

Wprowadzenie do algorytmu genetycznego

Tadeusz Puźniakowski

PJATK

15 czerwca 2024

Spis treści

1 Algorytm Genetyczny

- Co to są algorytmy genetyczne?

2 Dokładniej

- Klasyczny algorytm genetyczny

3 Właściwości Algorytmu Genetycznego

- Funkcja przystosowania
- Co wpływa na zbieżność algorytmu

Algorytm Genetyczny

Mała uwaga

Ten wykład jest przypomnieniem tego co było na zajęciach z NAI.

Notka historyczna

John Holland

Razem z grupą badaczy z uniwersytetu w Michigan rozwiniął ideę Algorytmów Genetycznych. Pracowali oni nad:

- Opisaniem istoty procesów adaptacyjnych w świecie przyrody.
- Stworzeniem systemu odtwarzającego podstawowe mechanizmy ewolucyjne na potrzeby obliczeń.

David E. Goldberg

Kontynuował prace J. Hollanda i napisał klasyczną już książkę „Algorytmy genetyczne i ich zastosowania”

Elementy Algorytmu Genetycznego

Pomysł

Na początek inspiracje biologiczne.

- Zespół sztucznych organizmów
- Pokolenia
- Ewolucja
- Przetrwanie najlepszych (ocena)

Spis treści

1 Algorytm Genetyczny

- Co to są algorytmy genetyczne?

2 Dokładniej

- Klasyczny algorytm genetyczny

3 Właściwości Algorytmu Genetycznego

- Funkcja przystosowania
- Co wpływa na zbieżność algorytmu

Elementy Algorytmu genetycznego

Algorytm genetyczny

- Genotyp (ciągi kodowe według tradycyjnej terminologii)
- Funkcja dekodująca genotyp do fenotypu
- Funkcja oceny
- Operator selekcji
- Operator krzyżowania
- Operator mutacji
- Warunek zakończenia

GA

Algorytm genetyczny

Elementy odróżniające klasyczny AG od innych metod:

- AG nie przetwarzają bezpośrednio parametrów zadania, tylko ich zakodowaną postać (ciągi kodowe)*
- AG rozpoczynają poszukiwania z kilku punktów (populacja początkowa).
- AG korzystają tylko z funkcji celu
- AG stosują probabilistyczne metody wyboru.

*Uwaga: Program ewolucyjny.

Pojęcia stosowane w AG

Genetyka	Algorytmy genetyczne
chromosom	ciąg kodowy
gen	cecha, znak
allel	wariant cechy (0 albo 1)
locus	pozycja
genotyp	struktura składająca się z jednego lub wielu chromosomów (na tym operują AG)
fenotyp	zbiór parametrów – rozwiązanie/osobnik

Pojęcia stosowane w AG

UWAGA

Ponieważ w praktyce najczęściej rozpatruje się genotypy składające się tylko z jednego chromosomu, więc często będę utożsamiać chromosom z genotypem.

Elementy Algorytmu genetycznego

Funkcja oceny

Funkcja obliczająca przystosowanie danego osobnika.

Funkcja celu a funkcja przystosowania

Funkcja celu

Funkcja, którą maksymalizujemy/minimalizujemy. W literaturze są czasami używane takie oznaczenia: funkcja kosztu $g(x)$ (minimalizujemy), funkcja zysku $u(x)$ (maksymalizujemy).

Funkcja przystosowania/fitness $f(x)$

Nieujemne kryterium jakości. Jeśli funkcję celu maksymalizujemy, to bardzo często jest ona taka sama jak funkcja celu.

Elementy Algorytmu genetycznego

Funkcja oceny/przystosowania/fitness

Funkcja oceny przypisuje danemu rozwiązaniu x ocenę $f(x)$. Im wartość $f(x)$ jest wyższa, tym dane rozwiązanie x jest lepsze.

Funkcja $f(x)$ przyjmuje wartości nieujemne. Za pomocą funkcji oceny możemy określić które z dwóch rozwiązań jest lepsze (ma wyższą wartość funkcji oceny).

Elementy Algorytmu genetycznego

Funkcja oceny/przystosowania/fitness

Mając gotowy algorytm genetyczny, jedyne co musimy zdefiniować, to funkcja oceny, oraz dobrać parametry.

O warunkach zakończenia

Warunki zakończenia

- Liczba iteracji
- Liczba wykonan obliczania funkcji fitness
- Zadana jakość rozwiązań
- Zadana różnorodność (albo raczej jej brak) rozwiązań
- Czas obliczeń

Elementarny algorytm genetyczny

Ciągi kodowe – chromosomy

Ciągi które kodują rozwiązania. Tradycyjnie są to ciągi zer i jedynek.

Ciągi kodowe - przykład

Weźmy funkcję $f(x) = x^2$. Możemy przyjąć, że rozwiązanie x koduje się za pomocą zwykłego kodu binarnego. Na przykład ciąg kodowy 01101 odpowiada wartości 13, natomiast $f(13) = 169$.

Elementarny algorytm genetyczny

Elementarny algorytm genetyczny

- Inicjalizacja populacji początkowej
- Powtarzane, dopóki warunek zakończenia nie jest spełniony
 - Reprodukcja (ocena + selekcja)
 - Krzyżowanie
 - Mutacja

Elementarny algorytm genetyczny

Elementarny algorytm genetyczny

Parametry dla takiego algorytmu:

- Funkcja oceny.
- Rozmiar populacji.
- Metoda selekcji i jej parametry.
- Prawdopodobieństwo mutacji, krzyżowania (interpretowane w zależności od wybranych algorytmów).
- Liczba iteracji lub inny warunek zakończenia.

Elementarny algorytm genetyczny

Reprodukcia/Selekcja

Ciągi kodowe są powielane w zależności od tego, jakie wartości przyjmuje dla nich funkcja celu/przystosowania.

Analogia do przeżywania najlepiej przystosowanych osobników w środowisku naturalnym.

Selekcja osobników według wybranego algorytmu tworzy tak zwaną pulę rodzicielską dla nowego pokolenia.

Elementarny algorytm genetyczny

Metoda ruletki – klasyczna metoda selekcji

Tworzymy wirtualne koło ruletki i losowo wybieramy osobniki.

Elementarny algorytm genetyczny

Krzyżowanie

Wybieramy losowo pary osobników z puli rodzicielskiej i krzyżujemy je generując nowe osobniki. W tym momencie wymieniamy fragmenty ciągów kodowych.

Elementarny algorytm genetyczny

Krzyżowanie jednopunktowe

W tradycyjnym AG stosuje się krzyżowanie jednopunktowe. Polega ono na tym, że wyznaczamy losowo punkt podziału ciągów kodowych, i zamieniamy podciągi w obu ciągach kodowych.

Elementarny algorytm genetyczny

Mutacja

Ta operacja zachodzi z bardzo małym prawdopodobieństwem.

Polega na przypadkowym, niewielkim zmodyfikowaniu chromosomu (ciągu kodowego).

Spis treści

1 Algorytm Genetyczny

- Co to są algorytmy genetyczne?

2 Dokładniej

- Klasyczny algorytm genetyczny

3 Właściwości Algorytmu Genetycznego

- Funkcja przystosowania
- Co wpływa na zbieżność algorytmu

Podstawowa cecha AG

Adaptacja

Algorytmy genetyczne dobrze dostosowują się do warunków zadania (nawet zmiennych).

O zbieżności

Krzyżowanie – eksploracja

Pozwala na dotarcie do nowych obszarów poszukiwań (potencjalnie ciekawych).

Mutacja – eksploatacja

Działa jak optymalizacja lokalna – poprawia rozwiązania w niewielkim ich otoczeniu.

Funkcja celu a funkcja przystosowania

Funkcja przystosowania/fitness

Funkcja fitness ma kluczowe znaczenie dla właściwości algorytmu genetycznego. Jeśli będzie źle zrobiona, to w skrajnym przypadku nasz algorytm utknie i nie da dobrego rozwiązania.

Funkcja celu

Przekształcenie funkcji kosztu w funkcję przystosowania

Typowe rozwiązanie tego problemu:

$$f(x) = C_{\max} - g(x) \text{ dla } g(x) < C_{\max}$$

$$f(x) = 0 \text{ w przeciwnym wypadku}$$

O zbieżności

Przedwczesna zbieżność

Jest to utrata przez algorytm optymalizacyjny zdolności przeszukiwania przestrzeni rozwiązań przed osiągnięciem ekstremum globalnego

O zbieżności

Skąd brak zbieżności?

- Kodowanie powoduje, że algorytm przeszukuje przestrzeń nie zawierającą optimum globalnego
- Liczba iteracji musi być skończona
- Liczebność populacji musi być skończona

Superosobniki

Superosobniki

Osobniki o bardzo wysokim stopniu przystosowania

- Przeszkadzają na początku algorytmu (przedwczesna zbieżność)
- Bardzo przydatne pod koniec działania algorytmu (zawężenie przestrzeni poszukiwań)

Modyfikacje AG

Program ewolucyjny

Uogólnienie algorytmu genetycznego poprzez zastosowanie chromosomów dostosowanych do zadania. Książka w której jest to ciekawie rozwinięte: „Algorytmy genetyczne + struktury danych = programy ewolucyjne” Z. Michalewicza.

Bibliografia

Źródła i cytaty

- Algorytmy genetyczne + struktury danych = programy ewolucyjne, Z. Michalewicz
- Wykłady z Algorytmów Ewolucyjnych, J. Arabas
- docs.opencv.org
- Wikipedia