

Olga Ormańczyk

145183

Bioinformatyka rok II

olgaorm29@gmail.com

SPRAWOZDANIE

Optymalizacja Kombinatoryczna

PROBLEM

2. Dany jest spójny graf $G=(V, E)$ z wagami w_i przypisanymi do każdej krawędzi $v_i \in V$. Należy znaleźć ścieżkę łączącą wszystkie wierzchołki (każdy odwiedzony minimum raz) taką, aby minimalizować jej koszt S . Na koszt ten składają się suma wartości wag krawędzi pomnożonych przez liczbę określającą, po raz który dana krawędź jest używana *. * np. użycie krawędzi po raz pierwszy oznacza, że jego koszt w S to po prostu jej waga w_i . Przejście tą samą krawędzią po raz drugi to przyrost w S o $2 * w_i$, po raz trzeci: $3 * w_i$, itd. Sumarycznie, przejście trzy razy tą samą krawędzią doda ŁĄCZNIE $6 * w_i$ do S (tj. $w_i + 2 * w_i + 3 * w_i$). Przyjąć początkowo: $|V|$ minimum 100, $\deg(v) = [1, 6]$, $w_i = [1, 100]$

ROZWIĄZANIE

Ant Colony Optimization (ACO).

OPIS DZIAŁANIA ALGORYTMU

Generowanie grafu:

Tworzę funkcję która przyjmuje ilość wierzchołków, minimalny stopień i maksymalny stopień. Następnie przeliczam minimalną i maksymalną ilość krawędzi dla grafu o takich parametrach:

```
if (stopien_min==1)
{
    N_min = ilosc_wierzchołkow-1; // minimalna ilc
}
else
{
    N_min = (stopien_min/2)*ilosc_wierzchołkow;
}
```

Minimalny stopień dzielimy przez dwa a następnie wynik mnożymy przez ilość wierzchołków, a dla przypadku gdy minimalny stopień wynosi 1, minimalna liczba krawędzi wynosi ilość wierzchołków-1 (maksymalna ilość w sposób analogiczny bez wyjątku dla stopnia 1).

Tworzę wektor który przechowuje wszystkie możliwe ilości krawędzi.

W pętli tworzę graf tak długo aż będzie miał tylko jedną składową:

- losuję ilość krawędzi z wektora krawędzi
- tworzę wierzchołki
 - tworzę tyle obiektów ile jest podanych wierzchołków i każdemu ustawiam id
- tworzę krawędzie:
 - tworzę krawędzie (losuje dwa wierzchołki które łączę krawędzią) aż uda się zbudować graf – aby nie było pętli własnych, stopień nie przekroczył maksimum ani nie był niższy niż minimum
 - losuję wagi dla krawędzi z przedziału 1-100

Następnie generuje testy w których korzystam z następujących funkcji:

wiele instancji:

- wywołuję określoną ilość razy losowanie instancji
- w pętli obliczam „s” według wzoru podanego w treści zadania
- wybieram najlepsze 10% instancji i zwiększam wartość w macierzy dla ich krawędzi
- zwracam średnią długość instancji

losuj instancje:

- wybieram pierwszy wierzchołek losowo

- w zależności od prawdopodobieństwa decyduję czy wybieram wierzchołek losowo czy korzystam z macierzy feromonowej
- kończę funkcję gdy przejdę wszystkie wierzchołki

wybierz wierzchołek:

- szukam wszystkich sąsiadów dla danego wierzchołka
- dla danego wierzchołka losowo lub macierzowo dobieramy indeks
- jeżeli wybieram macierz to obliczam prawdopodobieństwo wyboru danego wierzchołka na podstawie wartości w macierzy dla krawędzi która prowadzi do tego wierzchołka
 - tworzymy sumę wartości z macierzy dla sąsiadujących krawędzi danego wierzchołka, a następnie dzieląc pojedyncze wartości przez tą sumę obliczam prawdopodobieństwo wyboru tego wierzchołka

parowanie feromonów:

- w pętli która przechodzi przez wszystkie wartości macierzy od każdej wartości odejmujemy 0.5 czyli naszą wartość parowania

wygładzanie feromonów:

- obliczam medianę dla wartości z macierzy

Wartość macierzy = W
Minimum = M
Podstawa log = p

Wzór z precyzacji:

$$W := M \cdot \left(1 + \log_p \frac{W}{M} \right)$$

Wzór którego używam:

$$W := 0,75 \cdot W + 0,25 \cdot M \cdot \left(1 + \log_p \frac{W}{M} \right)$$

TEST CZASU:

Jako argumenty przyjmuję sekundy które chcę przetestować.

Rozpaczynam mierzenie czasu.

Wywołuję w pętli funkcję wiele_instancji która wypełnia macierz dla określonego prawdopodobieństwa dla każdego przedziału czasowego.

Pobieram zwracaną przez nią średnią długość ścieżki.

Z każdym przejściem zwiększam prawdopodobieństwo (o 0.1), wywołuję parowanie feromonów i wygładzanie wartości w macierzy.

Dla każdego przedziału czasowego szukam najkrótszej wartości ścieżki.

TEST POPULACJI:

Dla podanych instancji wywołuję testy czyli wypełniam macierz określoną ilością „mrówek”.

Pobieram zwracaną średnią długość ścieżki.

Wywołuję parowanie oraz wygładzanie i zwiększam prawdopodobieństwo skorzystania z macierzy feromonowej.

Wykonuję test populacji aż zakończy się czas (który jest przekazywany do funkcji).

Dla każdej z podanych instancji szukam najkrótszej wartości ścieżki.

TEST WIERZCHOŁKÓW:

Dla podanych instancji wywołuję testy czyli znowu wypełniam macierz określoną ilością „mrówek”.

Pobieram zwracaną średnią długość ścieżki.

Wywołuję parowanie oraz wygładzanie i zwiększam prawdopodobieństwo skorzystania z macierzy feromonowej.

Wykonuję test dla wierzchołków aż zakończy się przekazany czas.

Dla każdej z podanych instancji szukam najkrótszej wartości ścieżki.

TEST STOPNI:

Ponownie wypełniam macierz „mrówkami”

Pobieram zwracaną średnią długość ścieżki.

Wywołuję parowanie oraz wygładzanie i zwiększam prawdopodobieństwo skorzystania z macierzy feromonowej.

Wykonuję test dla stopni wierzchołków aż zakończy się czas.

Dla każdej z podanych instancji szukam najkrótszej wartości ścieżki.

STROJENIE

Podczas strojenia heurystyki starałam się dobrać parametry opisanych niżej zmiennych, aby znajdowana ścieżka okazała się jak najkrótsza.

CZAS

Maksymalny czas działania algorytmu to 60 minut. Jako optymalny czas dla testowania wybrałam 25 minut, ponieważ później ścieżka nadal się ulepsza, ale już nie tak wydajnie jak na początku (opisane w testach).

Na początku dla testu czasu generowałam kolejno testy 5 minutowy, 10 minutowy, itd. W aktualnym kodzie testy są przeprowadzane jeden po drugim: najpierw wykonuje się test 5 minutowy, następnie zapisuje wynik i kolejne 5 minut działania algorytmu daje wynik dla 10 minutowego testu – oszczędziło mi to czasu przy strojeniu oraz przy późniejszych ostatecznych testach.

Została wprowadzona poprawka że test zawsze się wykona nawet jeżeli minie wyznaczony czas – wtedy test wypisze się w kolejnym przedziale z odpowiednim komunikatem ile potrzebował czasu.

TWORZENIE KRAWĘDZI

Na początku maksymalny stopień dla wierzchołka zawsze wynosił 6, następnie po napisaniu kodu zmieniłam tą funkcję aby przyjmowała dowolną wartość i dodałam też stopień minimalny (do testów).

WIELE INSTANCI

Funkcja została dostosowana do testów i ilość instancji nie jest stała, ale również modyfikowalna przez użytkownika.

Wcześniej używałam do policzenia „s” wartości z macierzy, teraz działamy na kopii wartości macierzy żeby nie zepsuć nic w macierzy feromonowej.

PRZEKAZYWANIE TYPÓW DO FUNKCJI

Przekazywaliśmy wierzchołek i wektor wierzchołków, a teraz przekazujemy też wierzchołek i krawędź i wektor wierzchołków i krawędzi, bo istotne jest jaka to jest krawędź bo mamy krawędzie wielokrotne w grafie.

FUNKCJE

„Generuj graf” zostało wyciągnięte z maina i stało się funkcją aby można było ją wywoływać wielokrotnie podczas testów.

MEDIANA

Podczas wygładzania feromonów zdecydowałam się użyć mediany zamiast stałej wartości wyrównywania, aby małe wartości się zwiększały a duże zmniejszały, co daje zdecydowanie lepsze wyniki wygładzania.

PAROWANIE, DODAWANIE I WYGŁADZANIE FEROMONÓW

Podczas przeprowadzania testów dobrałam tak wartość parowania feromonów, to jaką wartość ma się dodawać do macierzy i podstawę logarytmu przy parowaniu, aby wartości szukanej ścieżki były jak najbardziej optymalne.

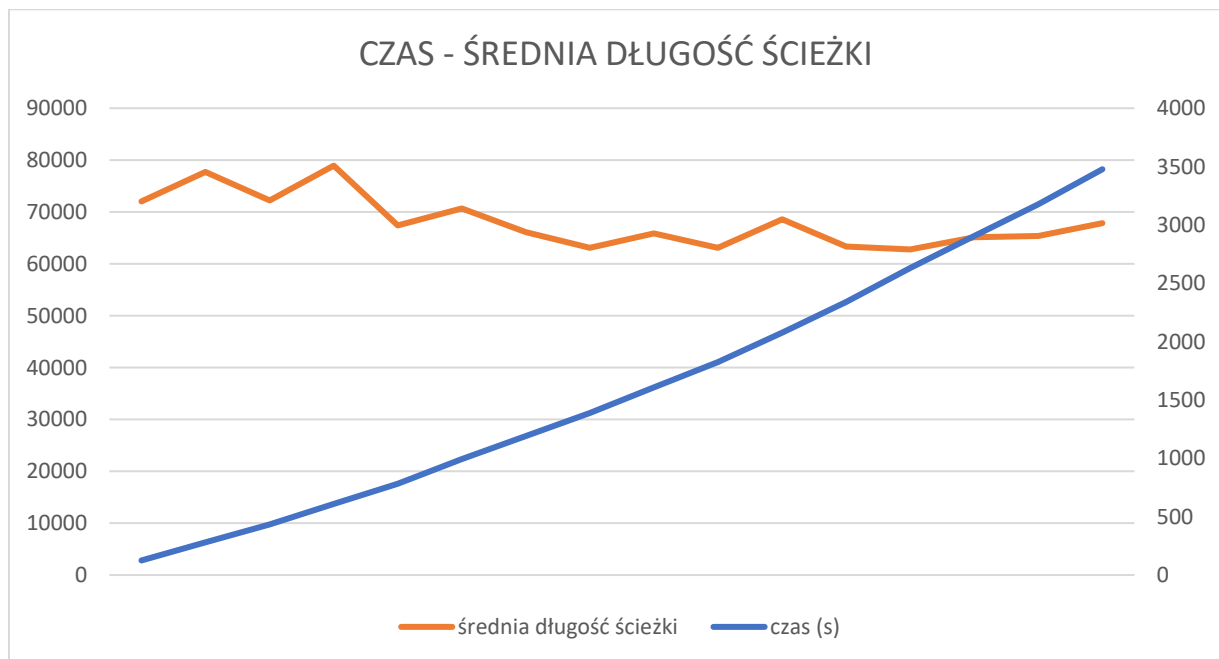
Wartość aktualna	Wartość średnia	Podstawa log	logarytm	Wynik
5	8	10	-0,20412	6,36704
7	8	10	-0,05799	7,536064
10	8	10	0,09691	8,77528
12	8	10	0,176091	9,40873
6	8	10	-0,12494	7,00049
8	8	10	0	8
11	8	10	0,138303	9,106422
13	8	10	0,210853	9,686827
2	8	10	-0,60206	3,18352
1	8	10	-0,90309	0,77528
0,7	8	10	-1,05799	-0,46394

Jeżeli wartość w macierzy jest mniejsza niż 1 to podczas parowania ustawia się na 1, żeby podczas wygładzania nie stała się ujemna.

TESTY

CZAS

czas (s)	średnia długość ścieżki
125	72055.4
279	77722.9
435	72209.7
610	78932
782	67427
992	70654.9
1190	66099
1389	63059.3
1608	65858.1
1824	63090.4
2076	68595.4
2341	63333.6
2632	62769.9
2904	65101.2
3178	65370.3
3477	67819.3



Test był przeprowadzony dla populacji 100, wartości parowania 0.5, 100 wierzchołków, stopni 1-6.

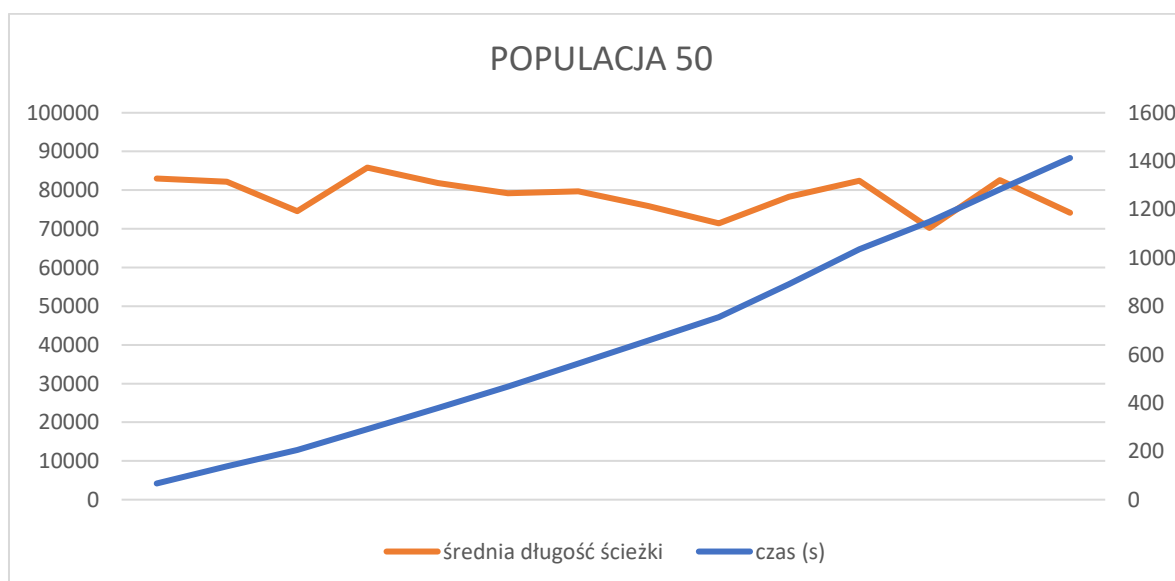
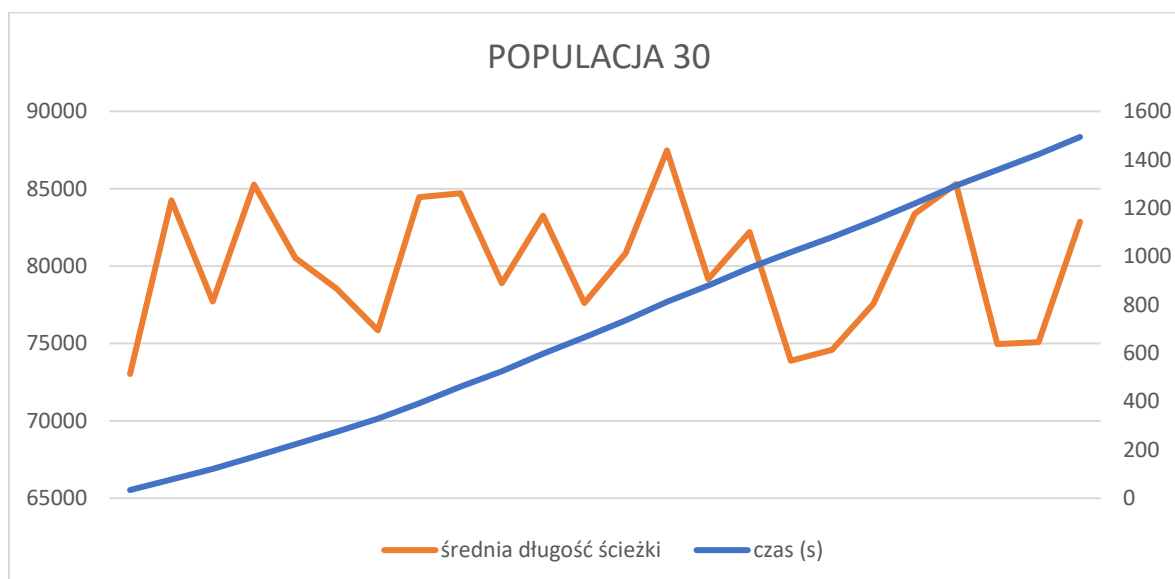
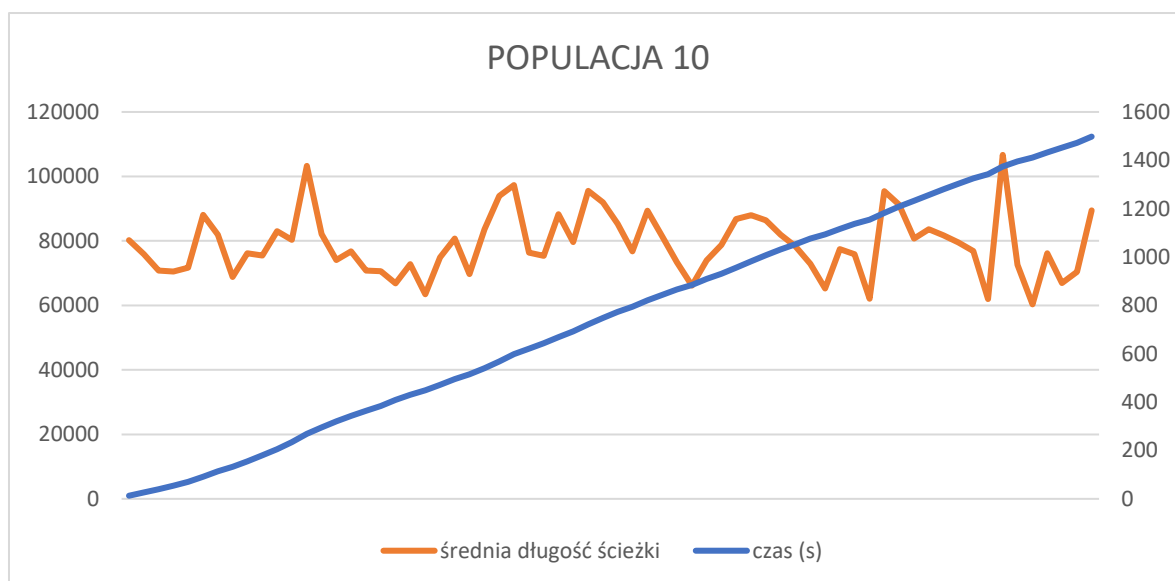
Najbardziej optymalnym czasem który wybrałam jest 1500s (15minut), ponieważ do tego czasu ścieżka jest widocznie ulepszana, po upływie 1500s ścieżka jest polepszana w słaby sposób lub wręcz kolejne znajdowane ścieżki są dłuższe i dla takiego czasu są przeprowadzane kolejne testy.

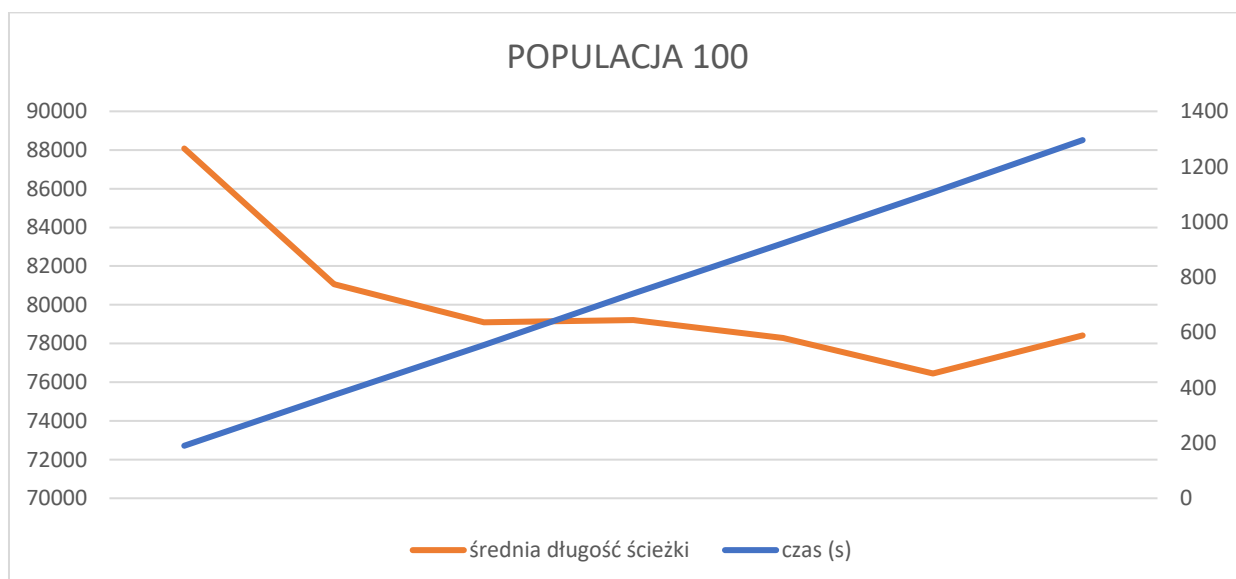
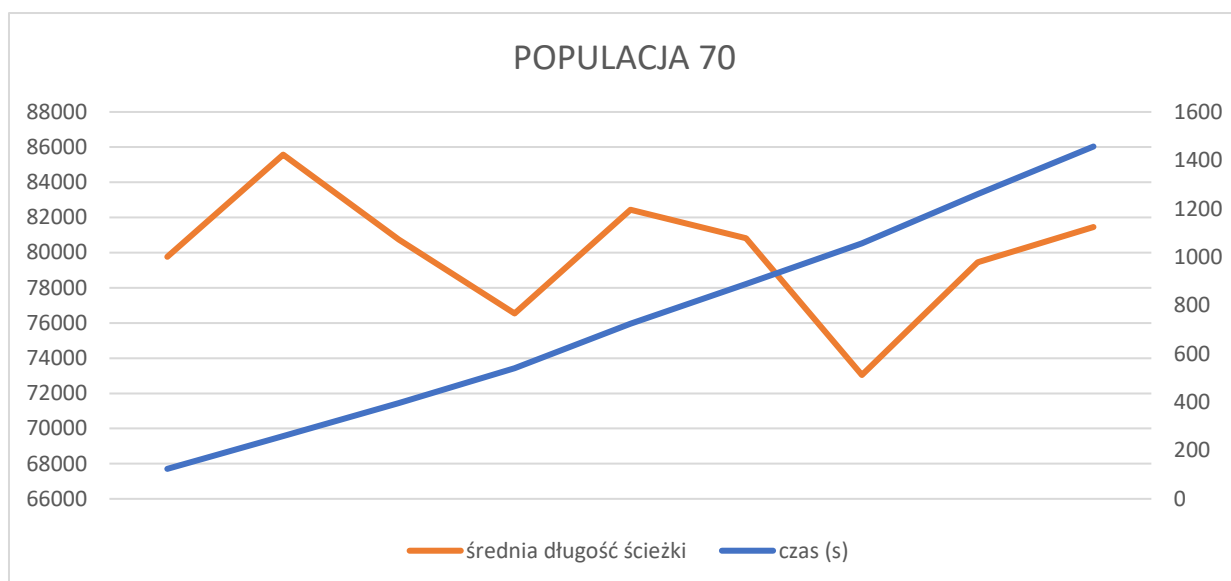
POPULACJA

populacja	czas (s)	średnia długość ścieżki
10	13	80238
10	27	75896.4
10	40	70785.8
10	54	70472
10	70	71740.3
10	92	88088.7
10	114	81910.3
10	133	68814.3
10	155	76196.3
10	180	75435
10	206	82979.1
10	234	80361.9
10	269	103304
10	296	82090
10	320	74087.3
10	343	76714.1
10	364	70812.9
10	384	70626.2
10	409	66866.2
10	430	72824.1
10	449	63466
10	471	74906.5
10	495	80771.7
10	515	69686.7
10	540	83610.3
10	568	93940.7
10	598	97361.4
10	621	76389.9
10	643	75353.5
10	669	88326.3
10	692	79682.8
10	721	95477.1
10	748	91932.1

10	773	85308.1
10	794	76762.2
10	821	89409.3
10	844	81432
10	866	73374.2
10	884	66184
10	909	73949.8
10	931	78778.9
10	956	86770.6
10	982	87992.2
10	1008	86439
10	1031	81968.3
10	1053	78373.6
10	1076	72868.3
10	1094	65266
10	1116	77488.2
10	1137	75897.9
10	1155	62078.8
10	1182	95415.9
10	1209	91297.4
10	1232	80747.2
10	1256	83654.5
10	1280	81716.8
10	1303	79507.1
10	1325	76853
10	1342	62003.7
10	1374	106679
10	1395	72621.1
10	1411	60321.4
10	1433	76162.3
10	1452	66968.1
10	1472	70451.7
10	1498	89431.9
30	34	73030.3
30	78	84245.4
30	121	77708.3
30	172	85273.6
30	223	80532.8
30	275	78546
30	329	75850
30	393	84458.4
30	461	84697.2
30	525	78883.4
30	598	83254.2
30	665	77610.3
30	735	80830.5

30	812	87476.2
30	880	79164.2
30	953	82204.2
30	1017	73885.8
30	1080	74592.4
30	1147	77567.2
30	1219	83376.1
30	1293	85305.8
30	1358	74961.8
30	1422	75077.8
30	1494	82860.5
50	67	83009.6
50	138	82159
50	206	74527.2
50	292	85831.5
50	379	81802.6
50	468	79176.1
50	563	79714.4
50	658	75918.2
50	755	71392.7
50	891	78267.7
50	1035	82398.7
50	1149	70221
50	1283	82594.5
50	1413	74111.3
70	124	79770.8
70	259	85573.1
70	396	80744.7
70	540	76546.8
70	724	82436.7
70	889	80818.8
70	1056	73042
70	1261	79462.9
70	1457	81453
100	190	88079.9
100	374	81068.2
100	554	79092.2
100	741	79212.8
100	923	78276.4
100	1107	76448.8
100	1296	78423.2





Test przeprowadzony dla czasu 1500s, wierzchołków 100, parowania 0.5, stopnia 1-6.

Im większa populacja tym więcej mrówek na raz wypełnia macierz i poszukiwanie najkrótszej ścieżki jest bardziej efektywne. Dla mniejszych populacji wygładzanie może spowodować zbytne wyrównanie wartości, a co za tym idzie słabsze poszukiwanie najkrótszej ścieżki. Jako najbardziej optymalną wartość dla populacji wybrałam 100 i dla takiej wartości są przeprowadzane kolejne testy.

WIERZCHOŁKI

ilość wierzchołków	czas (s)	średnia długość ścieżki
10	2	1435.91
10	4	1484.61
10	5	1376.55
10	8	1484.78
10	9	1403.45
10	12	1551.06
10	14	1449.81
10	16	1364.24
10	19	1385.44
10	21	1331.02
10	23	1297.88
10	26	1391.28
10	28	1313.14
10	30	1463.63
10	33	1551.08
10	36	1430.35
10	38	1457.29
10	41	1482.37
10	43	1467.74
10	45	1470.27
10	48	1483.97
10	50	1406.6
10	52	1580.25
10	55	1378.18
10	57	1289.37
10	59	1497.87
10	62	1390.21
10	64	1385.61
10	66	1402.25
10	69	1370.73
10	72	1413.38
10	75	1379.64
10	80	1436.6
10	83	1432.49
10	85	1357.53
10	87	1453.01
10	90	1497.93
10	92	1381.08
10	94	1501.57
10	96	1371.55
10	99	1559.65
10	101	1391.36

10	103	1397.84
10	105	1375.77
10	107	1498.1
10	109	1452.17
10	111	1374.45
10	113	1389.3
10	115	1479.18
10	117	1405.93
10	119	1324.97
10	121	1414.97
10	123	1475.72
10	126	1478.34
10	128	1448.1
10	130	1481.41
10	132	1506.51
10	134	1424.59
10	137	1505.69
10	138	1347.55
10	140	1378.75
10	142	1296.06
10	144	1304.32
10	147	1432.26
10	150	1404.79
10	152	1444.25
10	154	1303.78
10	156	1464.62
10	158	1553.94
10	160	1384.4
10	163	1489.12
10	165	1521.1
10	167	1476.07
10	169	1442.8
10	174	1343.13
10	185	1534.94
10	187	1469.7
10	189	1431.13
10	191	1327.87
10	193	1507.26
10	195	1486.33
10	197	1449.21
10	201	1442.99
10	203	1462.89
10	205	1419.04
10	207	1326.79
10	209	1372.51
10	212	1429.25

10	215	1445.4
10	217	1457.92
10	220	1303.55
10	222	1497.88
10	224	1480.21
10	227	1577.21
10	229	1400.1
10	231	1485.85
10	233	1428.07
10	235	1396.84
10	237	1459.2
10	238	1334.64
10	240	1415.4
10	242	1547.44
10	244	1392.67
10	246	1314.33
10	248	1365.59
10	250	1532.05
10	252	1376.28
10	254	1546.37
10	256	1425.1
10	258	1331.16
10	260	1438.33
10	262	1477.97
10	264	1370.91
10	266	1496.51
10	268	1411.17
10	270	1527.35
10	272	1510.4
10	274	1518.58
10	276	1532.69
10	278	1440.37
10	280	1379.33
10	282	1303.75
10	284	1458.35
10	286	1449.14
10	288	1394.59
10	290	1454.32
10	292	1376.78
10	294	1487.58
10	296	1360.97
10	298	1381.84
10	300	1438.73
10	302	1396.23
10	304	1355.18
10	306	1491.33

10	308	1497.93
10	310	1485.3
10	312	1508.74
10	314	1519.42
10	316	1444.37
10	318	1445.7
10	320	1423.94
10	322	1444.68
10	324	1449.06
10	327	1538.59
10	328	1352.5
10	330	1468.41
10	332	1386.45
10	334	1423.11
10	336	1533.5
10	338	1371.51
10	340	1297.25
10	342	1479.58
10	344	1438.3
10	346	1449.94
10	348	1444.14
10	350	1405.76
10	352	1485.79
10	354	1499.76
10	356	1388.18
10	358	1342.33
10	360	1483.38
10	362	1369.77
10	364	1556.05
10	366	1337.35
10	368	1445.51
10	370	1481.13
10	372	1304.06
10	374	1473.56
10	376	1476.46
10	378	1445.17
10	380	1488.74
10	382	1487.37
10	384	1371.08
10	386	1355.9
10	388	1369.33
10	390	1446.19
10	392	1413.12
10	394	1500.67
10	396	1410.72
10	398	1414.47

10	400	1389.4
10	402	1418.93
10	404	1490.09
10	406	1468.13
10	408	1541.14
10	410	1573.48
10	412	1428.57
10	414	1350.3
10	416	1597.68
10	418	1482.16
10	420	1444.63
10	422	1351.72
10	424	1403.59
10	426	1401.71
10	428	1400.6
10	430	1490.57
10	432	1460.72
10	434	1568.35
10	436	1378.19
10	438	1438.43
10	441	1360.29
10	443	1426.6
10	445	1533.25
10	447	1530.7
10	449	1367.41
10	451	1508.92
10	453	1432.42
10	455	1291.03
10	457	1449.44
10	459	1497.02
10	461	1462.65
10	463	1368.92
10	465	1320.13
10	467	1554.96
10	470	1500.07
10	472	1450.51
10	473	1337.82
10	475	1354.16
10	477	1412.84
10	479	1476.08
10	481	1436.01
10	483	1369.13
10	485	1413.26
10	487	1415.46
10	489	1427.16
10	491	1345.28

10	493	1373.1
10	495	1491.67
10	497	1436.62
10	499	1551.24
10	501	1384.83
10	503	1608.94
10	505	1375.5
10	507	1331.12
10	509	1601.25
10	511	1505.67
10	513	1454.2
10	515	1402.35
10	517	1533.39
10	519	1351.62
10	521	1446.59
10	523	1389.79
10	525	1331.27
10	527	1411.09
10	529	1404.09
10	531	1494.63
10	533	1481.38
10	535	1291.04
10	537	1582.14
10	539	1300.4
10	541	1342.69
10	543	1329.07
10	545	1403.73
10	547	1383.81
10	548	1429.34
10	550	1464.95
10	552	1362.95
10	554	1428.46
10	556	1316.58
10	558	1399.96
10	560	1565.23
10	562	1405.75
10	564	1523.81
10	566	1499.43
10	568	1542.27
10	570	1377.18
10	572	1426.13
10	574	1470.6
10	576	1430.27
10	578	1528.2
10	580	1424.81
10	582	1422.84

10	584	1296.43
10	586	1348.79
10	588	1396.47
10	590	1566.1
10	592	1507.62
10	594	1414.99
10	596	1439.46
10	598	1434.2
10	600	1449.17
10	602	1469.84
10	604	1450.85
10	606	1359.67
10	608	1284.69
10	610	1525.78
10	612	1423.32
10	614	1430.98
10	616	1493.43
10	618	1441.94
10	620	1495.7
10	622	1409.82
10	624	1466.83
10	626	1465.36
10	628	1455.18
10	630	1365.58
10	632	1488.34
10	634	1422.1
10	636	1403.88
10	638	1484.99
10	640	1472.92
10	642	1401.98
10	644	1479.2
10	646	1416.27
10	648	1344.99
10	650	1377.42
10	652	1501.47
10	654	1360.56
10	656	1284
10	657	1383.33
10	659	1475.35
10	661	1383.93
10	663	1372.95
10	665	1368.22
10	667	1408.83
10	669	1437.08
10	671	1399.82
10	673	1431.61

10	675	1392.37
10	677	1365.3
10	679	1458.39
10	681	1346.73
10	683	1463.75
10	685	1388.72
10	686	1371.09
10	688	1499.39
10	690	1267.45
10	692	1464.64
10	694	1521.8
10	696	1448.46
10	698	1399.73
10	700	1515.52
10	702	1414.08
10	705	1512
10	707	1594.35
10	709	1431.7
10	711	1390.44
10	713	1380.81
10	715	1474.97
10	717	1439.67
10	719	1565.13
10	721	1482.19
10	723	1491.67
10	725	1436.67
10	727	1430.45
10	729	1428.24
10	731	1458.98
10	733	1453.73
10	735	1517.25
10	737	1374.26
10	739	1357.41
10	741	1455.44
10	743	1434.12
10	745	1404.29
10	746	1438.92
10	748	1408.78
10	750	1301.58
10	752	1408.75
10	754	1493.3
10	756	1336.52
10	758	1426.92
10	760	1317.13
10	762	1365.02
10	764	1305.92

10	766	1355.74
10	768	1439.06
10	770	1356.09
10	772	1414.14
10	774	1464.16
10	776	1541.56
10	778	1494.71
10	780	1352.39
10	782	1492.77
10	784	1439
10	786	1370.72
10	788	1360.55
10	789	1367.23
10	791	1419.09
10	794	1603.43
10	795	1326.26
10	797	1292.68
10	799	1391.27
10	801	1488.23
10	803	1449.86
10	805	1403.12
10	807	1361.17
10	809	1408.49
10	811	1407.94
10	813	1401.81
10	815	1558.64
10	817	1398.65
10	819	1373.36
10	821	1475.17
10	823	1522.38
10	825	1419.87
10	827	1377.99
10	829	1466.73
10	831	1372.04
10	833	1536.36
10	835	1488.35
10	837	1457.23
10	839	1451.59
10	841	1524.64
10	843	1308.76
10	845	1428.11
10	847	1374.45
10	849	1396.88
10	851	1502.01
10	853	1473.07
10	855	1359.44

10	857	1526.23
10	859	1453.31
10	861	1433.35
10	863	1403.25
10	865	1444.87
10	867	1474.66
10	869	1464.36
10	871	1417.13
10	873	1353.98
10	875	1384.04
10	877	1482.53
10	879	1283.4
10	881	1424.55
10	883	1454.25
10	885	1454.33
10	887	1363.26
10	889	1439.29
10	890	1309.22
10	893	1518.23
10	895	1555.39
10	897	1391.5
10	899	1395.45
10	901	1493.37
10	903	1309.68
10	904	1399.08
10	906	1413.13
10	908	1462.42
10	910	1395.68
10	912	1355.36
10	914	1444.29
10	916	1481.18
10	918	1351.52
10	920	1337.08
10	922	1380.86
10	924	1475.68
10	926	1366.57
10	928	1473.78
10	930	1373.91
10	932	1435.58
10	934	1462.75
10	936	1433.11
10	938	1500.75
10	940	1461.88
10	942	1558.88
10	944	1509.97
10	946	1349.25

10	948	1346.41
10	950	1348.88
10	952	1393.41
10	954	1482.99
10	956	1435.25
10	958	1503.86
10	960	1494.61
10	962	1481.84
10	964	1455.62
10	966	1385.98
10	968	1428.81
10	970	1373.61
10	972	1424.86
10	974	1366.56
10	975	1396.16
10	978	1466.6
10	980	1485
10	982	1465.99
10	984	1451.15
10	986	1322.98
10	988	1538.78
10	990	1365.37
10	992	1395.89
10	994	1494.7
10	996	1511.75
10	998	1357.4
10	999	1416.09
10	1002	1469.91
10	1004	1469.8
10	1006	1413.24
10	1008	1428.87
10	1009	1345.57
10	1011	1441.82
10	1013	1341.27
10	1015	1459.46
10	1017	1377.46
10	1019	1384.22
10	1021	1444.37
10	1023	1416.88
10	1025	1396.47
10	1027	1408.32
10	1029	1491.98
10	1031	1509.21
10	1033	1492.61
10	1035	1461.22
10	1037	1387.86

10	1039	1367.84
10	1041	1382.59
10	1043	1423.71
10	1045	1477.31
10	1047	1454.69
10	1049	1306.96
10	1051	1386.92
10	1053	1478.94
10	1055	1435.72
10	1057	1452.04
10	1059	1510.71
10	1061	1376.87
10	1063	1450.43
10	1065	1380.36
10	1067	1362.23
10	1069	1345.15
10	1071	1589.88
10	1073	1328.09
10	1074	1337.01
10	1076	1391.68
10	1078	11407.29
10	1080	1382.82
10	1082	1448.64
10	1084	1480.25
10	1086	1518.73
10	1088	1399.78
10	1090	1365.31
10	1092	1492.34
10	1094	1363.66
10	1096	1476.02
10	1098	1498.76
10	1100	1496.56
10	1102	1519.99
10	1104	1424.81
10	1106	1526.48
10	1108	1392.82
10	1110	1369.17
10	1112	1468.89
10	1114	1488.04
10	1116	1329.04
10	1118	1430.23
10	1120	1435.77
10	1122	1426.22
10	1124	1439.12
10	1126	1473.77
10	1128	1457.67

10	1130	1404.49
10	1132	1388.87
10	1134	1331.03
10	1136	1466.31
10	1138	1463.78
10	1140	1388.27
10	1142	1506.82
10	1144	1337.25
10	1146	1393.66
10	1148	1486.02
10	1150	1413.65
10	1152	1422.92
10	1154	1381.49
10	1156	1411.47
10	1157	1337.1
10	1159	1487.45
10	1161	1437.48
10	1164	1521.44
10	1166	1420.82
10	1168	1459.74
10	1170	1359.6
10	1172	1518.31
10	1174	1495.08
10	1176	1396.31
10	1178	1434.91
10	1179	1297.01
10	1182	1486.94
10	1184	1522.2
10	1186	1391.48
10	1187	1284.16
10	1189	1307.38
10	1191	1477.26
10	1193	1454.59
10	1195	1420.53
10	1197	1368.1
10	1199	1381.74
10	1201	1362.34
10	1203	1459.28
10	1205	1461.83
10	1207	1463.11
10	1209	1568.18
10	1211	1362.9
10	1213	1455.03
10	1215	1416.46
10	1217	1387.8
10	1219	1470.12

10	1221	1510.97
10	1223	1444.05
10	1225	1516.05
10	1227	1400.05
10	1229	1444.69
10	1231	1413.49
10	1233	1308.53
10	1235	1470.13
10	1237	1349.69
10	1239	1302.05
10	1241	1535.2
10	1243	1474.61
10	1245	1408.25
10	1247	1414.11
10	1249	1442.15
10	1251	1619.07
10	1253	1373.35
10	1255	1454.58
10	1257	1467.86
10	1259	1438.26
10	1261	1400.86
10	1263	1419.31
10	1265	1389.79
10	1267	1325.25
10	1269	1478
10	1271	1276.84
10	1273	1376
10	1275	1463.02
10	1277	1421.63
10	1279	1441.75
10	1280	1394.45
10	1282	1429.39
10	1284	1383.08
10	1286	1563.53
10	1288	1447.62
10	1291	1548.63
10	1292	1376.21
10	1295	1524.66
10	1297	1509.34
10	1299	1496.85
10	1301	1389.39
10	1303	1446.76
10	1305	1412.96
10	1307	1495.92
10	1309	1443.36
10	1311	1399.25

10	1312	1383.29
10	1314	1331.31
10	1316	1437.9
10	1318	1498.03
10	1320	1390.45
10	1322	1327.65
10	1324	1398.37
10	1326	1535.55
10	1328	1451.78
10	1330	1543.78
10	1332	1348.58
10	1334	1440.53
10	1336	1469.45
10	1338	1469.58
10	1341	1418.32
10	1342	1404.96
10	1344	1280.36
10	1346	1497.02
10	1348	1317.48
10	1350	1374.71
10	1352	1513.52
10	1354	1324.06
10	1356	1440.98
10	1358	1517.23
10	1360	1507.39
10	1362	1363.02
10	1364	1342.06
10	1366	1416.4
10	1368	1420.28
10	1370	1466.75
10	1372	1335.14
10	1374	1330.93
10	1376	1488.32
10	1378	1435.82
10	1380	1410.93
10	1382	1406.92
10	1384	1417.74
10	1385	1402.83
10	1387	1381.64
10	1389	1457.42
10	1391	1439.15
10	1393	1477.22
10	1395	1476.75
10	1398	1569.41
10	1400	1420.09
10	1402	1480.49

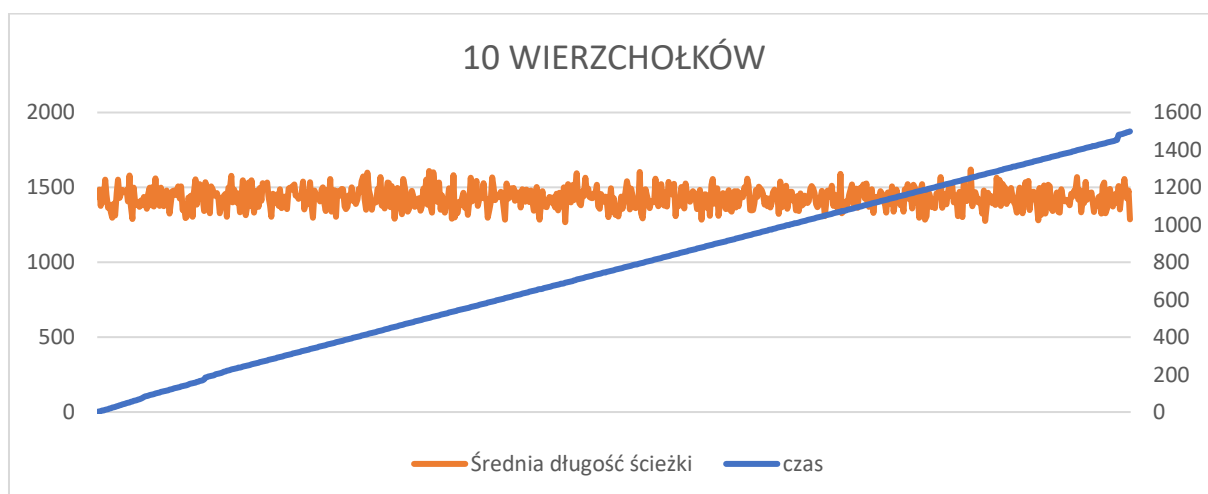
10	1404	1333.08
10	1406	1414.16
10	1407	1396.67
10	1410	1536.74
10	1412	1416.29
10	1414	1460.76
10	1416	1436.42
10	1418	1465.87
10	1420	1402.78
10	1421	1334.98
10	1423	1400.49
10	1425	1378.82
10	1427	1434.31
10	1429	1441.37
10	1431	1324.26
10	1433	1509.63
10	1435	1533.36
10	1437	1328.04
10	1439	1358.56
10	1441	1457.61
10	1443	1488.73
10	1445	1418.94
10	1447	1372.33
10	1449	1422.22
10	1452	1457.86
10	1454	1398.16
10	1480	1508.58
10	1482	1353.42
10	1484	1458.02
10	1486	1473.69
10	1489	1556.77
10	1491	1475.7
10	1494	1425.99
10	1496	1479.72
10	1499	1287.36
30	18	13030.3
30	38	12928
30	55	13567.8
30	70	12057.2
30	90	14934.8
30	106	13330.2
30	126	15021.8
30	142	12989.8
30	162	14972.9
30	180	12720.5
30	201	13536.1

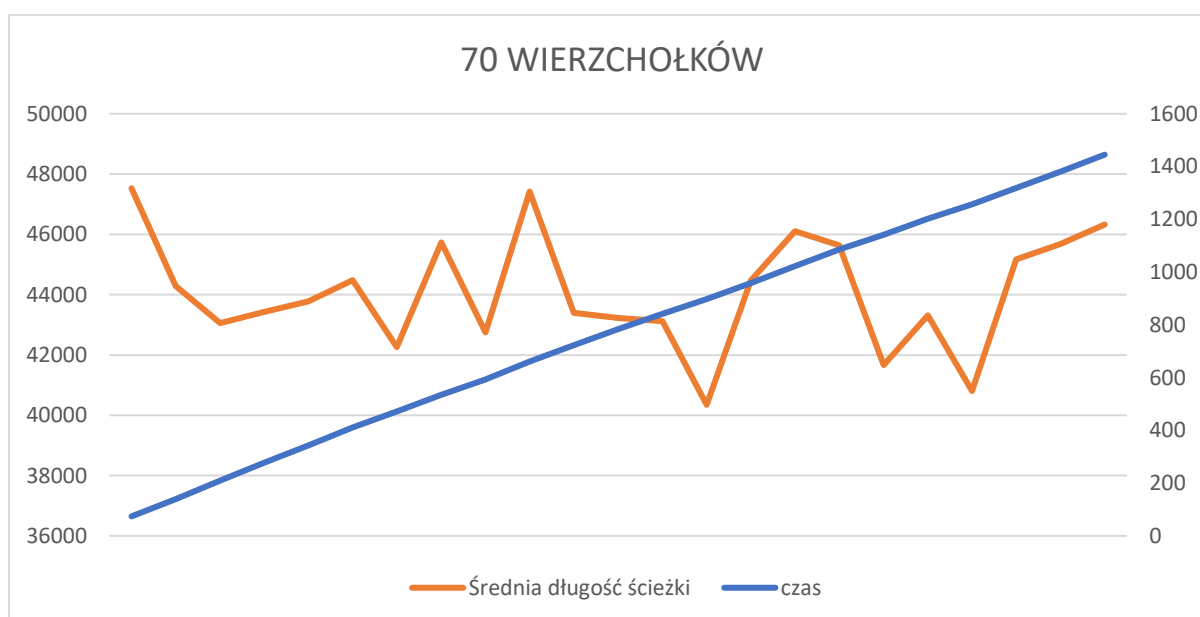
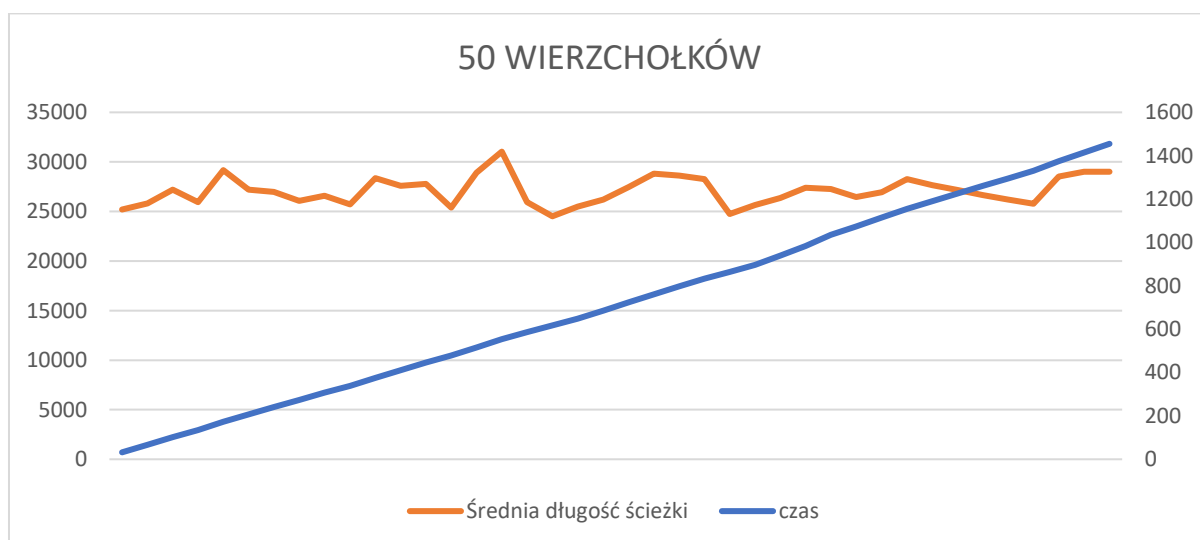
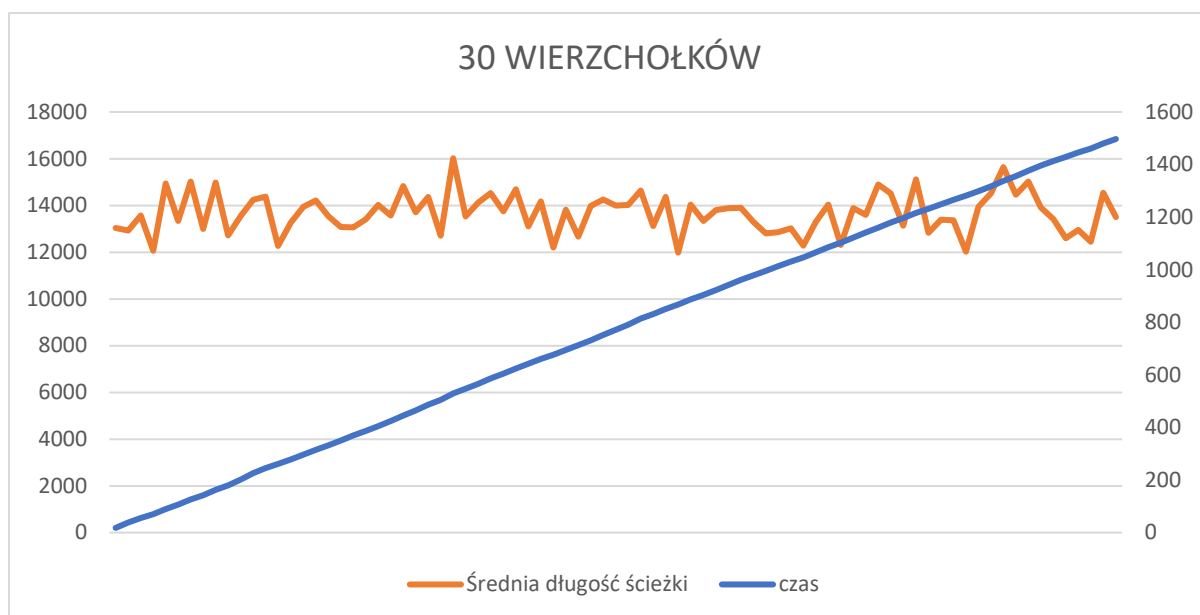
30	226	14244.8
30	245	14379
30	261	12270.7
30	278	13271.1
30	296	13941.5
30	315	14212.3
30	332	13541
30	350	13073.7
30	369	13065.4
30	387	13399.3
30	405	14017.8
30	424	13565.2
30	445	14830.5
30	465	13699.2
30	486	14362.1
30	505	12701.8
30	529	16018.4
30	547	13533.6
30	566	14117.6
30	586	14525.8
30	604	13741.9
30	624	14693.8
30	642	13101
30	661	14175.8
30	677	12204
30	695	13818.8
30	713	12670.9
30	731	13973.3
30	752	14254.9
30	771	13997.8
30	791	14024.5
30	814	14638.2
30	831	13117.6
30	851	14356.8
30	867	11982.2
30	887	14034.4
30	904	13331.1
30	923	13800
30	942	13889.3
30	961	13893.8
30	979	13291.9
30	996	12795.2
30	1014	12855.5
30	1031	13025.4
30	1047	12286.7
30	1066	13293.7

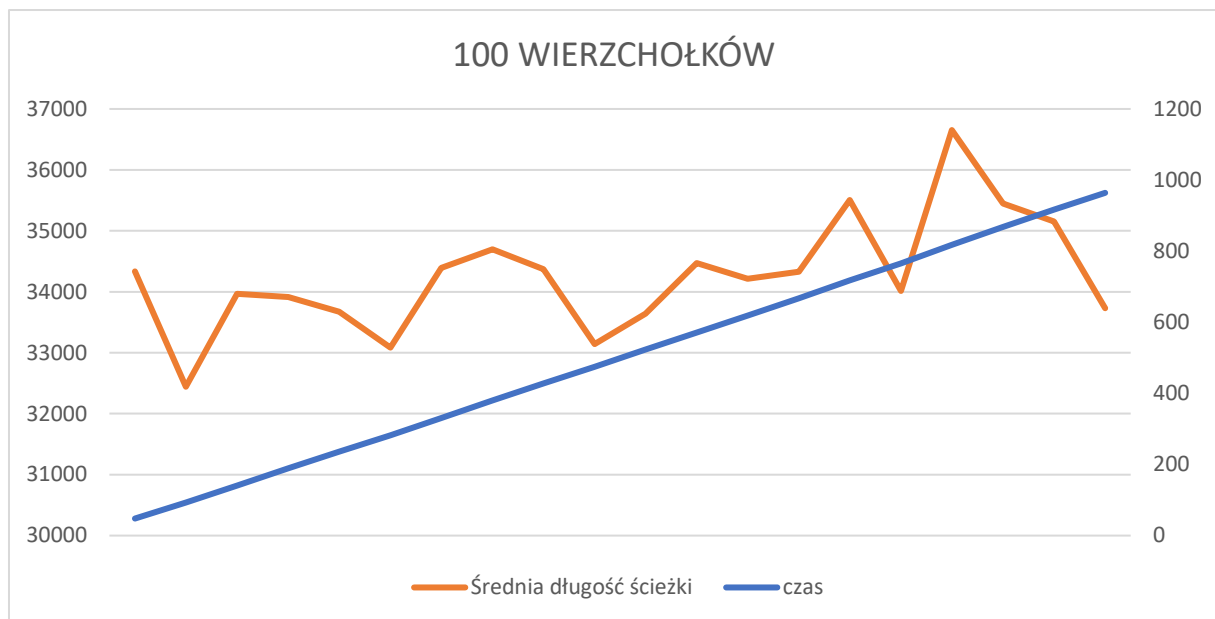
30	1085	14028.5
30	1103	12310.3
30	1122	13876.9
30	1141	13595
30	1160	14898.3
30	1179	14510.7
30	1196	13133.6
30	1216	15116.6
30	1232	12827.9
30	1249	13393.1
30	1266	13363.1
30	1281	12025.6
30	1299	13944.8
30	1317	14515.1
30	1337	15635.4
30	1356	14453.2
30	1376	15027
30	1396	13907.3
30	1413	13423.6
30	1429	12590.3
30	1446	12951.8
30	1461	12450.4
30	1480	14546.8
30	1497	13506.4
50	32	25203.8
50	66	25798.9
50	102	27201.5
50	134	25932.5
50	173	29158.6
50	207	27204.2
50	241	26973.1
50	274	26085.7
50	307	26571.1
50	339	25729.3
50	375	28373.2
50	410	27599.8
50	446	27789.1
50	478	25404.4
50	515	28907.8
50	554	31037.8
50	587	25955.4
50	617	24515.4
50	649	25500.9
50	685	26193.9
50	723	27466.4
50	761	28830.8

50	797	28625.8
50	833	28260.1
50	864	24756.7
50	897	25661.5
50	940	26360.4
50	984	27395.4
50	1036	27255.8
50	1074	26473.8
50	1115	26952.7
50	1155	28261.9
50	1190	27667.2
50	1226	27181.6
50	1261	26658.3
50	1295	26184
50	1330	25795
50	1375	28526.7
50	1414	28995.6
50	1455	29014.2
70	74	47527
70	139	44288.3
70	209	43060.9
70	278	43429.1
70	343	43784.2
70	411	44479
70	472	42260.8
70	535	45735.6
70	593	42749.8
70	661	47417.8
70	723	43394.8
70	783	43222.2
70	842	43117
70	897	40346.8
70	958	44471.2
70	1023	46099.6
70	1086	45641
70	1142	41670.5
70	1202	43307.8
70	1257	40803.3
70	1319	45168.4
70	1381	45679.2
70	1445	46328.1
100	48	34334.4
100	93	32442.3
100	141	33964.9
100	189	33915.5
100	236	33673.3

100	282	33085.4
100	331	34390.3
100	380	34695.8
100	428	34373
100	475	33144.9
100	523	33642.9
100	571	34469
100	619	34214.7
100	667	34328.6
100	718	35504.3
100	766	34014.9
100	818	36653.5
100	868	35447.6
100	917	35151.6
100	964	33728
100	1013	34689.9
100	1062	34795.1
100	1112	35629.3
100	1162	35118.4
100	1209	33671.9
100	1256	33709.7
100	1306	35418.3
100	1354	34279.7
100	1403	34600.2
100	1448	32578.6
100	1499	35568







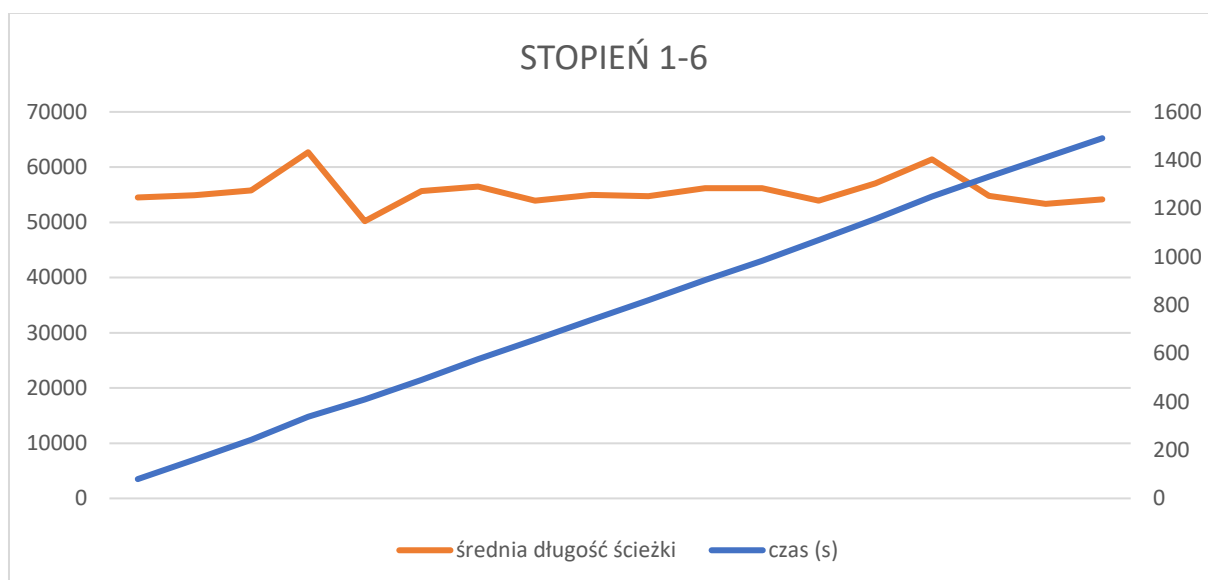
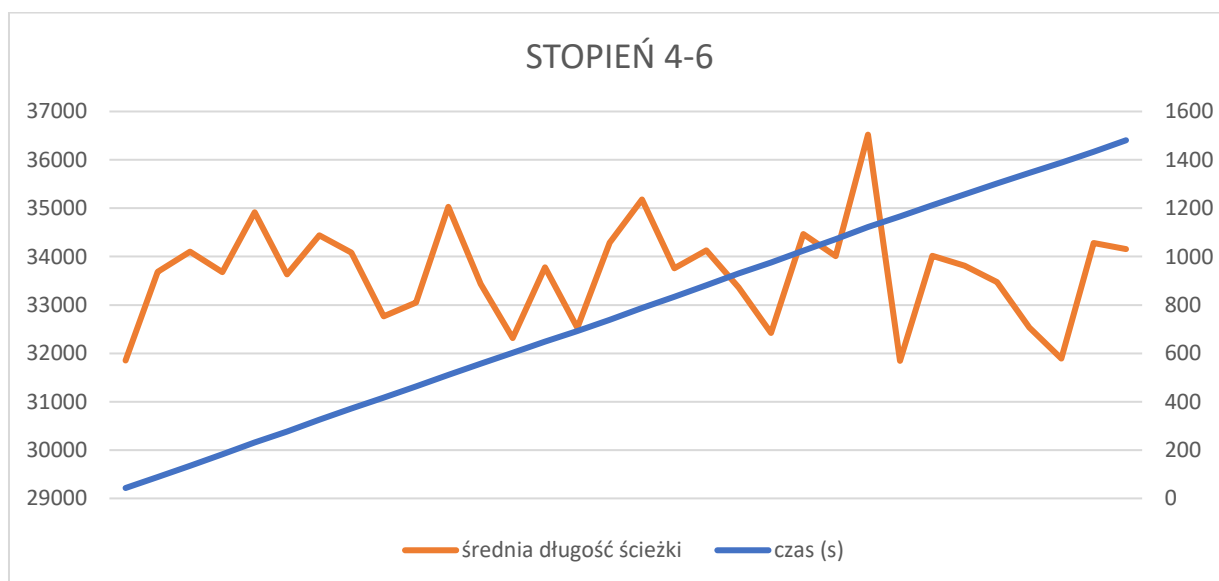
Test przeprowadzony dla czasu 1500s, populacji 100, parowania 0.5, stopnia 1-6.

Stosunkowo do liczby wierzchołków znajdowana ścieżka jest najbardziej optymalna w przypadku gdy liczba wierzchołków wynosi 100 – wypada lepiej na tle innych testów pomimo że ilość wierzchołków jest większa. Dla 10 wierzchołków znajdowana ścieżka jest zdecydowanie krótsza, ale jest bezużyteczna bo graf jest bardzo mały.

STOPNIE

stopnie	czas (s)	średnia długość ścieżki
1-2	814	273895
4-6	43	31850.9
4-6	89	33686.1
4-6	135	34099.9
4-6	182	33676.4
4-6	231	34918.1
4-6	277	33631.9
4-6	325	34440.4
4-6	372	34085.2
4-6	417	32768.1
4-6	463	33048.8
4-6	511	35026.5
4-6	557	33436.1
4-6	602	32312.7
4-6	648	33776.7
4-6	692	32525.6
4-6	739	34288
4-6	787	35181.4
4-6	834	33759.8
4-6	882	34129.6
4-6	930	33361.7
4-6	976	32421.6
4-6	1025	34468.4
4-6	1072	34011.3
4-6	1123	36521.5
4-6	1166	31843.8
4-6	1212	34019.3
4-6	1257	33807.9
4-6	1302	33470.1
4-6	1346	32534.1
4-6	1388	31892.5
4-6	1434	34281.9
4-6	1481	34156.7
1-6	80	54476.1
1-6	160	54886.5
1-6	242	55756.2
1-6	338	62693.7
1-6	410	50208.6
1-6	491	55641.5
1-6	576	56487.5
1-6	658	53896.3
1-6	740	54988

1-6	821	54747.5
1-6	904	56189.5
1-6	984	53902.6
1-6	1069	57028.3
1-6	1157	57906.7
1-6	1250	61403.4
1-6	1332	54767.9
1-6	1411	53321.4
1-6	1491	54121.1



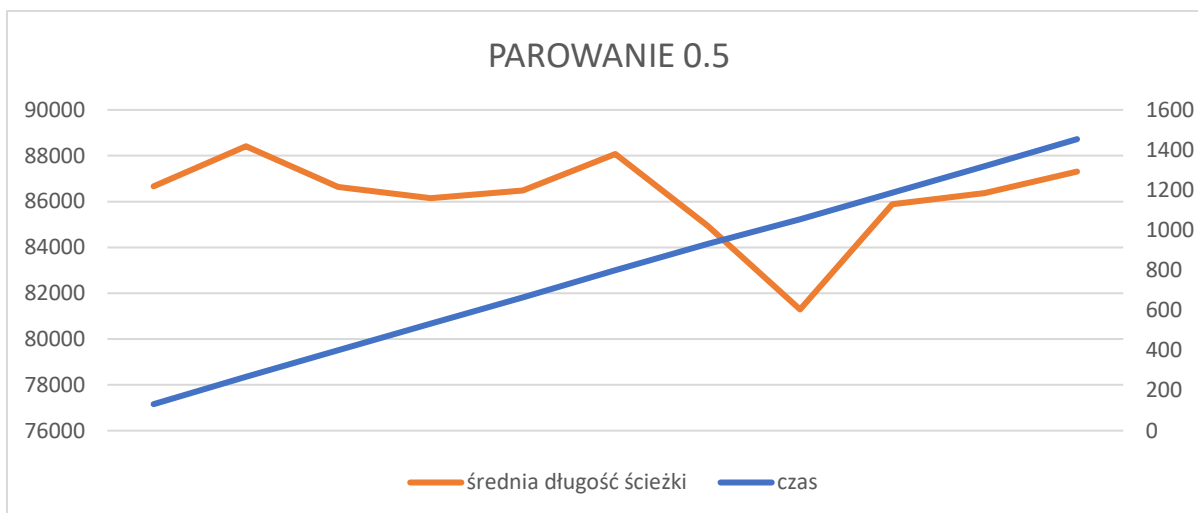
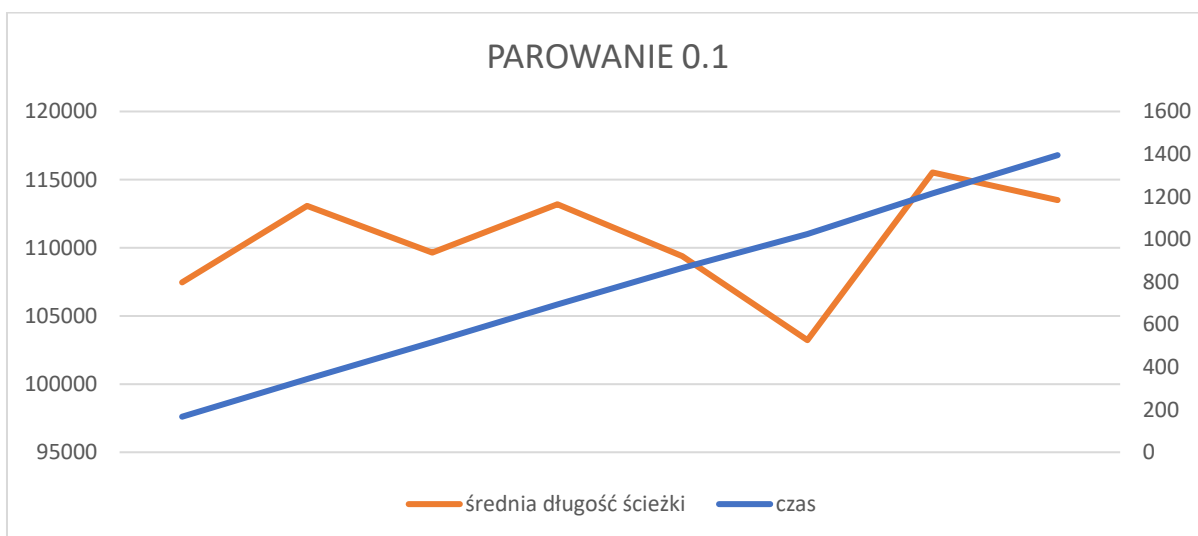
Test przeprowadzony dla czasu 1500s, wierzchołków 100, parowania 0.5, populacji 100. Najlepsza ścieżka znajduje się dla stopni 4-6, ale w treści zadania wyszczególnione są różnorodne grafy ze stopniem od 1-6 więc dla takich przeprowadzam poprzednie testy.

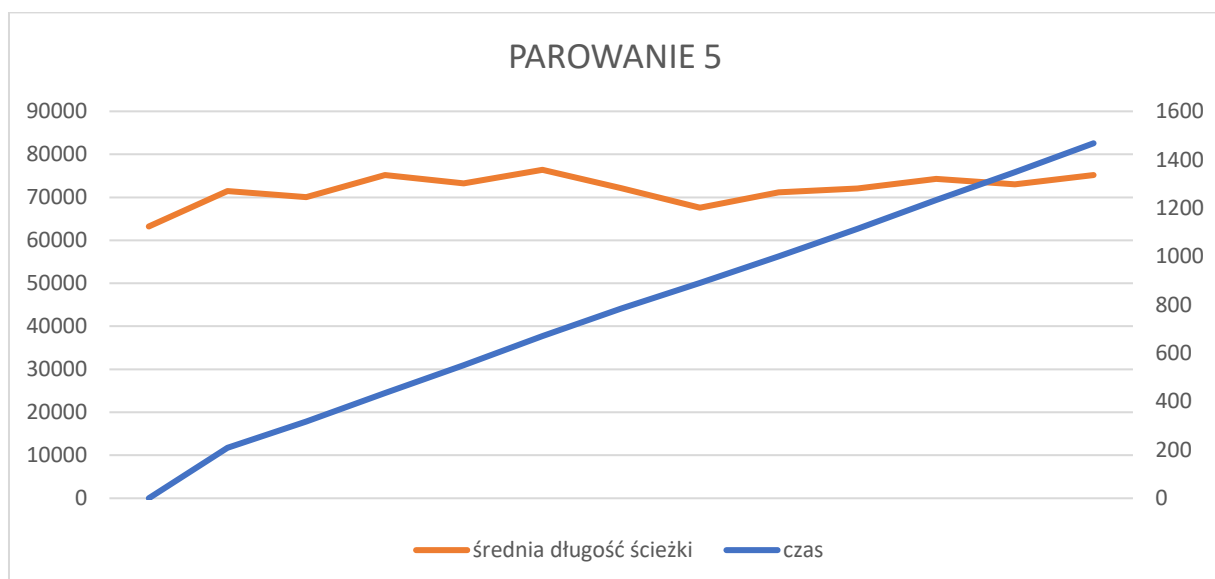
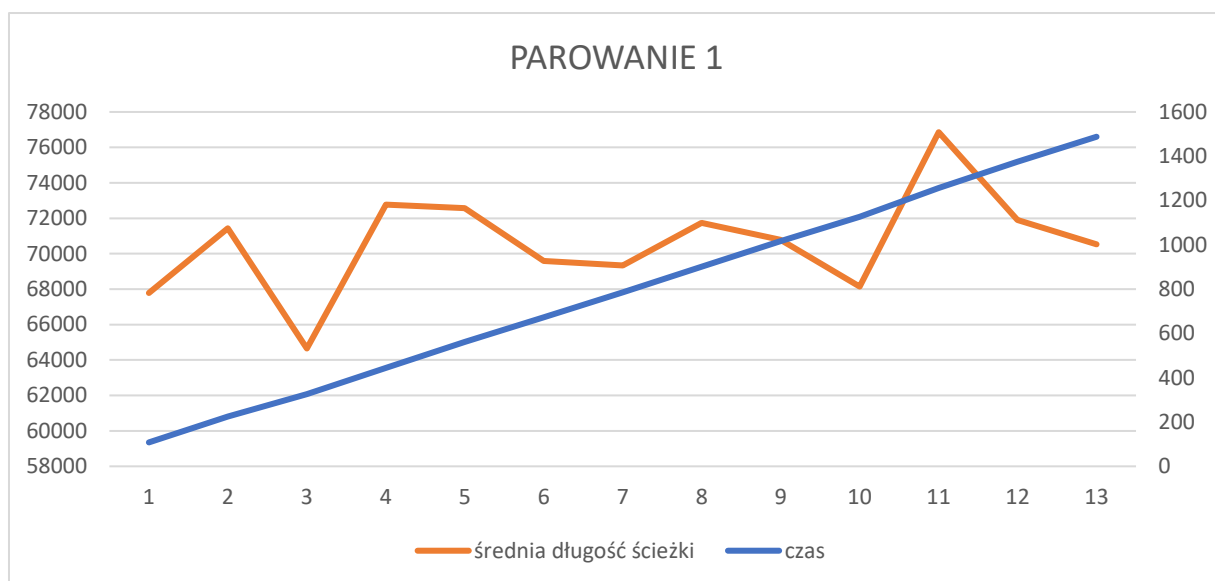
Sprawdzenie tej zależności wykonałam dodatkowo. Dla stopni 1-2 znajduje się bardzo długa ścieżka, ponieważ graf jest słabo rozgałęziony.

PAROWANIE

wartość	czas	średnia długość ścieżki
0.1	167	107469
0.1	344	113068
0.1	516	109648
0.1	694	113205
0.1	866	109397
0.1	1025	103223
0.1	1216	115528
0.1	1395	113490
0.5	132	86670.6
0.5	269	88412.4
0.5	401	86630.3
0.5	534	86144.6
0.5	665	86478.7
0.5	801	88069.5
0.5	932	84940.3
0.5	1055	81289.3
0.5	1187	85886.5
0.5	1320	86375.9
0.5	1454	87311.2
1	108	67785.4
1	224	71424.5
1	326	64649.5
1	444	72764.3
1	561	72569.7
1	673	69590.3
1	785	69333.3
1	901	71740.1
1	1017	70784.5
1	1126	68149.2
1	1257	76856.9
1	1375	71907.9
1	1488	70523.6
5	96 s	63217.7
5	209	71474.1
5	317	70066.8
5	435	75157.7

5	550	73214.8
5	671	76401.6
5	785	72112.5
5	890	67578.8
5	1001	71125.9
5	1114	72061.2
5	1233	74275.2
5	1348	72990.6
5	1468	75209.3





Test przeprowadzony dla czasu 1500s, wierzchołków 100, populacji 100, stopnia 1-6.

Najbardziej optymalną wartością dla parowania i wartością dla której przeprowadzam testy jest 0.5, ponieważ dla takiej wartości ścieżka najbardziej efektywnie maleje.

WNIOSKI

Program poprawnie odnajduje najkrótsze ścieżki dla podanych przeze mnie parametrów. Ważne było odpowiednie dobranie i spasowanie wszystkich parametrów – podczas testowania instancji np. dla wartości wygładzania, dla zbyt małych instancji wygładzanie działa zbyt mocno i używanie macierzy traci sens, bo jej wszystkie wartości stają się praktycznie równe. W przypadku gdy graf nie jest rozgałęziony odnajdowana ścieżka jest bardzo długa i znalezienie jej zajmuje długo czasu. Wypełniam macierz dla najlepszych 10% odnalezionych ścieżek kolejno wartościami 1, 0.8, 0.6, itd. ponieważ daje to najlepsze wyniki, dlatego najlepsze wartości średnie ścieżki osiągam gdy ścieżki poszukuje duża liczba mrówek. Zautomatyzowałam testy aby zostały przeprowadzane jeden po drugim i nie musiały być wywoływane ręcznie – dokładny opis wywoływania testów został opisany podczas opisu algorytmu.

Tworzenie grafu i wybieranie ścieżki jest jednak bardzo losowe, ponieważ wszystkie możliwe wartości – liczba krawędzi, sposób ich łączenia, kwestia używania macierzy lub znowu losowania wierzchołka – zostaje wybrana losowo, dlatego może się zdarzyć że nawet dla dobrze dobranych wartości populacji, czasu, parowania, wygładzania i ilości wierzchołków znajdowanie ścieżki okaże się niewystarczająco optymalne w stosunku do innych wartości.

Do programu oraz sprawozdania dołączam output przeprowadzonych testów, ponieważ pliki były za duże aby umieszczać je w formie tekstowej w sprawozdaniu. Jest tam wyszczególniona najlepsza średnia długość ścieżki znajdowana w każdym teście.