

# 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 rozwinął ideę Algorytmów Genetycznych. Pracowali oni nad:

- Opisanie 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
- Przetwarzanie 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 utożsamiał 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 wykonań 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
  - Reprodukacja (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

## Reprodukcja/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. Michalewicz.



# Bibliografia

## Źródła i cytaty

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