

Wprowadzenie do sztucznej inteligencji | cw. 2

Damian D'Souza

F2

1. Analiza wpływu liczby osobników w populacji na jakość rozwiązań

- Początkowo zbadałem wpływ populacji na jakość wyników. Dla pierwszej próby przyjąłem $\sigma=3$, a rozmiar populacji był równy potęgom liczby 2 od 1 do 64.

mu	min	śr	std	max
1	5,82e+10	3,55e+13	1,12e+14	4,14e+14
2	83142,73	1,08e+07	1,44e+07	5,32e+07
4	24199,30	871775,61	1,33e+06	5,23e+06
8	37520,03	362874,81	628932,91	2,45e+06
16	22020,07	340550,44	363263,19	1,56e+06
32	74756,74	813144,33	425324,54	1,46e+06
64	14215,50	688595,15	535750,50	1,56e+06

Choć przy zadanych parametrach nie udało się osiągnąć minimum, można zauważyć wpływ wielkości populacji na jakość rozwiązania. Zbyt mała populacja znacząco ogranicza wybór najlepszych osobników, w przypadku $\mu=1$ proces sprowadza się do losowego wyboru punktów. Z kolei zbyt duża populacja zmniejsza liczbę możliwych iteracji, co uniemożliwia zbliżenie się do optimum.

- Następnie wykonałem tą samą próbę ale zmniejszyłem siłę mutacji do 1,5.

mu	min	śr	std	max
1	1,59e+09	3,17e+12	6,17e+12	1,89e+13
2	15540,55	1,99e+06	3,55e+06	1,32e+07
4	606,63	49974,65	68837,55	272284,73
8	2802,68	114073,55	172681,70	556348,78
16	605,83	19655,94	37753,74	171814,13
32	422,33	115911,54	138714,63	458139,17
64	5,02e+06	1,10e+08	1,76e+08	6,83e+08

Przy takich parametrach widać, że rozwiązania znacząco zbliżyły się do optimum. W przypadku zbyt dużych populacji jakość rozwiązań ulega

pogorszeniu, co wynika ze zmniejszonej liczby iteracji oraz osłabienia siły mutacji.

- Na ostatnią próbę siłę mutacji ustawiłem na 0.5

mu	min	śr	std	max
1	1,57e+16	2,03e+19	2,92e+19	1,07e+20
2	9304,53	26791,18	38834,11	214207,40
4	214,21	916,46	1501,60	4976,09
8	332,40	3464,70	2959,15	9059,47
16	28318,22	227937,91	157201,28	570854,21
32	267036,19	9,23e+06	3,62e+07	1,86e+08
64	2,48e+07	1,32e+09	1,93e+09	5,92e+09

Dla większych populacji wyniki pogorszyły się w porównaniu do poprzedniej próby, jest to spowodowane połączeniem zbyt słabej mutacji z niewystarczającą liczbą iteracji. Dla średnich rozmiarów populacji wyniki poprawiły się, ponieważ taki rozmiar pozwala na dobrą różnorodność, co pomaga w zbliżeniu się do optimum.

- Wyniki dla limitu ewaluacji zwiększonego do 50 tys. i sigma=0,5

mu	min	śr	std	max
1	2,31e+09	2,15e+18	3,15e+18	1,17e+19
2	269,97	5429,73	4741,90	14863,29
4	203,09	217,49	15,88	267,35
8	201,66	210,02	14,41	263,24
16	262,52	299,90	20,18	331,84
32	200,49	224,53	40,08	348,28
64	244,05	322,25	43,95	363,94

Dla większego limitu iteracji wyniki znacząco zbliżyły się do optimum. Najlepszy rozmiar populacji mieścił się w przedziale [4, 32], co pozwoliło uzyskać wystarczająco dużą liczbę iteracji, a jednocześnie zapewnić wystarczającą różnorodność osobników w populacji. Dla większych populacji wciąż widać mały spadek jakości wyników oraz ich stabilności.

2. Analiza wpływu siły mutacji na jakość rozwiązań

- W pierwszym pomiarze ustawiłem rozmiar populacji 5

sigma	min	śr	std	max
0,5	4368,20	8123,47	3146,86	16283,65
1,0	5786,99	17181,22	6854,04	29498,12
1,5	5142,36	32986,25	26765,36	92737,41
2,0	9466,79	181496,38	290482,45	1,00e+06
2,5	26510,45	182526,77	182646,39	886422,54
3,0	45387,71	781840,44	966851,95	7,97e+06

Można zauważyć, że dla wartości sigmy w okolicach 1 algorytm najbardziej zbliża się do optimum funkcji w porównaniu do większych wartości sigmy. Dla zbyt dużej sigmy punkty 'skakały' po przestrzeni, nie zbliżając się do optimum, co widać w znacznie większych wartościach średnich oraz odchyleniach

- W następnym pomiarze rozmiar populacji zwiększyłem do 20.

sigma	min	śr	std	max
0,5	5812,16	9,61e+06	2,49e+07	8,50e+07
1,0	1055,63	5726,50	4663,91	42214,71
1,5	378,65	20478,07	38870,46	149184,25
2,0	2077,56	45500,07	60869,32	216477,58
2,5	16913,82	190112,79	232594,99	1,06e+06
3,0	13503,42	254289,43	258578,41	940109,93

Przy zbyt małej wartości sigmy w połączeniu z większą populacją wyniki są bardzo niestabilne i dalekie od minimum. Najlepsze wyniki uzyskano dla średnich wartości intensywności mutacji, wraz z jej wzrostem spadała średnia jakość wyników.

- Wynik dla 50 tys. ewaluacji i $\mu=20$

sigma	min	śr	std	max
0,5	200,07	281,83	41,43	370,81
1,0	213,08	311,90	46,65	371,41
1,5	253,62	534,13	280,39	1273,45
2,0	225,50	2005,75	3183,15	18690,56
2,5	327,99	2671,44	3805,16	17146,99
3,0	361,41	5784,44	6450,77	30668,10

Przy większej liczbie ewaluacji najlepsze wyniki osiągnęto dla mniejszych wartości sigmy, co sugeruje, że niższa siła mutacji korzystnie wpływa na działanie algorytmu przy dłuższym czasie obliczeń. Odchylenie standardowe również było niskie, co świadczy o stabilności wyników. W miarę wzrostu siły mutacji wyniki się pogarszały, a odchylenie standardowe rosło, wskazując na mniejszą stabilność.

F13

1. Analiza wpływu liczby osobników w populacji na jakość rozwiązań

- Na pierwszy pomiar sigmę ustawiłem na 3

mu	min	śr	std	max
1	632741,57	5,77e+07	1,22e+08	6,07e+08
2	15891,98	116983,05	92200,70	272359,74
4	9082,64	52853,27	39618,66	161954,72
8	9081,77	52750,26	45560,78	225876,71
16	23890,99	94575,46	41312,19	153400,54
32	14580,40	70972,09	30185,09	140292,37
64	11663,91	71700,50	38571,94	140090,02

W przypadku funkcji F13 najlepsze wyniki obserwuje się przy średnich liczbach osobników, zwłaszcza w przedziale [4, 8], gdzie wartości minimalne oraz średnie są najniższe. Dla większych populacji wyniki są stabilne, ale obserwuje się niewielki spadek jakości wraz ze wzrostem ich liczby. Dla bardzo małych populacji, zauważalne jest wyraźne pogorszenie wyników, co wskazuje na zbyt niską różnorodność genetyczną, wpływającą na skuteczność poszukiwania optimum.

- Następnie ustawiłem siłę mutacji 1,5

mu	min	śr	std	max
1	2,23e+06	1,14e+10	1,41e+10	5,10e+10
2	6330,91	41242,72	29311,51	103957,86
4	3135,25	34261,85	26092,41	104471,79
8	18557,18	34837,26	11300,24	57355,87
16	2937,57	14819,91	16688,63	72344,11
32	12248,69	26441,56	10189,53	52631,74
64	29340,91	41193,92	11445,97	70156,48

Podobnie jak w poprzednim pomiarze, po zmniejszeniu siły mutacji najlepsze wyniki widać dla pośrednich rozmiarów populacji. Dla zbyt dużej i zbyt małej populacji średnia jakość wyników zaczyna spadać

- W ostatnim pomiarze zmniejszyłem sigmę do 0,5

mu	min	śr	std	max
1	8,01e+07	3,32e+10	2,76e+10	8,44e+10
2	3298,40	27210,87	9678,88	38225,87
4	6912,04	10400,32	2733,64	15774,20
8	2894,82	6763,51	1966,06	9928,09
16	2935,82	4838,50	1757,12	9718,10
32	3135,32	9310,14	12855,52	51382,36
64	33642,01	49552,71	5447,41	55228,32

Tak jak w poprzednich pomiarach widać że najlepsze wyniki są dla wartości pośrednich z przedziału, jednak po zmniejszeniu siły mutacji spadek jakości i stabilności wyników dla większych i małych populacji jest mniejszy.

- Wyniki dla zwiększonego limitu ewaluacji i sigma=0,5

mu	min	śr	std	max
1	3,96e+06	1,29e+10	1,22e+10	4,18e+10
2	2578,38	16482,81	10902,04	34324,73
4	2016,41	6747,85	2611,24	11704,04
8	2838,23	5127,92	2051,24	9824,12
16	2230,55	3603,52	1222,63	7033,66
32	2518,14	9888,80	13636,79	40086,58
64	29770,99	44596,55	6902,46	54349,20

Dla 50 tys. ewaluacji wyniki są marginalnie lepsze od pomiaru wykonanego dla 10 tys. ewaluacji, w tym przypadku zwiększenie liczby iteracji nie pomogło w uzyskaniu lepszych wyników.

2. Analiza wpływu siły mutacji na jakość rozwiązań

- Dla rozmiaru populacji 5

sigma	min	śr	std	max
0,5	14860,24	26301,56	8177,85	56140,12
1,0	13427,98	31418,37	10297,83	54780,67
1,5	16187,69	44020,95	19151,90	81871,55
2,0	10271,61	43579,06	21937,77	95208,29
2,5	15150,04	47631,29	32001,48	131845,74
3,0	7706,44	70483,51	32069,97	122927,01

Najlepsze wyniki można zaobserwować przy mniejszych wartościach sigmy, połączenie niskiej sigmy z małą populacją pozwala na dokładniejsze określenie optimum. Wraz ze wzrostem sigmy jakość i stabilność wyników pogarszają się – silna mutacja powoduje zbyt duże zmiany, co skutkuje ‘skakaniem’ po przestrzeni, co widać w rosnącym odchyleniu standardowym.

- W następnym pomiarze zwiększyłem mu do 20

sigma	min	śr	std	max
0,5	8866,29	15669,33	2900,86	19432,34
1,0	10475,17	20178,35	7082,07	38857,57
1,5	9415,89	29463,18	10891,97	53127,59
2,0	4513,68	27131,68	15387,95	106882,07
2,5	5284,31	34677,40	16864,87	80372,43
3,0	12918,67	56058,79	35357,47	132824,41

Dla większej populacji trend z poprzedniego pomiaru pozostaje widoczny – średnia jakość wyników i ich stabilność poprawiły się, choć przy sigma=3 nadal występuje duża niestabilność wyników.

- Wynik dla 50 tys. ewaluacji i $\mu=20$

sigma	min	śr	std	max
0,5	8520,70	13859,41	2675,80	19036,04
1,0	5812,49	14361,23	5198,03	23128,39
1,5	4916,11	15497,15	5532,53	23292,59
2,0	6486,61	19674,15	8312,23	35823,62
2,5	2239,49	17086,82	10171,87	39773,40
3,0	3441,23	19903,19	11255,07	43768,83

Przy większej liczbie ewaluacji wyniki są porównywalne dla wszystkich wartości sigmy. Podobnie jak w poprzednich pomiarach, obserwuje się spadek stabilności wraz ze wzrostem sigmy, jednak dłuższy czas działania algorytmu sprawia, że wpływ tego efektu jest mniej znaczący.

Wnioski

Na podstawie analizy wyników działania algorytmu ewolucyjnego można stwierdzić, że zarówno wielkość populacji, jak i siła mutacji mają istotny wpływ na jakość oraz stabilność uzyskiwanych rozwiązań. Zbyt mała liczba osobników ogranicza eksplorację przestrzeni rozwiązań, prowadząc do losowego wyboru punktów i obniżenia jakości wyników. Z kolei zbyt duża populacja zmniejsza liczbę iteracji, co również utrudnia osiągnięcie optimum, przez ograniczenie ewolucji jaką mogą przejść punkty. Najlepsze rezultaty osiąga się przy średnich rozmiarach populacji, które zapewniają równowagę między różnorodnością genetyczną a liczbą iteracji, sprzyjając stabilności wyników.

Siła mutacji wpływa na dokładność i stabilność rozwiązań, niższe wartości parametru sigma umożliwiają bardziej precyzyjne zbliżenie się do optimum, zwłaszcza przy dłuższym działaniu algorytmu. Zbyt wysoka sigma powoduje 'skakanie' po przestrzeni rozwiązań, co skutkuje większym rozproszeniem i niestabilnością wyników, widoczną w wyższym odchyleniu standardowym.

Przy dłuższym czasie działania algorytmu możliwe jest uzyskanie bardziej stabilnych wyników, nawet przy nieco wyższej wartości sigmy, jednak dla bardziej skomplikowanych problemów czas działania takiego algorytmu może się znacznie przedłużyć co nie zawsze jest pożądane. W zależności od problemu, celem może być niekoniecznie najlepsze możliwe rozwiązanie, ale osiągnięcie satysfakcjonującej jakości wyników. Wszystkie te aspekty wpływają na dobór optymalnej kombinacji parametrów oraz limitu ewaluacji.