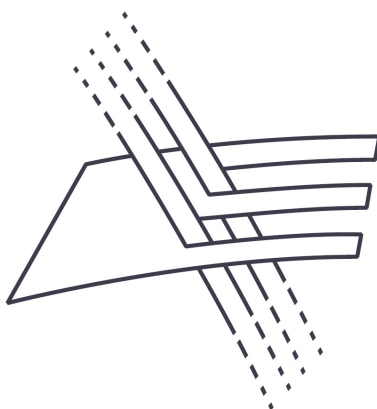


Ćwiczenie 2 - Algorytmy Ewolucyjne

Wprowadzenie do sztucznej inteligencji

Mikołaj Roszczyk



Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych
Politechnika Warszawska

31 marca 2023

Spis treści

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Algorytm | 2 |
| 1.1 | Polecenie | 2 |
| 1.2 | Przygotowany kod | 2 |
| 2 | Optymalizacja funkcji f4 | 4 |
| 2.1 | Wpływ liczby osobników w populacji | 4 |
| 2.2 | Wpływ siły mutacji | 5 |
| 2.3 | Wpływ rozmiaru elity | 6 |
| 3 | Optymalizacja funkcji f5 | 7 |
| 3.1 | Wpływ liczby osobników w populacji | 7 |
| 3.2 | Wpływ siły mutacji | 8 |
| 3.3 | Wpływ rozmiaru elity | 9 |
| 4 | Podsumowanie | 10 |

1 Algorytm

1.1 Polecenie

Zaimplementować klasyczny algorytm ewolucyjny bez krzyżowania z selekcją turniejową i sukcesją elitarną. Dostępny budżet to 10000 ewaluacji funkcji celu. Optymalizujemy funkcje numer 4 i 5 z CEC 2017 w 10 wymiarach. Ograniczenia kostkowe przestrzeni to -100, 100.

Uwaga!

- Ponieważ algorytmy ewolucyjne wykorzystują losowość, nie wolno wyciągać wniosków na podstawie wyników pojedynczego uruchomienia. Należy porównywać średnie z co najmniej 25 uruchomień. W celu uzyskania pełnego obrazu, w tabelach z wynikami oprócz średniej zamieszcza się odchylenie standardowe, oraz najlepszy i najgorszy ze znalezionych wyników.
- Nie należy podawać zbyt wielu miejsc po przecinku.
- Liczbę iteracji wyliczmy w kodzie: $tmax = \text{budżet} / \mu$, gdzie μ to aktualnie przyjęta liczba osobników w populacji

1.2 Przygotowany kod

Link do repozytorium: https://github.com/Roszczyk/WSI_cwiczenia/tree/master/Cw2

```
import numpy as np
from cec2017.functions import f4, f5

#STAŁE DLA WYWOŁANIA:
BUDGET=10000          #dostępny budżet ewaluacji funkcji celu
MU=100                #liczba osobników w populacji
tmax=int(BUDGET/MU)   #liczba iteracji
MUTATION_FORCE=5      #siła mutacji
UPPER_BOUND = 100     #ograniczenie kostkowe
DIMENSIONALITY = 10   #wymiarowość
TOURNAMENT_GROUP=2    #rozmiar grupy w selekcji turniejowej
ELITE=5               #rozmiar elity w sukcesji elitarniej

#DEKLARACJE ZMIENNYCH
currentPop=[]          #populacja
objFunPop=[]           #wartości funkcji celu dla osobników populacji
rankPop=[None]*MU      #ranga dla każdego z osobników populacji
tournamentProb=[]      #wartości prawdopodobieństwa udziału w turnieju dla osobników populacji

#DEFINICJA OPTYMALIZOWANEJ FUNKCJI:
q=f4

#LOSOWANIE POPULACJI POCZĄTKOWEJ:
for i in range(MU):
    currentPop.append(np.random.uniform(-UPPER_BOUND, UPPER_BOUND, size=DIMENSIONALITY))
    objFunPop.append(q(currentPop[i]))

for t in range(tmax):
    #NADANIE RANG:
    tempFunPop=np.array(objFunPop)
    biggest=tempFunPop.max()+1
    for i in range(MU):
        curBest=tempFunPop.argmin()
        rankPop[curBest]=i+1
        tempFunPop[curBest]=biggest

    #PRAWDOPODOBIENSTWO WYBRANIA DO TURNIEJU:
    for i in range(MU):
        tournamentProb.append((1/(MU**TOURNAMENT_GROUP))*((MU-rankPop[i]+1)**TOURNAMENT_GROUP-(MU-rankPop[i])**TOURNAMENT_GROUP))
```

```
#TYMCZASOWE ZMIENNE:
newPop=[]
newPopValues=[]

for i in range(MU):
    #WYBÓR ELEMENTÓW ZA POMOCĄ TURNIEJU:
    tournament=np.random.choice(MU, TOURNAMENT_GROUP, tournamentProb)
    tournamentValues=[]
    for i in range(len(tournament)):
        tournamentValues.append(objFunPop[tournament[i]])

    #WYBÓR ZWYCIĘZCY TURNIEJU
    tournamentWinner=tournament[np.array(tournamentValues).argmin()]

    #MUTACJA ZWYCIĘZCY TURNIEJU
    new=currentPop[tournamentWinner]+MUTATION_FORCE*np.random.normal(0,1,DIMENSIONALITY)
    newPop.append(new)
    newPopValues.append(q(new))

#DODANIE ELITY DO NOWEJ POPULACJI:
biggest=np.array(objFunPop).max()+10
for i in range(ELITE):
    temp=np.array(objFunPop).argmin()
    newPop.append(currentPop[temp])
    newPopValues.append(np.array(objFunPop).min())
    objFunPop[temp]=biggest

#WYRÓWNYWANIE SKŁADU POPULACJI:
for i in range(len(newPop)-MU):
    temp=np.array(newPopValues).argmax()
    newPop.pop(temp)
    newPopValues.pop(temp)

currentPop=newPop
objFunPop=newPopValues
print(round(np.array(objFunPop).min(),3))
print(currentPop[np.array(objFunPop).argmin()])
```

2 Optymalizacja funkcji f4

2.1 Wpływ liczby osobników w populacji

Badań dokonywano dla siły mutacji równej 5 oraz rozmiaru elity równego 3.

| | populacja 20 | populacja 50 | populacja 10 | populacja 5 |
|----------|--------------|--------------|---------------------|-------------|
| 1 | 408.053 | 411.098 | 408.988 | 408.497 |
| 2 | 404.480 | 410.613 | 408.973 | 408.801 |
| 3 | 410.283 | 408.102 | 406.366 | 407.876 |
| 4 | 405.100 | 407.708 | 405.883 | 405.619 |
| 5 | 409.650 | 409.450 | 406.529 | 407.350 |
| 6 | 405.141 | 407.367 | 404.885 | 408.144 |
| 7 | 407.996 | 408.925 | 403.253 | 406.270 |
| 8 | 405.712 | 410.057 | 405.940 | 410.689 |
| 9 | 409.493 | 410.092 | 408.540 | 406.407 |
| 10 | 406.324 | 405.153 | 407.441 | 409.619 |
| 11 | 409.260 | 408.465 | 403.858 | 407.840 |
| 12 | 409.030 | 410.260 | 408.712 | 408.299 |
| 13 | 408.913 | 410.964 | 410.440 | 408.745 |
| 14 | 408.578 | 409.767 | 404.728 | 407.866 |
| 15 | 411.532 | 409.269 | 406.650 | 407.424 |
| 16 | 406.116 | 406.029 | 407.760 | 406.978 |
| 17 | 410.204 | 409.191 | 408.617 | 473.789 |
| 18 | 409.629 | 410.603 | 409.423 | 408.729 |
| 19 | 406.190 | 405.721 | 407.956 | 407.840 |
| 20 | 408.683 | 406.948 | 406.826 | 408.528 |
| 21 | 405.747 | 411.508 | 409.318 | 406.264 |
| 22 | 406.218 | 410.599 | 407.232 | 405.586 |
| 23 | 410.368 | 407.081 | 410.047 | 407.175 |
| 24 | 408.006 | 409.071 | 406.245 | 407.467 |
| 25 | 408.211 | 405.314 | 408.496 | 408.709 |
| średnia | 407.957 | 408.774 | 407.324 | 410.420 |
| σ | 1.920 | 1.867 | 1.863 | 12.988 |

Badania rozpoczęto od rozmiaru populacji 20. Otrzymano średni wynik 407,957. Następnie zwiększono rozmiar populacji do 50. Otrzymano wynik gorszy - 408,774. Wobec tego sprawdzono rozmiar mniejszy niż początkowo - rozmiar 10. Otrzymano wynik 407,324 - dotychczasowo najlepszy wynik. Zmniejszanie populacji wobec tego dotychczas dawało pozytywne wyniki. Zmniejszono rozmiar do 5 i otrzymano gorszy wynik - 410,420.

Empirycznie wykazano, że najlepsze wyniki dla tego problemu daje populacja o rozmiarze około 10.

2.2 Wpływ siły mutacji

Badania dokonywano dla rozmiaru populacji 10 (zgodnie z punktem 2.1 najlepszy) oraz rozmiaru elity 3.

| | siła mutacji 5 | siła mutacji 20 | siła mutacji 10 | siła mutacji 2 |
|----------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| 1 | 405.036 | 425.025 | 411.816 | 407.594 |
| 2 | 406.902 | 424.841 | 412.354 | 406.396 |
| 3 | 409.103 | 418.729 | 412.08 | 402.368 |
| 4 | 409.119 | 432.308 | 411.897 | 407.122 |
| 5 | 409.178 | 429.377 | 413.454 | 403.764 |
| 6 | 403.192 | 437.009 | 410.405 | 407.002 |
| 7 | 408.800 | 417.177 | 409.04 | 406.426 |
| 8 | 409.291 | 424.555 | 414.678 | 406.295 |
| 9 | 407.430 | 424.761 | 413.433 | 406.307 |
| 10 | 405.335 | 426.063 | 411.532 | 406.446 |
| 11 | 408.637 | 424.79 | 414.616 | 405.868 |
| 12 | 410.274 | 422.633 | 412.611 | 405.632 |
| 13 | 408.450 | 425.116 | 410.907 | 404.786 |
| 14 | 408.207 | 417.067 | 422.02 | 407.56 |
| 15 | 407.000 | 428.654 | 410.585 | 401.152 |
| 16 | 409.364 | 417.266 | 411.612 | 406.287 |
| 17 | 408.441 | 426.605 | 411.911 | 407.183 |
| 18 | 405.019 | 426.76 | 410.981 | 406.641 |
| 19 | 406.523 | 420.83 | 414.128 | 404.99 |
| 20 | 404.264 | 425.203 | 412.423 | 407.417 |
| 21 | 409.515 | 426.941 | 409.1 | 468.735 |
| 22 | 408.783 | 425.843 | 486.59 | 405.933 |
| 23 | 409.509 | 423.631 | 410.814 | 473.547 |
| 24 | 408.333 | 422.416 | 412.616 | 408.266 |
| 25 | 405.600 | 427.702 | 410.197 | 406.436 |
| średnia | 407.652 | 424.852 | 415.272 | 411.206 |
| σ | 1.883 | 4.487 | 14.764 | 17.756 |

Badania rozpoczęto od siły mutacji 5. Otrzymano średni wynik 407,652. Następnie wypróbowane wyższe wartości siły mutacji - 20 i 10. Otrzymano wyniki gorsze, kolejno: 424,852 i 415,272. Wobec tego wypróbowano niższą wartość siły mutacji - 2. Również otrzymano gorszy wynik.

Najlepszy wynik uzyskano dla siły mutacji równej 5.

2.3 Wpływ rozmiaru elity

Badań dokonywano dla rozmiaru populacji 10 (zgodnie z punktem 2.1 najlepszy) oraz siły mutacji 5 (zgodnie z punktem 2.2 najlepsza).

| | Elita 3 | Elita 0 | Elita 5 | Elita 4 | Elita 2 |
|----------|----------------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 406.967 | 412.468 | 405.860 | 403.72 | 401.173 |
| 2 | 406.586 | 414.574 | 407.091 | 407.012 | 407.405 |
| 3 | 404.919 | 419.864 | 402.619 | 407.337 | 404.309 |
| 4 | 407.258 | 416.502 | 407.555 | 406.404 | 407.135 |
| 5 | 406.972 | 424.594 | 406.704 | 405.260 | 406.795 |
| 6 | 403.899 | 421.508 | 407.062 | 407.186 | 403.667 |
| 7 | 406.396 | 488.773 | 402.347 | 405.220 | 408.177 |
| 8 | 406.170 | 413.263 | 405.303 | 406.353 | 405.554 |
| 9 | 406.276 | 413.249 | 404.584 | 406.777 | 405.708 |
| 10 | 407.061 | 430.267 | 405.275 | 406.149 | 405.538 |
| 11 | 404.680 | 422.351 | 403.051 | 406.314 | 408.990 |
| 12 | 403.777 | 414.104 | 402.812 | 406.323 | 402.282 |
| 13 | 400.826 | 424.812 | 409.061 | 407.691 | 466.507 |
| 14 | 404.183 | 427.704 | 406.310 | 407.122 | 408.211 |
| 15 | 407.541 | 415.336 | 407.762 | 407.668 | 406.617 |
| 16 | 406.795 | 415.528 | 407.632 | 408.484 | 407.970 |
| 17 | 405.090 | 426.260 | 409.625 | 405.701 | 406.607 |
| 18 | 401.075 | 422.884 | 406.070 | 405.675 | 409.418 |
| 19 | 405.728 | 431.501 | 406.828 | 405.038 | 405.646 |
| 20 | 407.828 | 425.097 | 404.224 | 407.049 | 403.394 |
| 21 | 404.285 | 419.195 | 405.763 | 407.317 | 406.806 |
| 22 | 406.899 | 418.506 | 405.805 | 468.501 | 406.578 |
| 23 | 405.533 | 415.911 | 403.085 | 404.757 | 406.109 |
| 24 | 403.906 | 416.743 | 406.719 | 406.302 | 400.347 |
| 25 | 402.712 | 422.945 | 406.758 | 403.121 | 404.213 |
| średnia | 405.334 | 422.958 | 405.836 | 408.739 | 408.206 |
| σ | 1.867 | 14.475 | 1.930 | 12.256 | 12.111 |

Badania rozpoczęto dla rozmiaru elity równego 3. Otrzymano wynik 405,334. Następnie zmniejszono rozmiar elity do 0 i wynik uległ dużemu pogorszeniu - do 422,958. Następnie sprawdzono wyniki dla dwóch większych rozmiarów elit niż obecnie najlepszy - dla 5 i 4. Uzyskano wyniki kolejno 405,836 i 408,739, czyli nie uzyskano wyniku lepszego niż dotychczasowo. Sprawdzono jeszcze wynik dla rozmiaru elity 2 i ponownie nie uzyskano lepszego wyniku (uzyskano 408,206).

Najlepszy wynik uzyskano dla rozmiaru elity 3.

3 Optymalizacja funkcji f5

3.1 Wpływ liczby osobników w populacji

Badania przeprowadzono dla rozmiaru elity 3 oraz siły mutacji 5.

| | $\mu=20$ | $\mu=10$ | $\mu=40$ | $\mu=50$ | $\mu=100$ | $\mu=75$ | $\mu=60$ |
|----------|----------|----------|----------|----------------|--------------|----------|----------|
| 1 | 554.711 | 561.946 | 532.56 | 527.739 | 535.576 | 532.885 | 531.147 |
| 2 | 532.283 | 551.641 | 541.838 | 534.888 | 534.873 | 530.126 | 529.386 |
| 3 | 538.011 | 544.931 | 531.872 | 538.060 | 542.165 | 540.006 | 538.488 |
| 4 | 529.436 | 555.924 | 542.569 | 532.860 | 533.453 | 523.714 | 527.692 |
| 5 | 533.776 | 535.289 | 529.104 | 530.024 | 528.954 | 541.026 | 532.139 |
| 6 | 533.564 | 525.138 | 536.177 | 541.917 | 537.165 | 524.788 | 536.163 |
| 7 | 519.930 | 575.140 | 534.351 | 528.376 | 539.325 | 533.531 | 539.579 |
| 8 | 539.067 | 593.033 | 530.768 | 533.433 | 535.159 | 532.258 | 541.658 |
| 9 | 525.950 | 581.128 | 546.611 | 528.073 | 533.022 | 540.506 | 527.024 |
| 10 | 541.933 | 537.773 | 529.401 | 540.394 | 537.151 | 527.208 | 534.159 |
| 11 | 528.474 | 557.809 | 532.994 | 525.783 | 535.443 | 521.974 | 535.139 |
| 12 | 530.403 | 556.015 | 533.698 | 540.963 | 533.665 | 531.951 | 534.121 |
| 13 | 535.958 | 551.690 | 525.89 | 531.325 | 529.706 | 536.043 | 525.649 |
| 14 | 551.545 | 550.741 | 543.083 | 529.487 | 532.762 | 538.586 | 541.64 |
| 15 | 546.282 | 554.316 | 543.759 | 533.328 | 545.432 | 538.56 | 534.357 |
| 16 | 539.179 | 543.545 | 545.036 | 538.101 | 535.757 | 535.076 | 524.244 |
| 17 | 534.315 | 540.491 | 521.096 | 519.066 | 540.29 | 529.885 | 538.691 |
| 18 | 534.164 | 573.986 | 528.483 | 537.355 | 526.198 | 535.07 | 533.177 |
| 19 | 545.205 | 542.684 | 536.317 | 532.444 | 530.542 | 527.554 | 539.53 |
| 20 | 537.261 | 540.811 | 527.124 | 531.835 | 529.38 | 527.17 | 536.683 |
| 21 | 544.344 | 549.251 | 532.185 | 528.148 | 530.803 | 533.853 | 525.927 |
| 22 | 536.150 | 558.772 | 527.228 | 521.56 | 532.275 | 542.157 | 542.235 |
| 23 | 528.470 | 529.505 | 541.588 | 538.752 | 534.074 | 539.547 | 530.142 |
| 24 | 547.833 | 548.952 | 531.04 | 536.874 | 527.977 | 525.824 | 540.428 |
| 25 | 534.258 | 541.257 | 536.466 | 531.918 | 538.022 | 528.696 | 539.739 |
| średnia | 536.900 | 552.071 | 534.450 | 532.508 | 534.367 | 532.720 | 534.365 |
| σ | 8.032 | 15.589 | 6.614 | 5.709 | 4.464 | 5.788 | 5.440 |

Badania rozpoczęto od rozmiaru populacji 20. Otrzymano wynik 536,900. Zmniejszenie liczby osobników do 10 spowodowało pogorszenie wyniku do 552,071. Wobec tego rozpoczęto badania populacji większych niż 20. Zwiększenie populacji do 40 spowodowało poprawienie dotychczas najlepszego wyniku do 534,450. Kolejne zwiększenie populacji do 50 ponownie spowodowało poprawę - do 532,508. Dalsze zwiększania rozmiaru populacji nie przyniosło poprawy. Dla 100 uzyskano 534,367, dla 75 - 532,720, a dla 60 - 534,365.

Najlepszy wynik uzyskano dla rozmiaru populacji 50.

3.2 Wpływ siły mutacji

Badania przeprowadzono dla populacji o rozmiarze 50 osobników (najlepszemu zgodnie z 3.1) oraz rozmiaru elity 3.

| | siła 5 | siła 10 | siła 3 | siła 7 | siła 6 | siła 4 |
|----------|----------------|--------------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 525.172 | 541.394 | 562.935 | 536.424 | 528.939 | 527.181 |
| 2 | 529.117 | 537.256 | 550.982 | 533.670 | 544.376 | 541.461 |
| 3 | 529.590 | 544.045 | 549.185 | 538.889 | 528.352 | 537.083 |
| 4 | 534.589 | 524.756 | 543.551 | 535.960 | 532.109 | 542.272 |
| 5 | 521.203 | 546.636 | 532.235 | 527.002 | 537.310 | 526.754 |
| 6 | 532.712 | 538.714 | 541.434 | 525.681 | 540.771 | 523.758 |
| 7 | 532.990 | 535.572 | 557.214 | 544.325 | 539.667 | 533.279 |
| 8 | 535.229 | 544.331 | 520.559 | 535.497 | 534.718 | 537.638 |
| 9 | 513.588 | 539.097 | 530.565 | 535.844 | 536.483 | 535.080 |
| 10 | 535.746 | 541.749 | 560.361 | 537.997 | 538.226 | 533.962 |
| 11 | 540.995 | 539.450 | 560.605 | 535.149 | 529.242 | 547.312 |
| 12 | 533.498 | 541.253 | 526.738 | 540.744 | 542.611 | 523.976 |
| 13 | 532.819 | 536.423 | 553.398 | 527.588 | 534.979 | 530.437 |
| 14 | 537.211 | 546.261 | 581.131 | 545.872 | 539.562 | 539.772 |
| 15 | 540.846 | 539.629 | 559.332 | 542.661 | 534.316 | 526.747 |
| 16 | 532.681 | 538.814 | 564.285 | 530.894 | 532.758 | 532.323 |
| 17 | 537.786 | 543.189 | 547.455 | 537.922 | 530.052 | 543.312 |
| 18 | 537.078 | 538.531 | 558.493 | 542.387 | 543.566 | 532.528 |
| 19 | 536.503 | 538.817 | 535.521 | 535.008 | 526.193 | 523.857 |
| 20 | 526.666 | 541.810 | 534.952 | 533.024 | 529.190 | 536.617 |
| 21 | 536.219 | 539.828 | 542.347 | 537.454 | 534.547 | 547.656 |
| 22 | 531.382 | 544.799 | 548.773 | 528.877 | 533.450 | 534.256 |
| 23 | 531.976 | 545.678 | 550.208 | 522.104 | 524.061 | 533.699 |
| 24 | 526.623 | 538.059 | 544.788 | 542.131 | 520.874 | 528.719 |
| 25 | 526.358 | 541.340 | 558.331 | 534.359 | 534.837 | 538.781 |
| średnia | 531.943 | 540.297 | 548.615 | 535.499 | 534.048 | 534.338 |
| σ | 6.084 | 4.369 | 13.494 | 5.903 | 5.920 | 6.825 |

Badanie rozpoczęto od siły mutacji równej 5. Otrzymano średni wynik 531,943. Zwiększono siłę do 10, co spowodowało pogorszenie średniego wyniku do 540,297. Zmniejszenie do 3 również spowodowało pogorszenie, do 548,615. Sprawdzono jeszcze wyniki dla sił 7, 6 i 4. Otrzymano wyniki gorsze niż dla siły 5, kolejno: 535,499, 534,048 i 534,338.

Najlepsze wyniki uzyskano dla siły mutacji równej 5.

3.3 Wpływ rozmiaru elity

Badania przeprowadzono dla populacji o rozmiarze 50 osobników (najlepiej zgodnie z 3.1) oraz siły mutacji 5 (najlepiej zgodnie z 3.2).

| | elita 3 | elita 5 | elita 0 | elita 2 | elita 4 |
|----------|----------------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 536.097 | 533.436 | 569.248 | 523.961 | 521.475 |
| 2 | 532.364 | 529.084 | 566.103 | 528.372 | 529.627 |
| 3 | 536.337 | 521.782 | 559.517 | 533.368 | 529.904 |
| 4 | 542.690 | 530.568 | 545.567 | 540.598 | 533.671 |
| 5 | 526.556 | 545.247 | 577.912 | 536.250 | 520.201 |
| 6 | 525.771 | 536.275 | 575.048 | 544.350 | 537.892 |
| 7 | 538.335 | 539.109 | 564.248 | 533.134 | 539.650 |
| 8 | 533.987 | 532.418 | 561.975 | 543.849 | 547.323 |
| 9 | 523.745 | 543.705 | 559.700 | 526.152 | 545.106 |
| 10 | 524.961 | 533.635 | 555.922 | 527.506 | 529.713 |
| 11 | 542.061 | 550.671 | 556.008 | 531.702 | 526.955 |
| 12 | 532.557 | 530.871 | 554.954 | 536.966 | 535.468 |
| 13 | 526.268 | 533.098 | 554.318 | 526.826 | 532.951 |
| 14 | 535.242 | 534.339 | 578.412 | 529.414 | 535.451 |
| 15 | 533.178 | 530.051 | 576.693 | 530.187 | 531.910 |
| 16 | 536.975 | 535.794 | 558.506 | 539.009 | 532.665 |
| 17 | 531.378 | 545.622 | 561.700 | 540.277 | 524.470 |
| 18 | 536.410 | 532.639 | 575.758 | 538.385 | 528.351 |
| 19 | 530.818 | 540.608 | 577.958 | 528.429 | 525.114 |
| 20 | 531.995 | 530.545 | 572.267 | 535.353 | 545.245 |
| 21 | 531.985 | 521.584 | 555.464 | 535.371 | 535.223 |
| 22 | 536.954 | 522.591 | 563.470 | 538.678 | 539.070 |
| 23 | 531.575 | 544.586 | 556.294 | 536.531 | 538.251 |
| 24 | 526.318 | 519.406 | 553.298 | 531.484 | 537.959 |
| 25 | 529.348 | 532.127 | 575.678 | 526.956 | 544.754 |
| średnia | 532.556 | 533.992 | 564.241 | 533.724 | 533.936 |
| σ | 5.015 | 7.882 | 9.429 | 5.629 | 7.254 |

Sprawdzono wynik dla elity o rozmiarze 3. Otrzymano średni wynik 532,556. Następnie zwiększono elitę do 5, ale wynik uległ pogorszeniu do 533,992. Rezygnacja z sukcesji elitarniej (elita rozmiaru 0) również spowodowała pogorszenie wartości $q(x)$ w znalezionym punkcie do 564,533. Zbadano jeszcze elitę 2 i 4, ale również nie otrzymano wyniku lepszego niż dla elity o rozmiarze 3. Otrzymano kolejno 533,724 i 533,936.

Punkt najbliższy optimum znaleziono za pomocą algorytmu o rozmiarze elity 3.

4 Podsumowanie

Po analizie wyników z optymalizacji funkcji CEC f4 i f5 w 10 wymiarach stwierdzono, że najlepsze wyniki uzyskano dla następujących parametrów:

| | f4 | f5 |
|--|---------|---------|
| Najlepsza liczba osobników w populacji | 10 | 50 |
| Najlepsza siła mutacji | 5 | 5 |
| Najlepszy rozmiar elity | 3 | 3 |
| Uzyskana średnia wartość $q(x)$ w optimum w najlepszym punkcie | 405,334 | 532,556 |

Na podstawie tego zadania można wyciągnąć wnioski:

1. do optymalizacji za pomocą algorytmu ewolucyjnego parametry należy dobierać osobno do każdego zadania, często empirycznie sprawdzając różne opcje
2. wyniki działania algorytmu ewolucyjnego znacznie różnią się między sobą (duży wpływ elementu losowego). Pełen obraz ukazuje dopiero statystyka po wywołaniu algorytmu wiele razy (np. 25)
3. warto wykorzystać sukcesję elitarną, ale elita powinna być odpowiednio dobrana - zwiększanie jej nie zawsze prowadzi do poprawy wyniku.