat algorytmu ewolucyjnego

- ▶ $t = 0$
- ▶ Inicjacja P^t
- ▶ Ocena P^t
- ▶ while not warunek stopu do
 - ▶ $T^t = \text{reprodukcja } P^t$
 - ▶ $O^t = \text{operacje genetyczne } T^t$
 - ▶ ocena O^t
 - ▶ $P^{t+1} = \text{sukcesja}(P^t, O^t)$
 - ▶ $t = t + 1$

Schemat algorytmu ewolucyjnego - przypomnienie



Przypomnienie

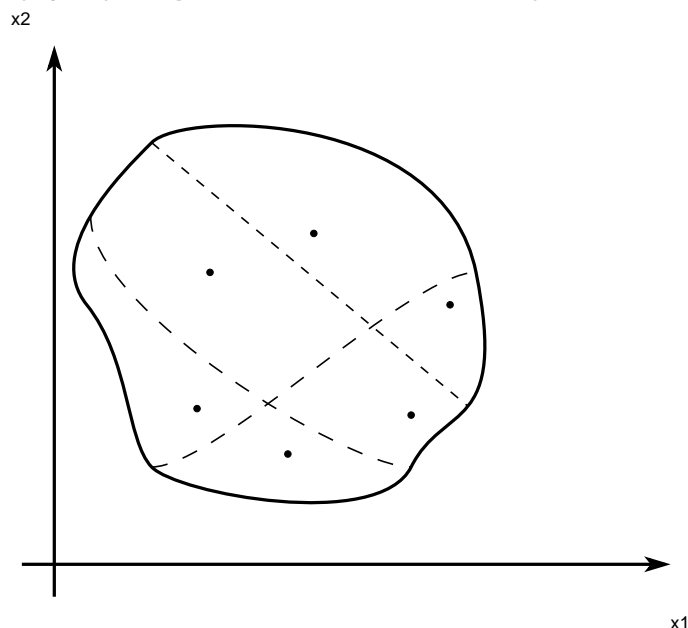
- ▶ Kodowanie osobników
 - ▶ Fenotyp i genotyp,
 - ▶ Pożądane cechy kodowania,
- ▶ Operatory genetyczne
 - ▶ Pożądane cechy: spójność i nieobciążoność,
 - ▶ Operatory krzyżowania,
 - ▶ Operatory mutacji,
- ▶ Eksploracja i eksploatacja a operatory genetyczne,
 - ▶ Modyfikacja zasięgu mutacji,
 - ▶ Modyfikacja zasięgu krzyżowania,

Optymalizacja lokalna

- ▶ Przyporządkowanie punktowi startowemu optimum lokalnego,
- ▶ Najczęściej deterministyczna,
- ▶ Algorytmy optymalizacji lokalnej
 - ▶ Bezgradientowe — Nelder-Mead,
 - ▶ Gradientowe I rzędu (najszybszy spadek),
 - ▶ Gradientowe II rzędu (Newton i quasi-Newton),
- ▶ Przestrzeń można podzielić na rozłączne obszary przyciągania minimów lokalnych,



Obszary przyciągania minimów lokalnych



x1



Geneza

- ▶ Algorytmy optymalizacji lokalnej
 - ▶ Dość szybkie i deterministyczne,
 - ▶ Nieprecyzyjne,
 - ▶ Do znalezienia optimum globalnego wymagają metody **wielostartowej**,
- ▶ Algorytmy ewolucyjne
 - ▶ Metody niedeterministyczne,
 - ▶ Mogą być czasochłonne,
 - ▶ Niekiedy trudne znalezienie dokładnego optimum,
 - ▶ Metoda jednostartowa, wyszukuje optimum globalne
- ▶ **Metody hybrydowe**
 - ▶ Punkty startowe algorytmu optymalizacji lokalnej generowane ewolucyjnie,
 - ▶ Dwa podejścia: jako dodatkowy operator lub kodowanie,



Przeszukiwanie lokalne jako operator

- ▶ Operator mutacji
 - ▶ Chromosom jest punktem startowym,
 - ▶ Chromosom po mutacji to znalezione optimum lokalne,
 - ▶ Zalety
 - ▶ Można wykorzystać gradient,
 - ▶ Optymalizacja lokalna nie musi być dokładna,
- ▶ Operator krzyżowania
 - ▶ Krzyżowanie wieloosobnicze,
 - ▶ Pojedynczy krok metody sympleksu Neldera-Meada,
- ▶ Wady podejścia
 - ▶ Przeszukiwanie lokalne wprowadza **obciążenie**,
 - ▶ Jest dodatkowym źródłem nacisku selektywnego,
 - ▶ Wymaga zastosowania metod wprowadzających różnorodność



Efekt Baldwina

- ▶ Funkcja celu jest modyfikowana,
- ▶ Każdemu osobnikowi przyporządkowywana jest ocena będąca wynikiem optymalizacji lokalnej,
- ▶ Chromosomy osobników **nie są modyfikowane**,
- ▶ Funkcja celu przybiera postać płaskowyzu,
- ▶ Metoda ta nie wpływa bezpośrednio na zróżnicowanie osobników,
- ▶ Osobniki mogą w łatwy sposób opuścić obszar przyciągania minimum lokalnego,



Przeszukiwanie lokalne w funkcji przystosowania

- ▶ Dany jest fenotyp x odpowiadający genotypowi X ,
- ▶ Wynikiem optymalizacji lokalnej jest fenotyp y ,
- ▶ Przy ocenie osobnika dostępne są **dwa** fenotypy,
- ▶ Co z tym fantem począć?
- ▶ Możliwe dwa podejścia
 - ▶ Ewolucja darwinowska (efekt Baldwina),
 - ▶ Ewolucja lamarkowska,



Ewolucja lamarkowska

- ▶ Dla znalezionej funkcji celu znajduje się odpowiadający mu genotyp,
- ▶ Nowy genotyp zastępuje stary,
- ▶ Cała populacja jest „ściągana” do maksimum lokalnych,
- ▶ Bardzo duża podatność na pułapki ewolucyjne,
- ▶ Należy stosować metody wprowadzające różnorodność,
- ▶ **Reguła 5%** — tylko tyle populacji podlega dziedziczeniu cech.



Równoległość w algorytmach ewolucyjnych

- ▶ Szczególnie dobre do implementacji równoległej,
- ▶ Można wprowadzić na etapie implementacji i koncepcji
- ▶ Obliczenia równoległe
 - ▶ Synchroniczne — wymiana informacji w określonych momentach czasu,
 - ▶ Asynchroniczne — procesy komunikują się w nieokreślonych momentach,
- ▶ Obecnie bardzo popularne podejście (klastry, gridy obliczeniowe)
- ▶ <http://www.top500.org>
 - ▶ Pierwsze miejsce - BlueGene/L - eServer Blue Gene Solution IBM — 131072 procesory, 280600 Gflops, USA
 - ▶ Polska — ani jeden komputer na liście...



Zrównoleglenie na poziomie osobnika

- ▶ Zrównoleglenie obliczenia funkcji celu
 - ▶ Zależy od możliwości zrównoleglenia obliczenia tej funkcji,
 - ▶ Efektywność duża w przypadku naprawdę skomplikowanych funkcji celu,
- ▶ Zrównoleglenie obliczenia przystosowania populacji
 - ▶ Najczęściej stosowane podejście,
 - ▶ Jeden proces odpowiedzialny za ocenę części populacji,
 - ▶ Zrównoleglenie etapu oceny,
 - ▶ Bardzo efektywne podejście,
 - ▶ Synchronizacja po zakończeniu etapu oceny,



Zrównoleglenie operacji genetycznych

- ▶ Zrównoleglenie reprodukcji
 - ▶ Operacja powtarzana wielokrotnie,
 - ▶ Potrzebna znajomość ilości potrzebnych osobników w populacji tymczasowej,
- ▶ Zrównoleglenie operatorów genetycznych
 - ▶ Najefektywniejsze, gdy operatory działają na jednym osobniku,
 - ▶ Można zrównoleglić mutację, krzyżowanie trudniej,
- ▶ Operacje te najczęściej nie zajmują dużo czasu, ich zrównoleglenie nie przynosi dużych rezultatów



Algorytm koewolucyjny

- ▶ Występuje wiele pętli ewolucyjnych,
- ▶ Przetwarzanych jest wiele populacji,
- ▶ Możliwe różne parametry poszczególnych populacji,
- ▶ Sposoby realizacji
 - ▶ Algorytm wyspowy (podpopulacyjny),
 - ▶ Algorytm komórkowy (masowo równoległy),



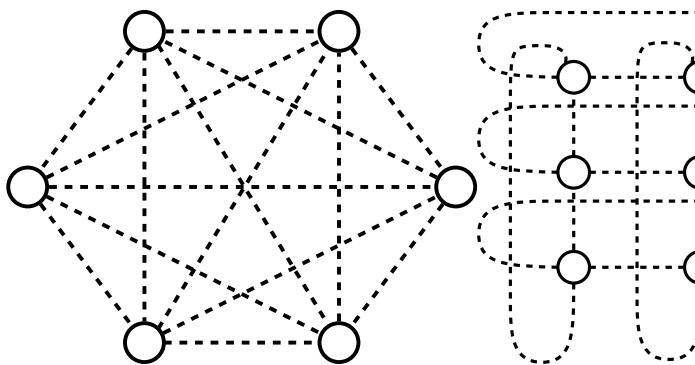
Algorytm wyspowy

- ▶ Wiele populacji, ewoluują niezależnie od siebie,
- ▶ Wymiana osobników występuje sporadycznie,
- ▶ Populacje mogą się składać z osobników różnych typów,
- ▶ Dla każdej z populacji mogą być inne funkcje przystosowania,
- ▶ Model nisz ekologicznych
- ▶ Modele wymiany osobników
 - ▶ **Emigracja** — osobnik wysyłany jest usuwany,
 - ▶ Imigracja — wysyłana jest jedynie kopia



Schemat wymiany osobników

- ▶ Przyjęcie osobnika z zewnątrz dokonuje się w sposób analogiczny do sukcesji,
- ▶ Wybór osobnika wysyłanego również może podlegać selekcji,
- ▶ Możliwe różne topologie komunikacji między populacjami



Algorytm wyspowy — przykłady

Przykład

Dekompozycja zadania optymalizacji. Dla każdej populacji wybiera się zmienne które są optymalizowane, pozostałe są ustalone. Każda z populacji ma uzmiennioną inną część wektora rozwiązań.

Nad całością czuwa proces nieewolucyjny koordynujący poszukiwania.

Przykład 2

Koewolucja populacji rozwiązań i ograniczeń. Ograniczenia są dobierane po to, aby zawęzić przestrzeń poszukiwań optimum. Do algorytmu przeszukiwania przestrzeni wybierane są tylko niektóre osobniki reprezentujące ograniczenia.



Algorytm komórkowy

- ▶ W populacji występuje arbitralnie wybrana topologia,
- ▶ Topologia ta nie jest związana z przestrzenią genotypów,
- ▶ Dla każdego osobnika definiowane jest sąsiedztwo $N_r(X^t)$ o promieniu r
- ▶ Osobniki wchodzą w interakcję jedynie z osobnikami z jego otoczenia,
- ▶ Osobnik potomny konkuruje na zasadzie sukcesji ze swoim „przodkiem”,
- ▶ Dla każdego osobnika jest wykonywana oddzielna pętla algorytmu
- ▶ Rola relacji sąsiedztwa
 - ▶ Im większy promień tym większy zasięg selekcji i tym większy nacisk selektywny.



Czas życia osobników

- ▶ Ważny dla schematów, w których sukcesja działa na sumie populacji bazowej i potomnej,
- ▶ Selekcja elitarna
 - ▶ Gwarantuje przeżycie najlepszego osobnika,
 - ▶ Źle wpływa na zdolność eksploracji,
 - ▶ Gwarantuje zbieżność,
 - ▶ Zwiększona szybkość zbieżności,
 - ▶ Wprowadza zakłócenia w działaniu samoczynnej adaptacji
- ▶ Kompromis — **wprowadzenie maksymalnego czasu życia osobnika**



Selekcja sterowana czasem życia

- ▶ Czas życia osobnika jest ustalany w momencie jego narodzin,
 - ▶ Zależy od przystosowania osobnika,
 - ▶ Osobnik o większym przystosowaniu powinien żyć dłużej,
- ▶ Liczność populacji bazowej jest **zmienna**,
- ▶ Populacja bazowa mieści wszystkie osobniki o czasie życia większym niż 0,
- ▶ Reprodukacja zachodzi z **jednakowym prawdopodobieństwem** dla każdego osobnika z populacji bazowej,
- ▶ Nacisk selektywny realizowany jest przez czas życia, a nie sposób reprodukcji i selekcji,
 - ▶ Osobniki żyjące dłużej mają większe szanse na reprodukcję,



Limitowanie czasu życia

- ▶ Schemat sukcesji
 - ▶ Ze starej populacji bazowej usuwa się osobniki, których czas życia przekroczył maksimum,
 - ▶ Elitę wylania się spośród pozostałych osobników,
- ▶ Schemat taki nazwano (μ, κ, λ) ,
- ▶ κ oznacza maksymalną długość życia osobnika (w epokach),
- ▶ Brak jasnych wskazówek, jak dobierać κ ,



Określanie czasu życia osobnika I

- ▶ Niech X genotyp osobnika, $\Phi(X)$ funkcja przystosowania,
- ▶ Funkcje obliczające czas życia mają dwa parametry l_{max} oraz l_{min} odpowiednio maksymalny i minimalny czas życia osobników,
- ▶ Niech $l_{av} = \frac{1}{2}(l_{max} + l_{min})$,
- ▶ Przykładowe funkcje
 - ▶ Funkcja liniowa

$$f_l(X) = l_{min} + \frac{l_{max} - l_{min}}{\Phi_{max} - \Phi_{min}} \Phi(X)$$

- ▶ Funkcja proporcjonalna

$$f_l(X) = \min \left(l_{max}, l_{min} + \frac{l_{av} - l_{min}}{\Phi_{av} - \Phi_{min}} \Phi(X) \right)$$



Określanie czasu życia osobnika II

- ▶ Funkcja biliniowa

$$f_l(X) = \begin{cases} l_{min} + \frac{l_{av} - l_{min}}{\phi_{av} - \phi_{min}} \phi(X) & \text{dla } \phi(X) < \phi_{av} \\ l_{av} + \frac{l_{max} - l_{av}}{\phi_{max} - \phi_{av}} \phi(X) & \text{dla } \phi(X) \geq \phi_{av} \end{cases}$$

- ▶ Wartości ϕ_{min} , ϕ_{av} , ϕ_{max} są wyliczane dla μ pokoleń wstecz

