

Model ewolucyjny

Wstęp

Organizmy żywe nie żyją w próżni, są stale narażone na zmieniające się warunki oraz zdarzenia natury losowej, a jednak często udaje im się przetrwać i dostosować. Pomimo licznych uproszczeń modele ewolucyjne pozwalają lepiej zrozumieć i poznawać procesy zachodzące w populacjach między innymi pod wpływem zmieniającego się środowiska.

Założenia

Symulowaną populację charakteryzują następujące cechy:

- liczebność początkowa: L
- liczba osobników którą maksymalnie może pomieścić dane środowisko: $\max L$
- liczba cech symulowanych osobnika: $n = 2$
- mutacja zachodzi (tylko w jednej cesze osobnika naraz) z prawdopodobieństwem: mn
- efekt mutacji, będący wariancją rozkładu normalnego z którego losujemy wartość zachodzącej mutacji wynosi: ms
- symulacja składa się z bezpłciowych, haploidalnych organizmów rozmnażających się poprzez klonowanie (powstają dokładne kopie osobnika rodzicielskiego)

Reguły opisujące środowisko życia populacji:

- w środowisku istnieje optymalny genotyp opt który zmienia się w każdym pokoleniu o stałą wartość - model symuluje stałą zmianę środowiska taką jak globalne ocieplenie
- każdy osobnik posiada fenotyp opisany funkcją fitness, która jest funkcją gęstości rozkładu normalnego:

$$f = np.exp(-fn / (2 * fs ** 2))$$

o wartościach z $[0, 1]$, gdzie wariancja odzwierciedla funkcję selekcji (fs)

- prawdopodobieństwo przeżycia jest równe wartości funkcji fitness
- liczba wydanego potomstwa zależy od wartości fitness organizmu, jest to zaokrąglony w dół do liczby całkowitej iloczyn wartości fitness i 2.5:

$$dzieci = \text{int}(\text{fitness}(os, opt) * 2.5)$$

Ewolucja populacji odbywa się w sposób iteracyjny. W każdej iteracji pokolenie w symulacji przechodzi przez następujące 4 fazy:

1. mutacja - każdy organizm z prawdopodobieństwem mn ulega mutacji na jednej losowej z cech
2. selekcja - najpierw sprawdzane jest czy osobnik przeżyje na podstawie wartości fitness. Następnie jeśli liczba osobników przekracza $\max L$, populacja zostaje zredukowana do $\max L$, osobniki do eliminacji są wybierane losowo spośród tych które przeżyły pierwszy krok selekcji.
3. reprodukcja - każdy organizm wydaje liczbę potomstwa adekwatną do posiadanej wartości funkcji fitness
4. ruch optimum - optymalny genotyp zmienia się o ustaloną wartość

Wyniki

Wpływ siły selekcji (fs)

Dla parametrów:

$mn=0.05$

$ms=0.2$

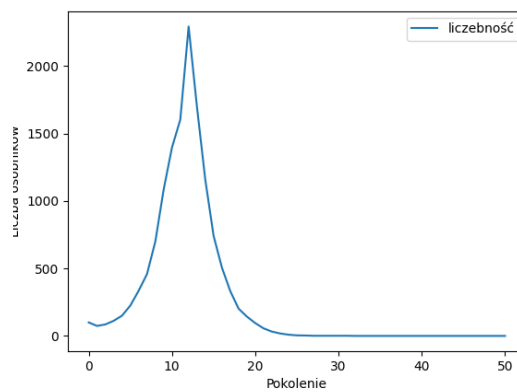
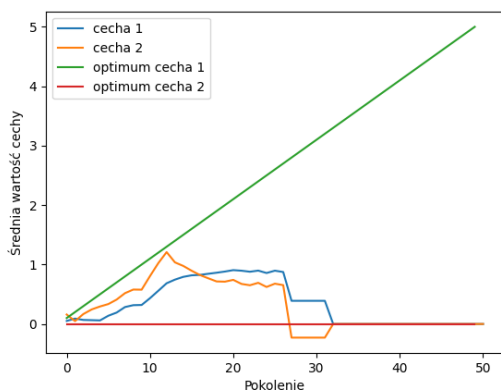
$L=100$

$maxL=40000$

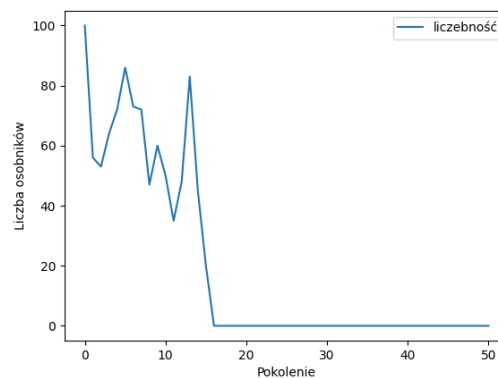
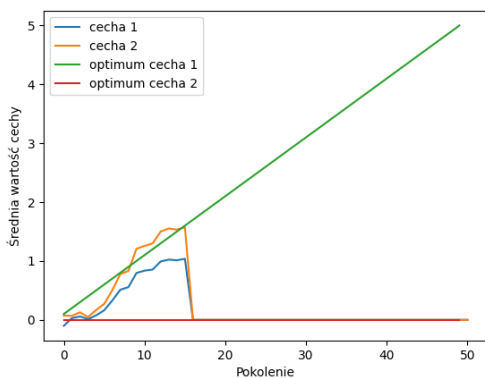
$zmiana1=0.1$

$zmiana2=0$

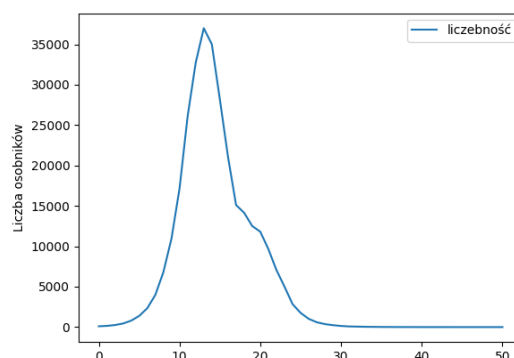
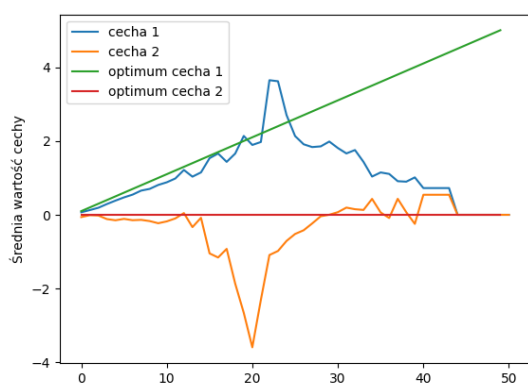
dla $fs=1.2$ populacja próbuje gonić zmieniające się optimum ale nie daje rady i wymiera (5_anim.gif)



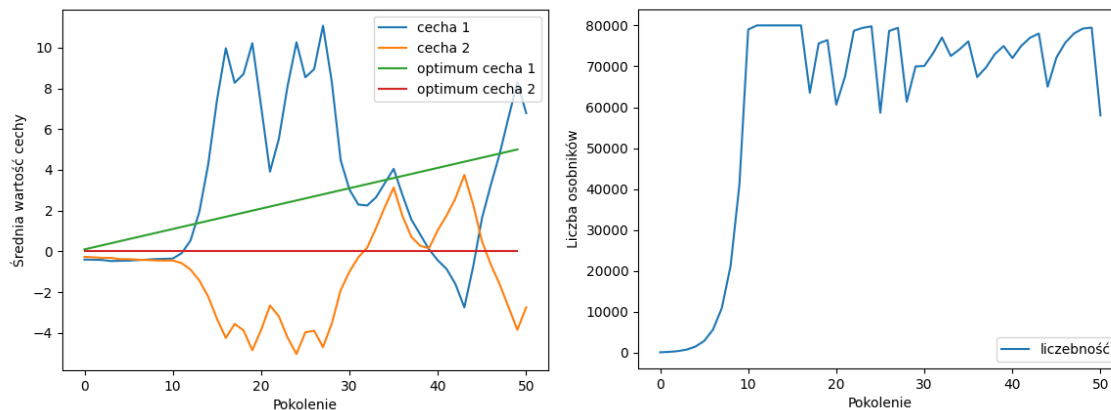
dla $fs=0.9$ wymiera jeszcze szybciej (20 pokolenie) (6_anim.gif)



dla $fs=2$ wymiera wolniej, widać też więcej osobników oddalonych od optimum (7_anim.gif)



dla $fs=5$ właściwie nie widać już selekcji, populacja dąży do $maxL$ (8_anim.gif)



Z powyższych symulacji widać, że wartość fs jest czynnikiem bezpośrednio wpływającym na to czy i jak szybko populacja wymrze przy stałych pozostałych parametrach i zmieniającym się optimum.

Siła (ms) i częstość mutacji (mn)

Dla parametrów:

$fs=1.2$

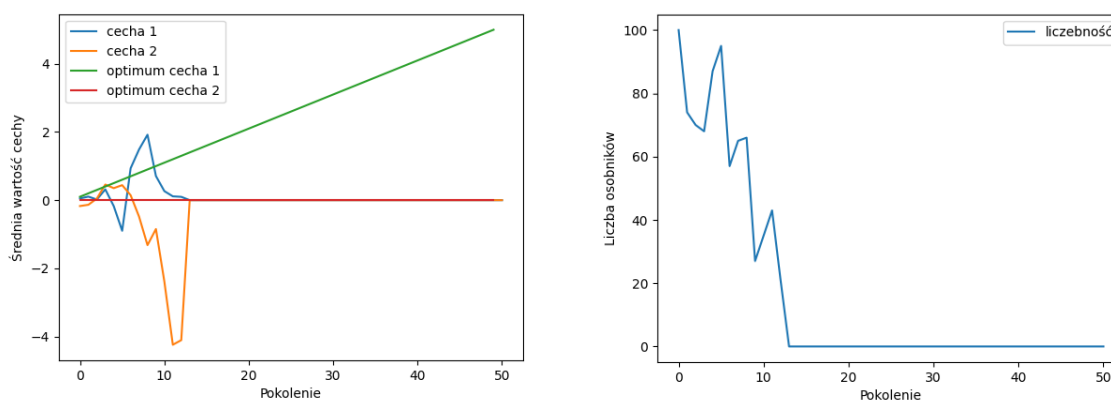
$L=100$

$maxL=40000$

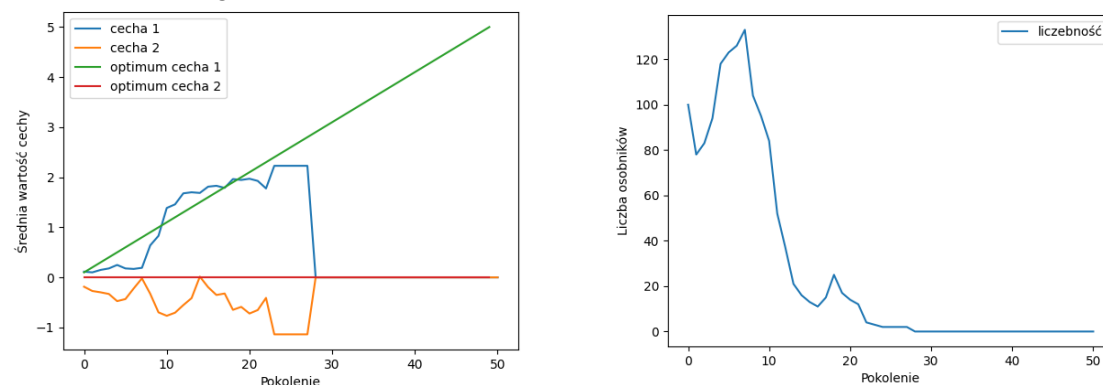
$zmiana1=0.1$

$zmiana2=0$

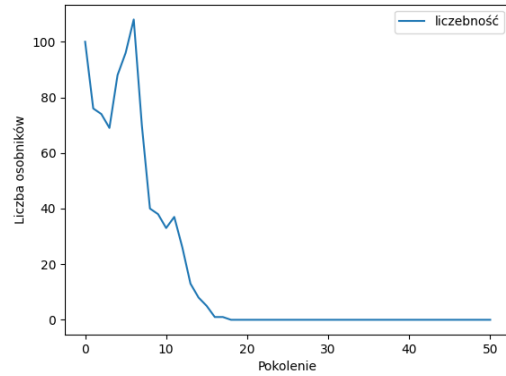
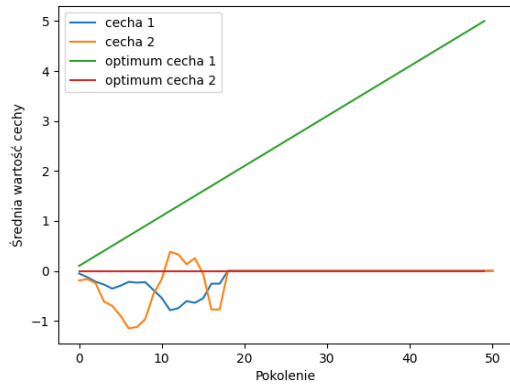
Kiedy siła mutacji jest duża ($mn=0.05$ i $ms=2$) populacja zmienia się gwałtownie odsuwając od optimum i wymiera (9_anim.gif)



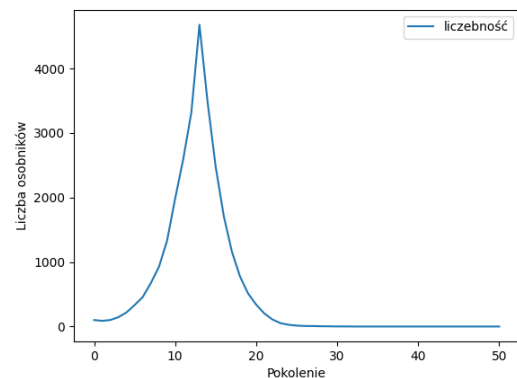
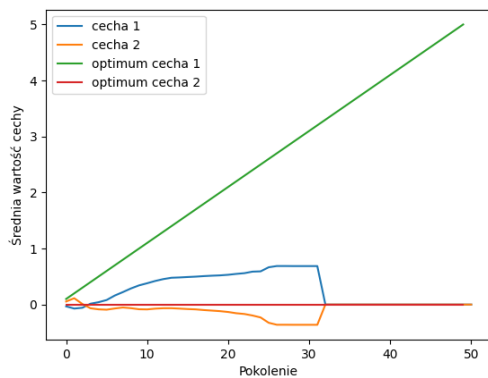
Kiedy częstość mutacji jest duża ($mn=0.9$ i $ms=0.2$) populacja czasami skuteczniej goni optimum (1_anim.gif),



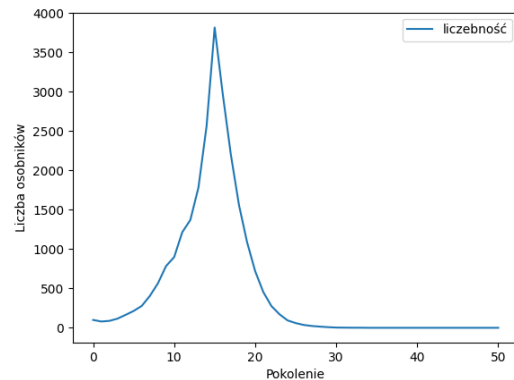
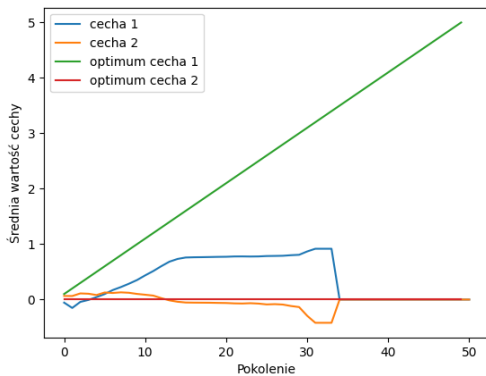
a czasami zupełnie nie (12_anim.gif).



Kiedy częstość mutacji jest mała ($mn=0.0005$ i $ms=0.2$) nie nadąża za szybko zmieniającym się optimum (11_anim.gif)



Kiedy siła mutacji jest mała ($mn=0.05$ i $ms=0.0005$) nie nadąża za szybko zmieniającym się optimum (13_anim.gif)



Kiedy obie cechy się zmieniają z różnymi wartościami (optimum porusz się po skosie) obie cechy próbują je dogonić ($zmiana1=0.1$, $zmiana2=0.05$, $mn=0.05$, $ms=0.2$) (14_anim.gif)

