Problem kolorowania grafu na podstawie algorytmu wspinaczkowego

Wstęp

Projekt został napisany w języku Java w IDE IntelliJ Idea. W celu ułatwienia zostały użyte dwie biblioteki: log4j w celu łatwiejszego logowania, oraz GraphStream (http://graphstream-project.org/) w celu szybszej wizualizacji tworzonych struktur. Zbiór testowy generowany był na podstawie generatorów z bilbioteki GraphStream oraz ze źródła: http://mat.gsia.cmu.edu/COLOR/instances.html

Opis implementacji algorytmów

Algorytm wspinaczkowy

Implementacja algorytmu znajduje się w klasie *pl.edu.pjatk.nai.algorithm.HillClimbingAlgorithmImpl.* Każdorazowe wykonanie algorytmu zaczyna analizę z losowego punktu. Każdy wierzchołek w którym algorytm zaczyna pracę jest „kolorowany" (oznaczany liczbą naturalną). Kolor wybierany jest na podstawie najniższego możliwego ze wszystkich sąsiadów. Następnie algorytm losowo sprawdza swoich sąsiadów do momentu szukając sąsiada z wyższym kolorem. Po jego odnalezieniu zaczyna swoją pracę od nowa, dla znalezionego sąsiada. Jeżeli algorytmowi nie uda się odnaleźć sąsiada z wyższym kolorem zakańcza swoją pracę.

Algorytm genetyczny

Implementacja algorytmu znajduje się w klasie *pl.edu.pjatk.nai.algorithm.GeneticAlgorithmImpl.* Algorytm zaczyna swoją pracę od wygenerowania listy populacji dla której będą kontynuowane dalsze kroki. Statystycznie, do listy populacji powinno zostać dodane ok 50% wierzchołków. Następnie, wylosowane wierzchołki poddawane są mutacji (ok 1%). Mutacja polega na losowej zmianie jednego z wylosowanych bitów. Jako kolejny krok algorytm realizuje krzyżowanie. W ramach tej akcji algorytm dobiera wierzchołki z populacji w losowe pary i zamienia ich wartości binarne w losowym punkcie.
Następnie algorytm rozpoczyna „ocenianie populacji". Sprawdza, jaki procent ma wartość jego koloru w stosunku do sumy kolorów w całej populacji. Na tej podstawie wykonuje rozkład prawdopodobieństwa i wybiera losową ilość osobników z populacji (z tym warunkiem, że przed rozpoczęciem losowania, odwraca wartości rozkładu w celu wybrania wierzchołków z najniższymi wartościami – te które wg. mnie były bardziej wartościowe przy kolorowaniu grafu).
Końcowym etapem jest przypisanie wartości utworzonej populacji do istniejącego grafu.

Testowanie algorytmów

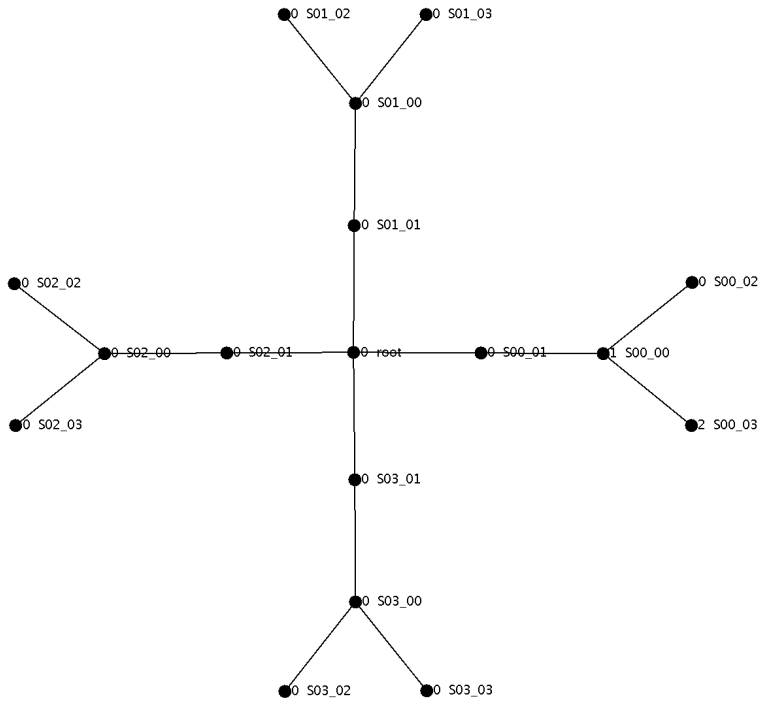
Algorytmy były poddawane n-krotnemu wykonaniu na podstawie grafów wygenerowanych przez bibliotekę GraphStream lub danych dostarczonych na stronie: http://mat.gsia.cmu.edu. Każdorazowe wykonanie algorytmu tworzyło raport który pozwalał na analizę i weryfikację:

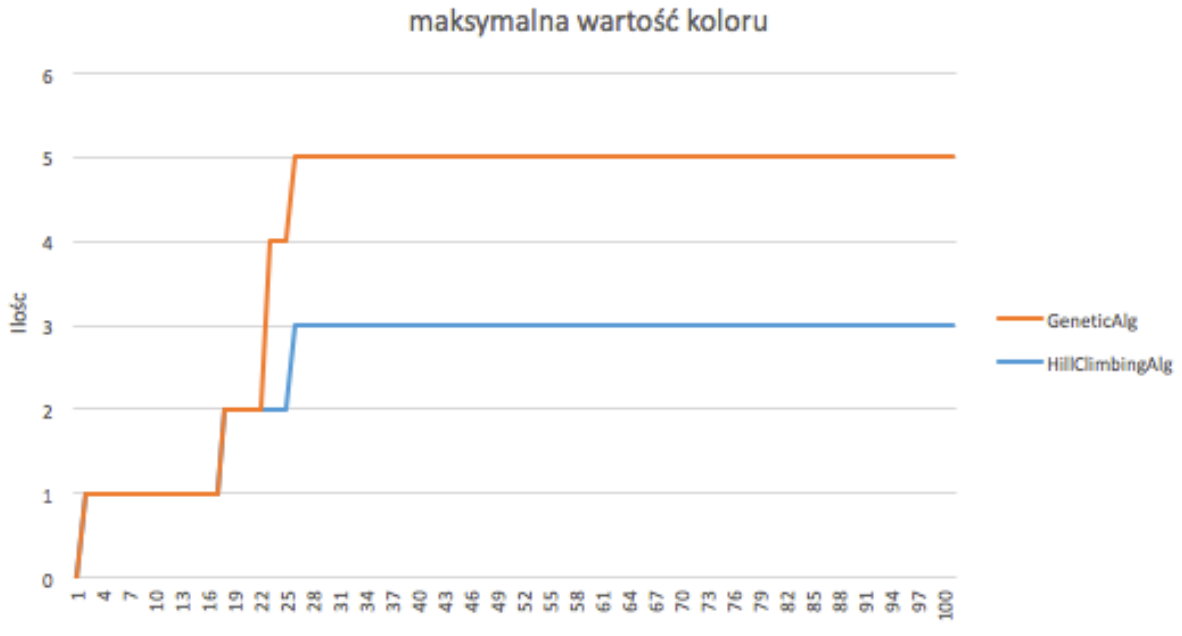
- Maksymalnej wartości kolorów wierzchołków w grafie

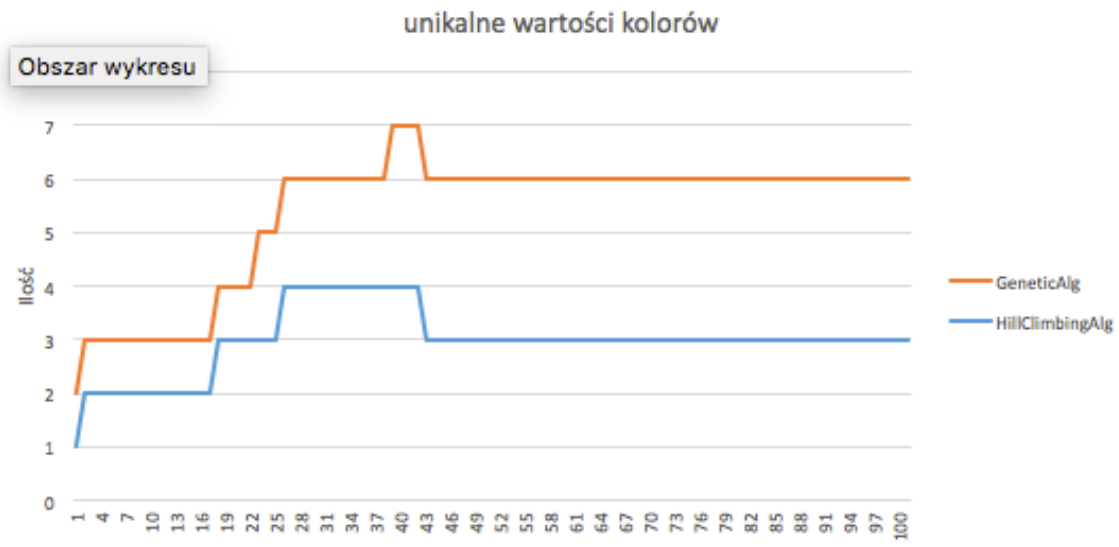
- Ilości różnych (unikalnych) wartości wierzchołków w grafie
- Wierzchołków z:
    - Sąsiadami o tym samym kolorze
    - Sąsiadami o innym kolorze

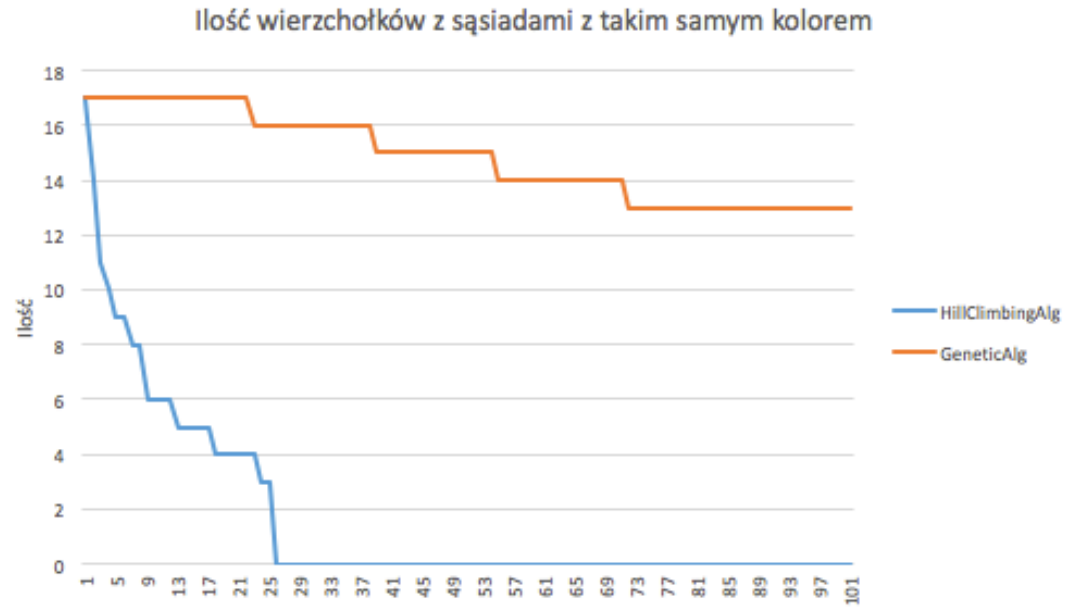
BananaTree

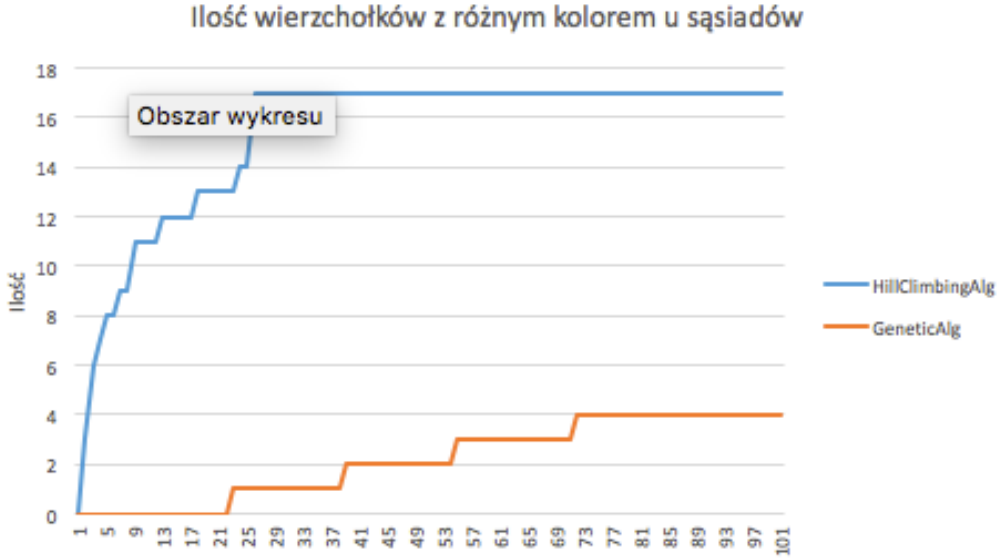
Drzewo BananaTree wygenerowane przez bibliotekę – każdy algorytm wykonany 100 razy.





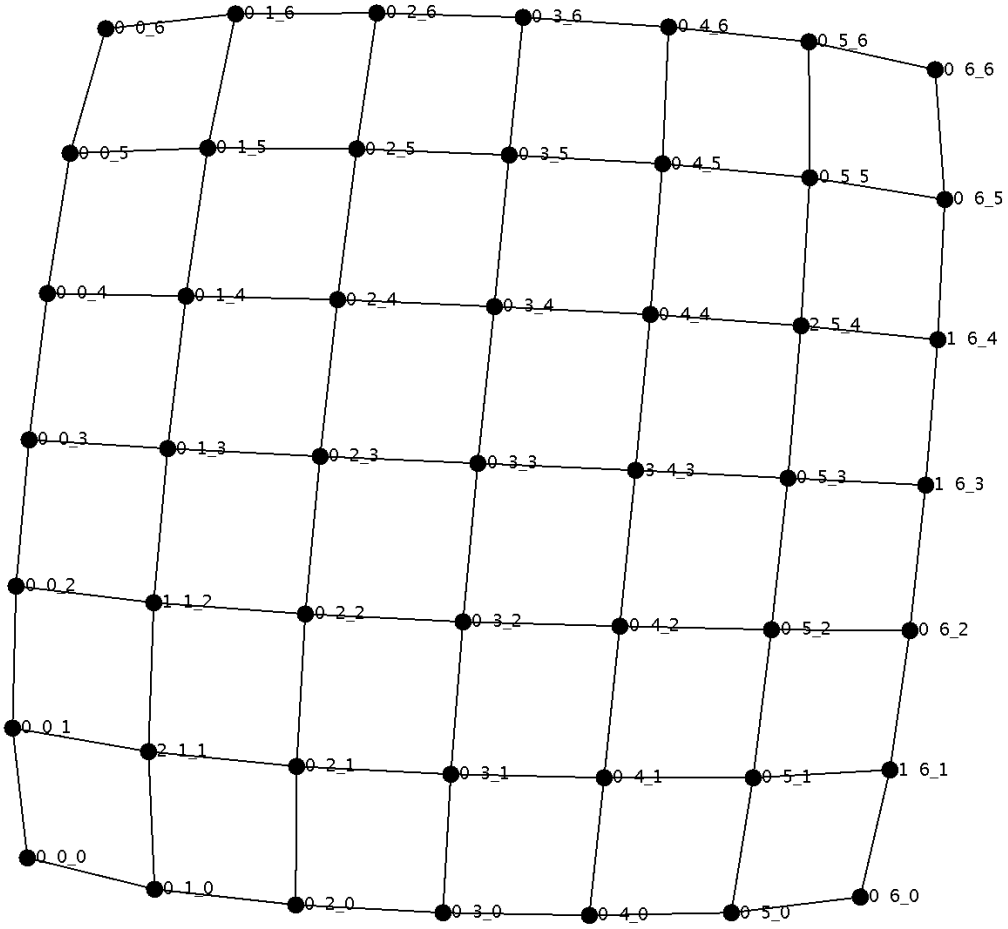

unikalne wartości kolorów
Obszar wykresu
Ilość
GeneticAlg
HillClimbingAlg

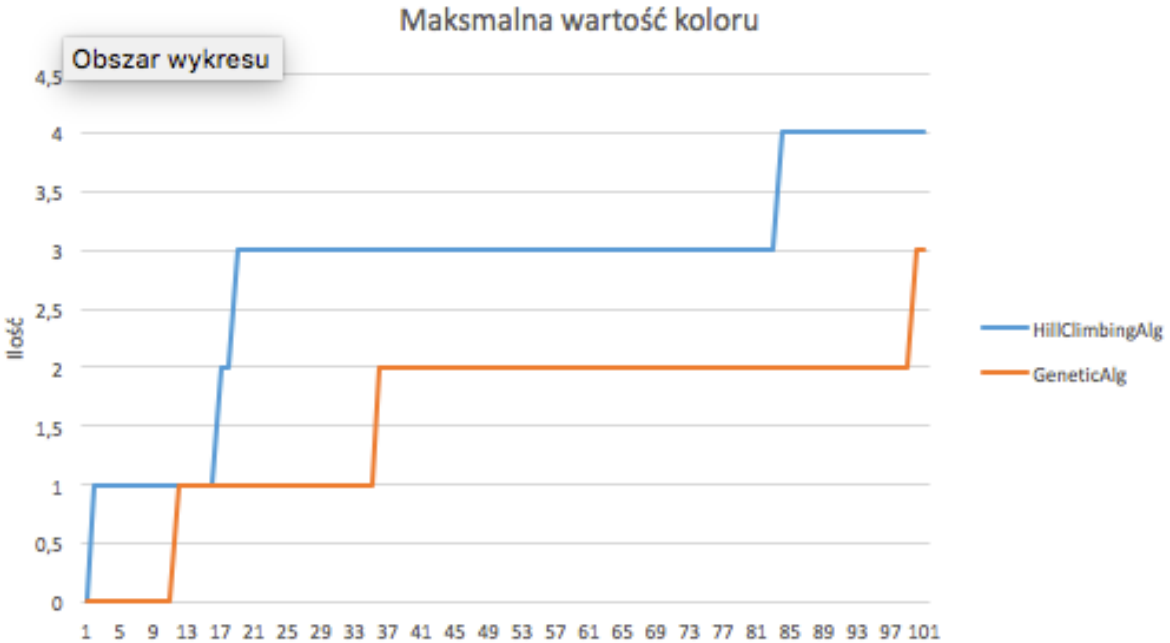

Ilość wierzchołków z sąsiadami z takim samym kolorem
Ilość
HillClimbingAlg
GeneticAlg

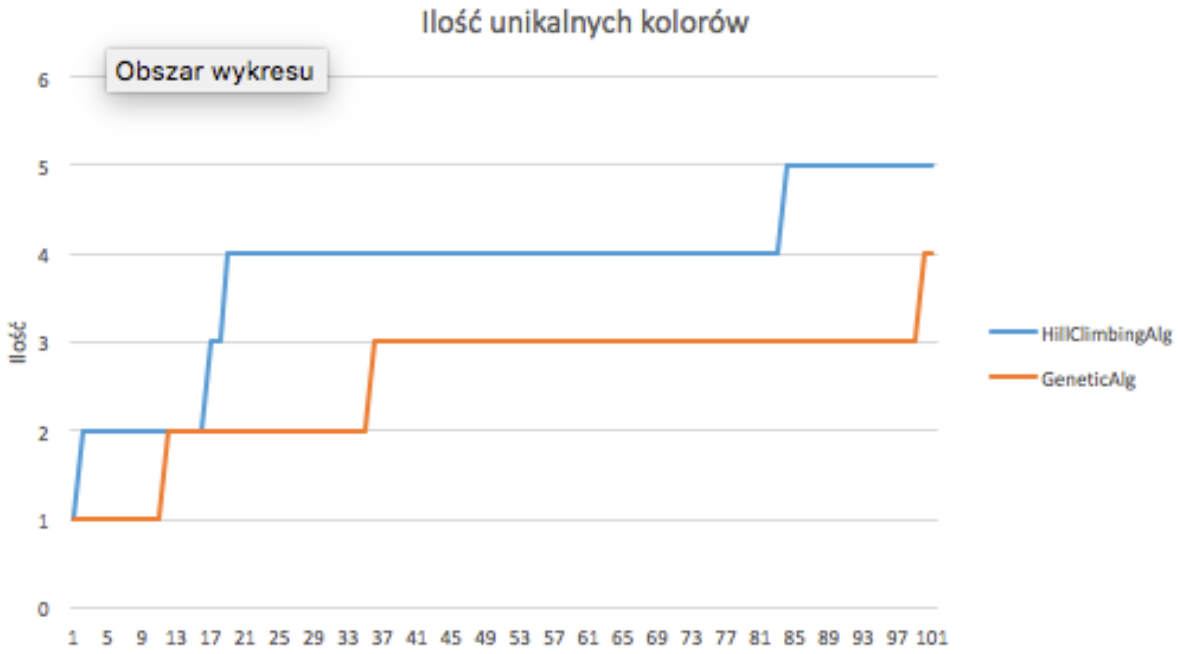

Ilość wierzchołków z różnym kolorem u sąsiadów
Obszar wykresu
Ilość
HillClimbingAlg
GeneticAlg

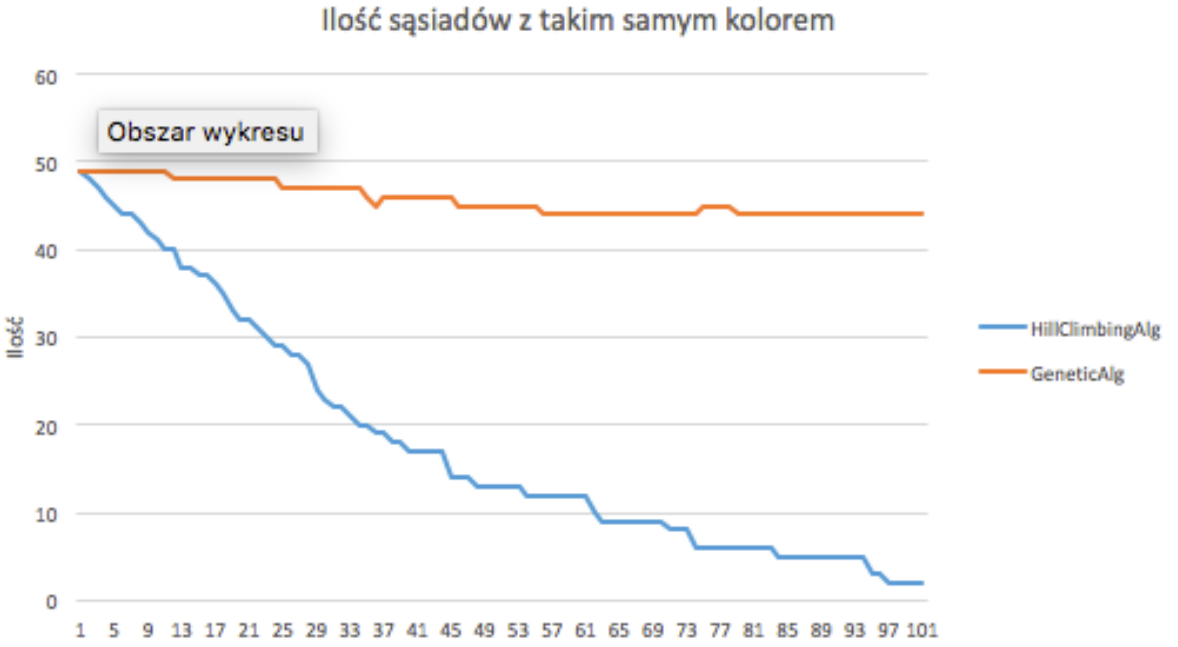
Grid Graph

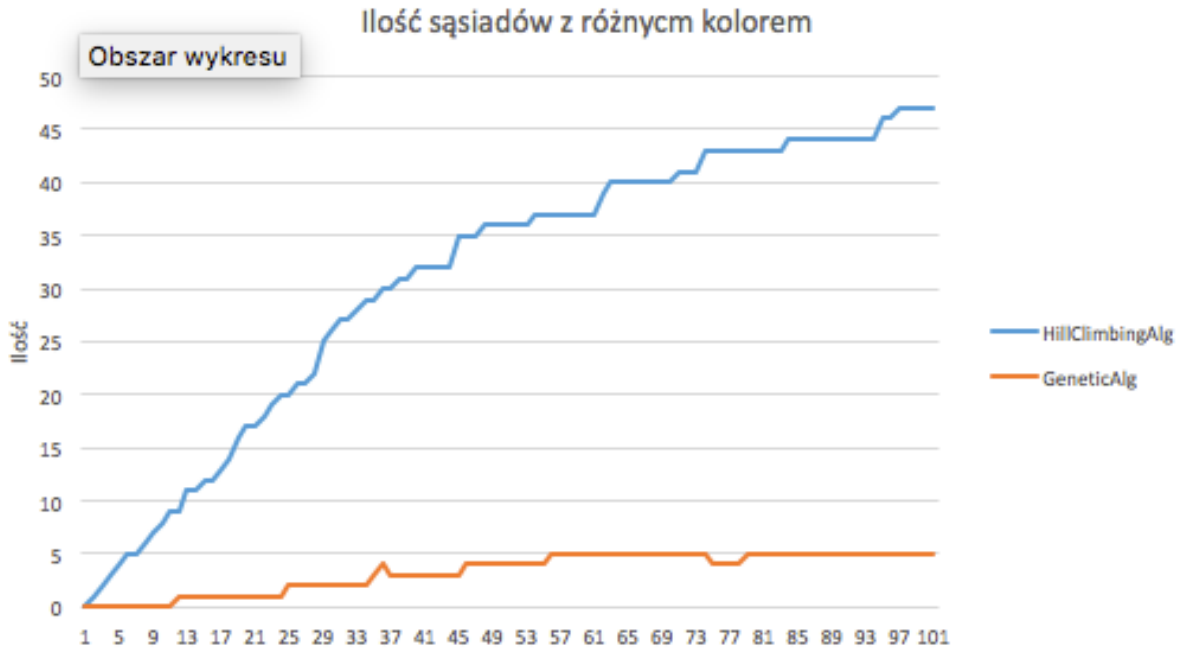
Graf wygenerowany na podstawie generatora z biblioteki. 100 iteracji każdego algorytmu.





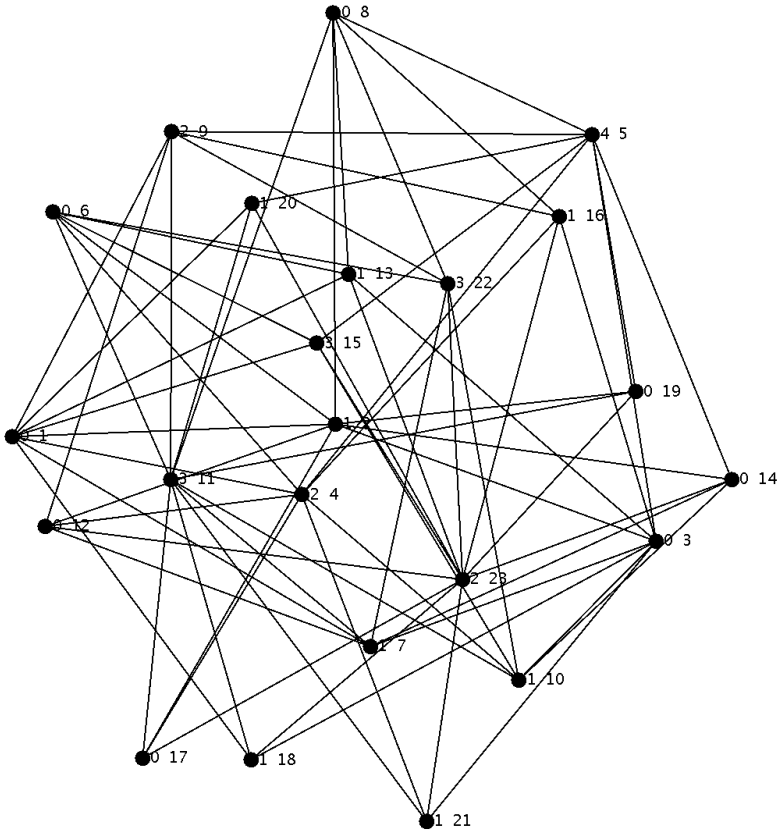

Ilość unikalnych kolorów
Obszar wykresu
Ilość
0
1
2
3
4
5
6
1 5 9 13 17 21 25 29 33 37 41 45 49 53 57 61 65 69 73 77 81 85 89 93 97 101
HillClimbingAlg
GeneticAlg

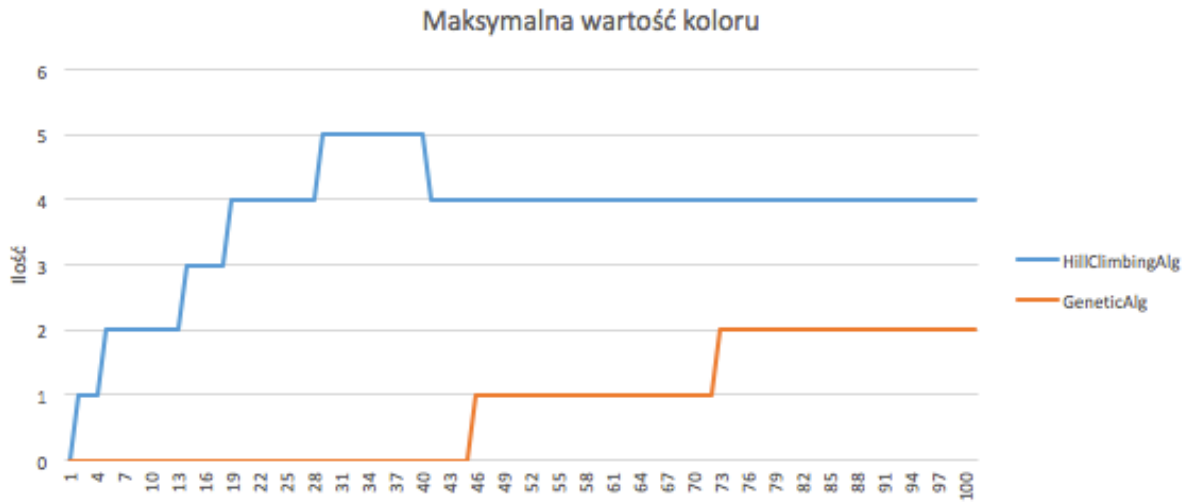

Ilość sąsiadów z takim samym kolorem
Obszar wykresu
Ilość
0
10
20
30
40
50
60
1 5 9 13 17 21 25 29 33 37 41 45 49 53 57 61 65 69 73 77 81 85 89 93 97 101
HillClimbingAlg
GeneticAlg



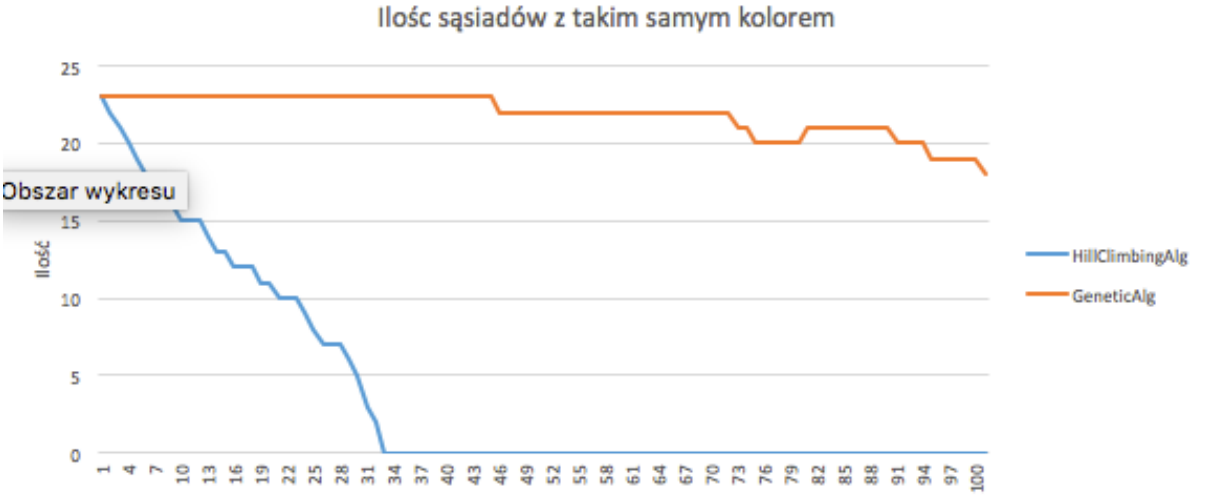
Graf przykładowy myciel4.col

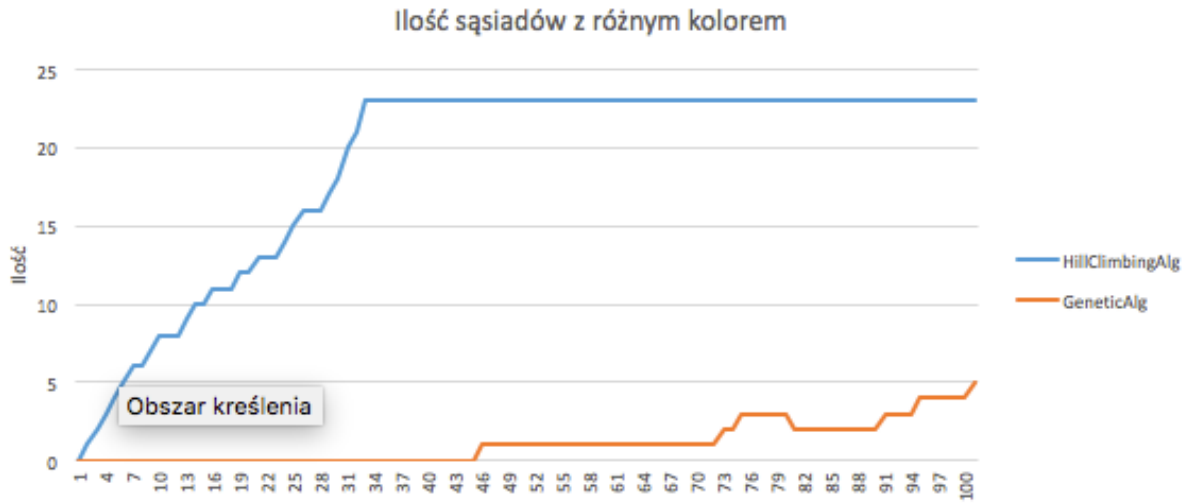
Graf z załączonego pliku. Optymalna ilość kolorów to 5. 100 iteracji każdego algorytmu




Maksymalna wartość koloru
Ilość
HillClimbingAlg
GeneticAlg

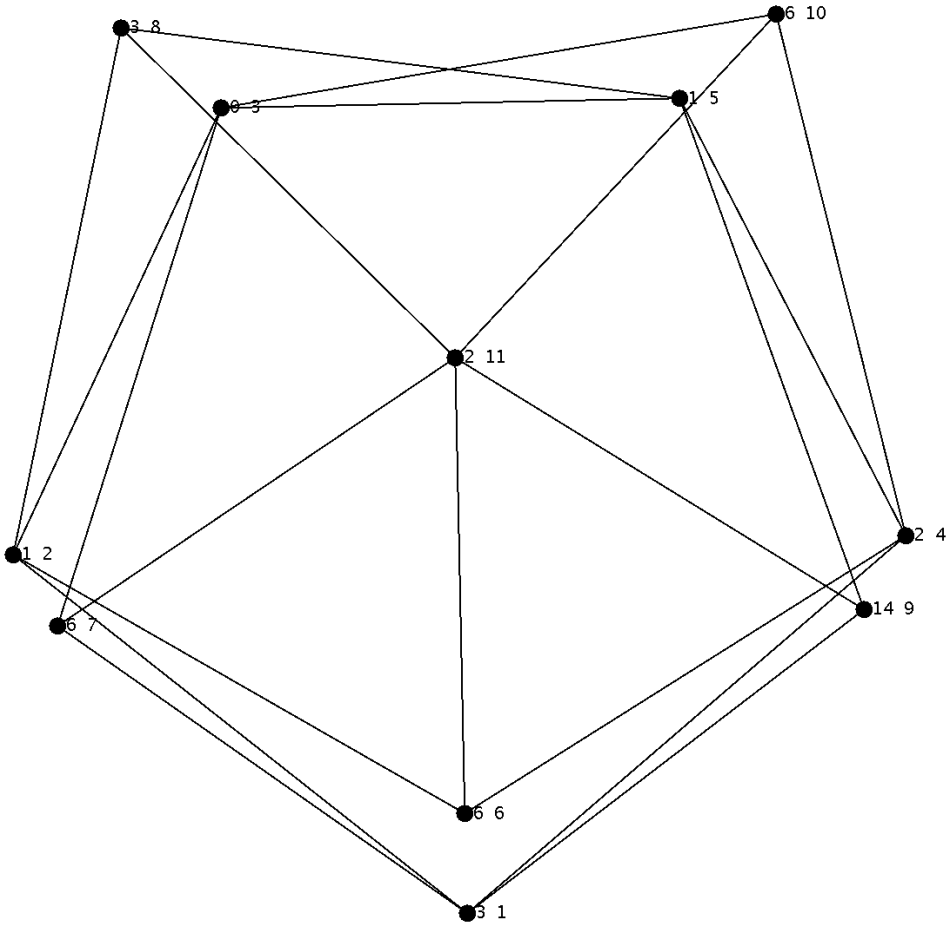

Ilość unikalnych kolorów
Oś pionowa (wartości) — główne linie siatki
Ilość
HillClimbingAlg
GeneticAlg

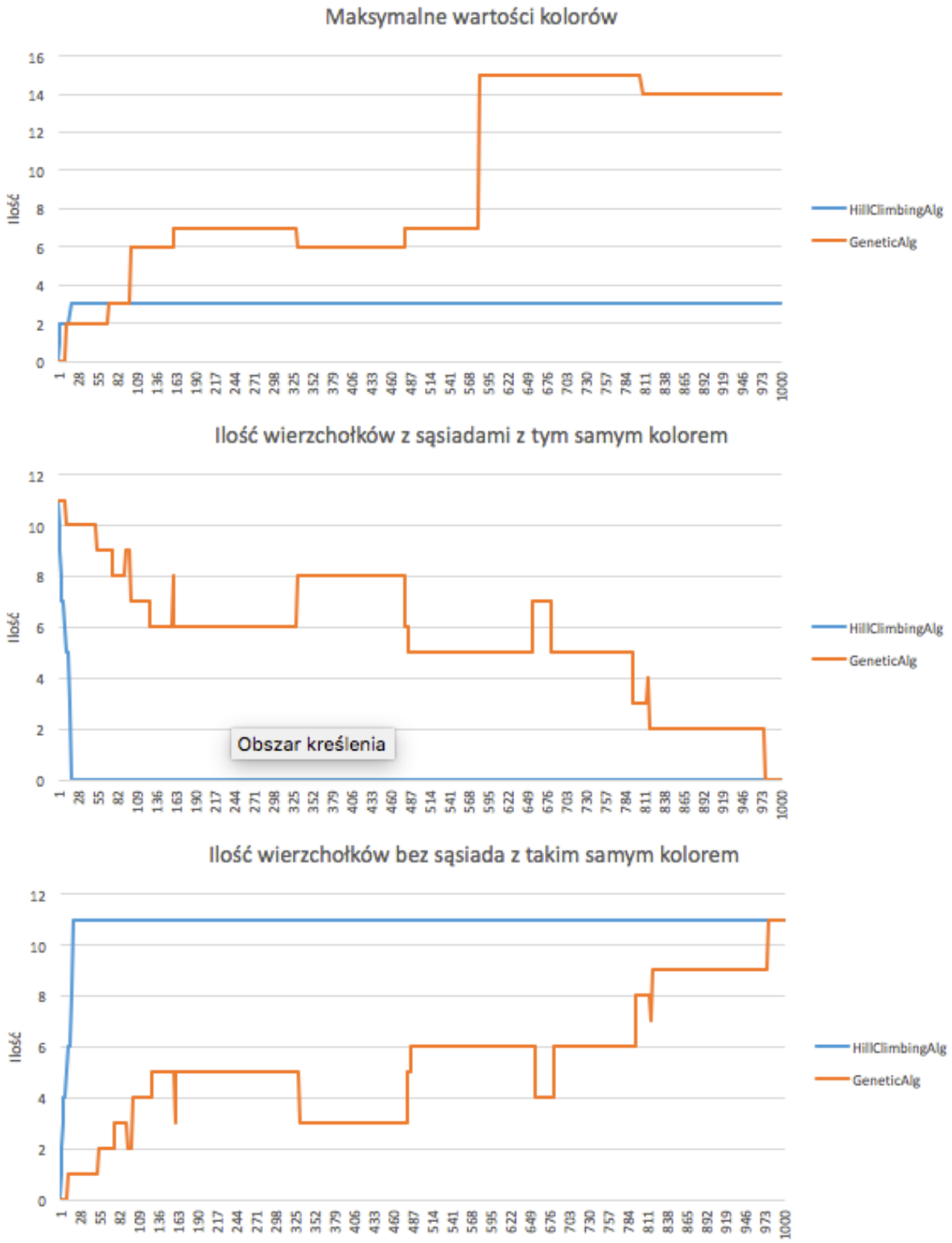

Ilosc sąsiadów z takim samym kolorem
Obszar wykresu
Ilość
HillClimbingAlg
GeneticAlg



Graf myciel3.col

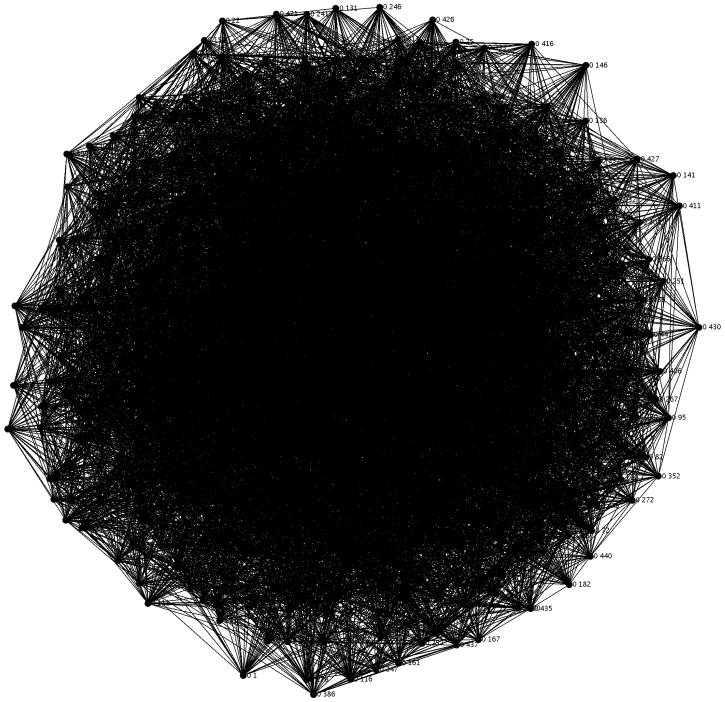
Optymalna ilość różnych kolorów to 4. W tym wypadku wykorzystałem 1000 iteracje algorytmów.

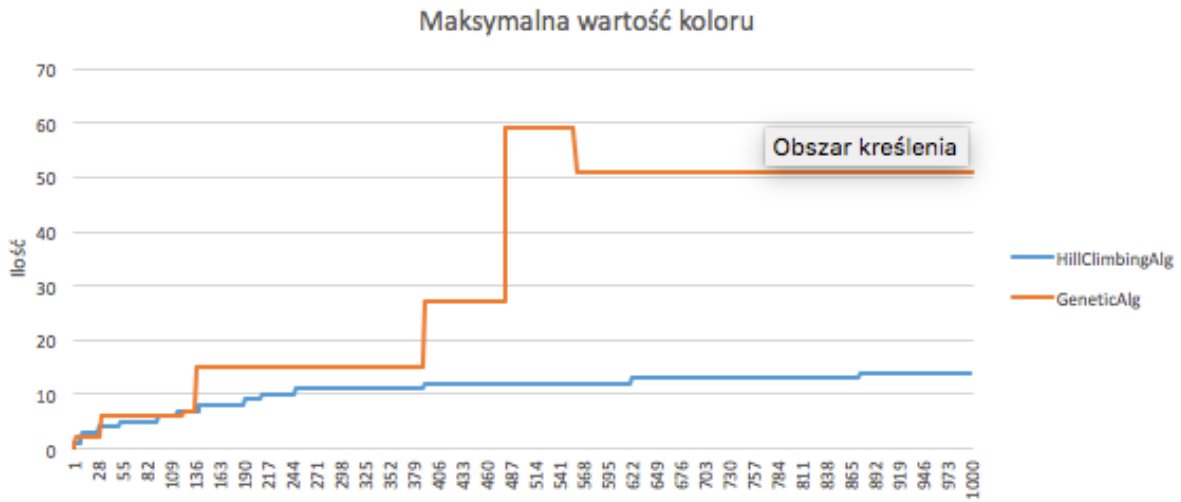


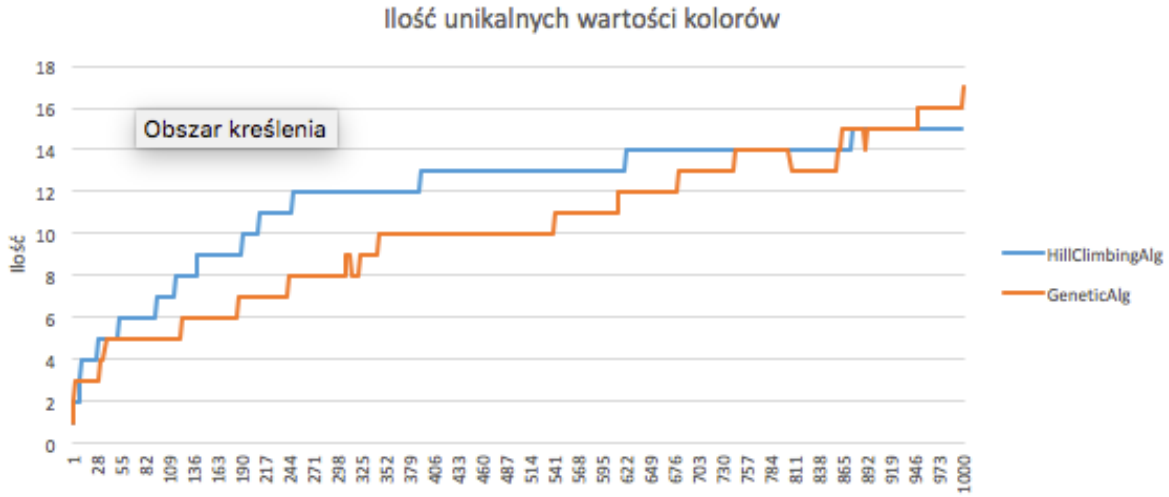


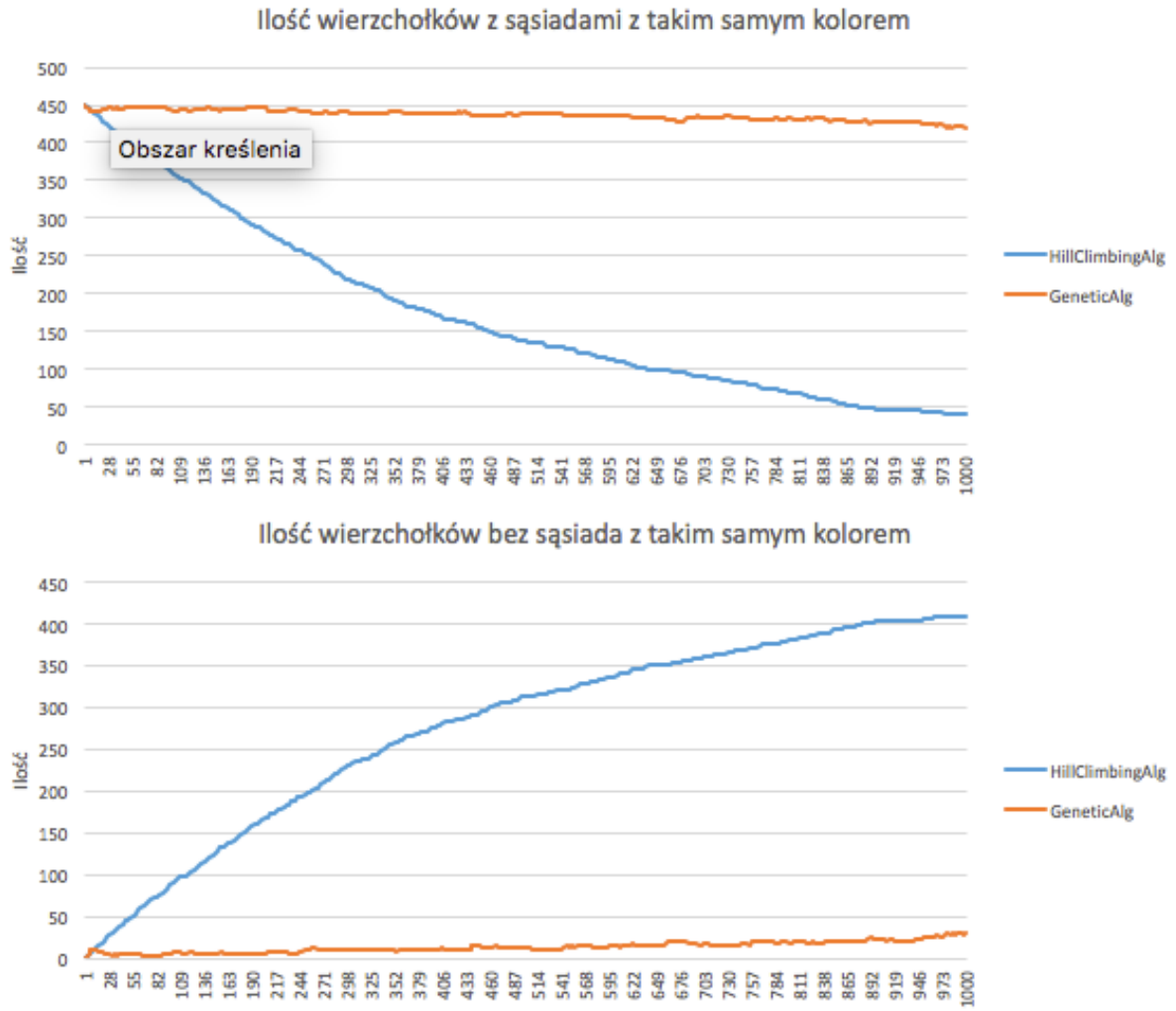
Graf le450_5c.col

Graf z 5 optymalnymi kolorami. 1000 iteracji algorytmu.



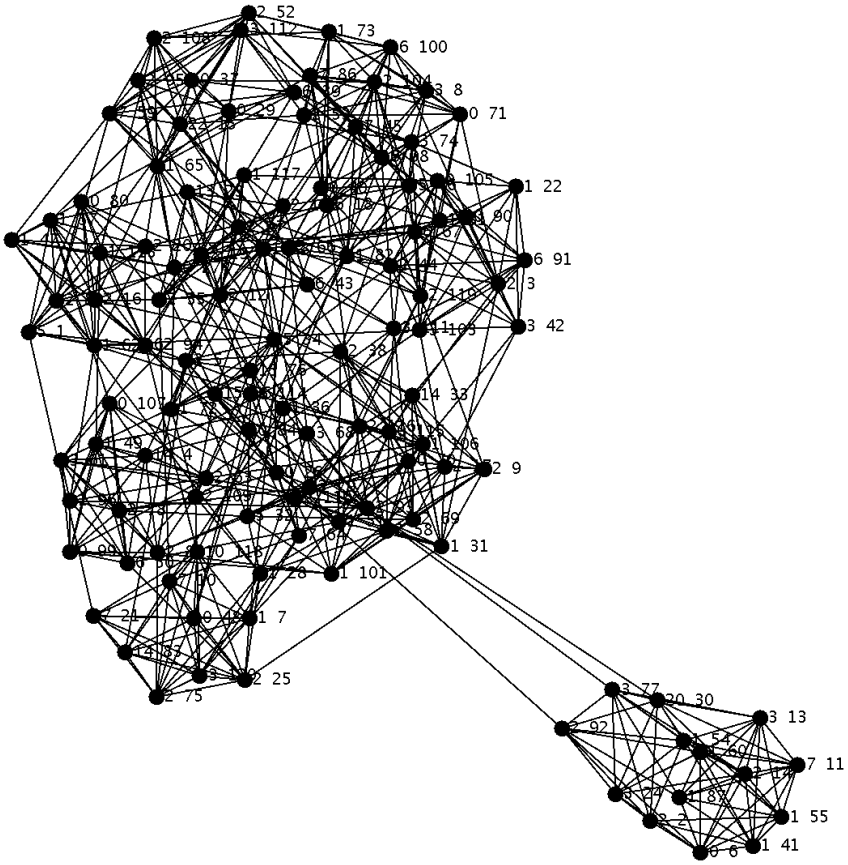

Maksymalna wartość koloru
Obszar kreślenia
Ilość
HillClimbingAlg
GeneticAlg

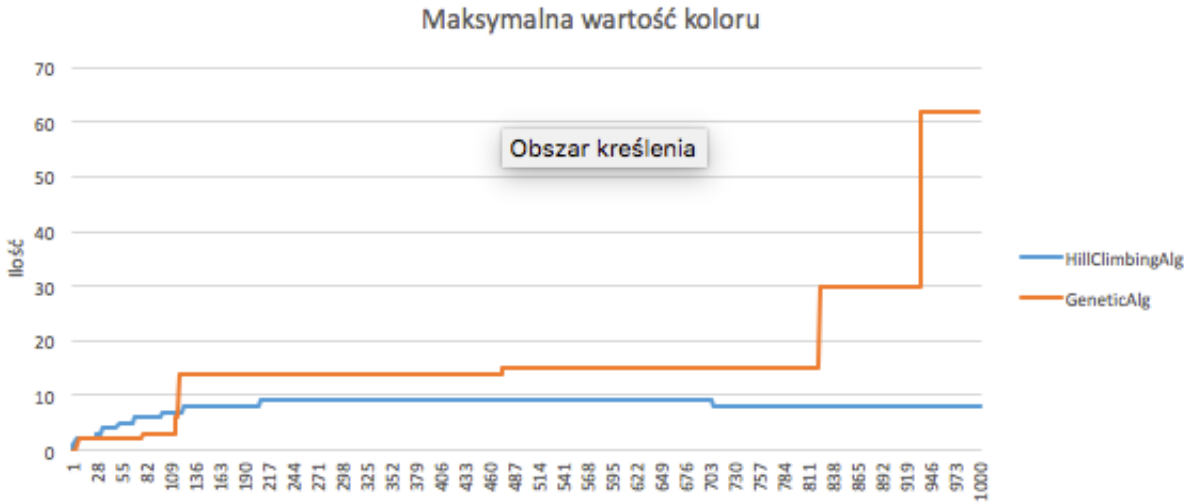

Ilość unikalnych wartości kolorów
Obszar kreślenia
Ilość
HillClimbingAlg
GeneticAlg

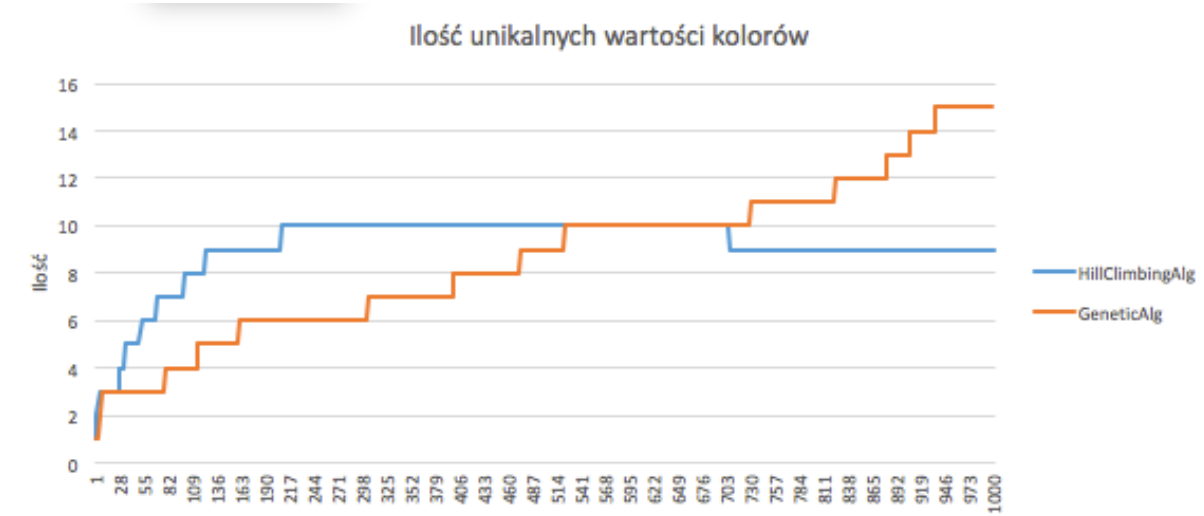


Graf games120.col

1000 iteracji. 9 optymalnych kolorów.




Maksymalna wartość koloru
Obszar kreślenia
Ilość
HillClimbingAlg
GeneticAlg
0
10
20
30
40
50
60
70
1
28
55
82
109
136
163
190
217
244
271
298
325
352
379
406
433
460
487
514
541
568
595
622
649
676
703
730
757
784
811
838
865
892
919
946
973
1000



Wnioski

Algorytm HillClimbing w przedstawionych przeze mnie przykładach w większości generował wynik optymalny lub do niego bardzo zbliżony. Dużo mniej dokładny był algorytm genetyczny – w jego przypadku na standardowych wartościach wynik w większości przypadków znacząco odbiegał od wartości optymalnych.

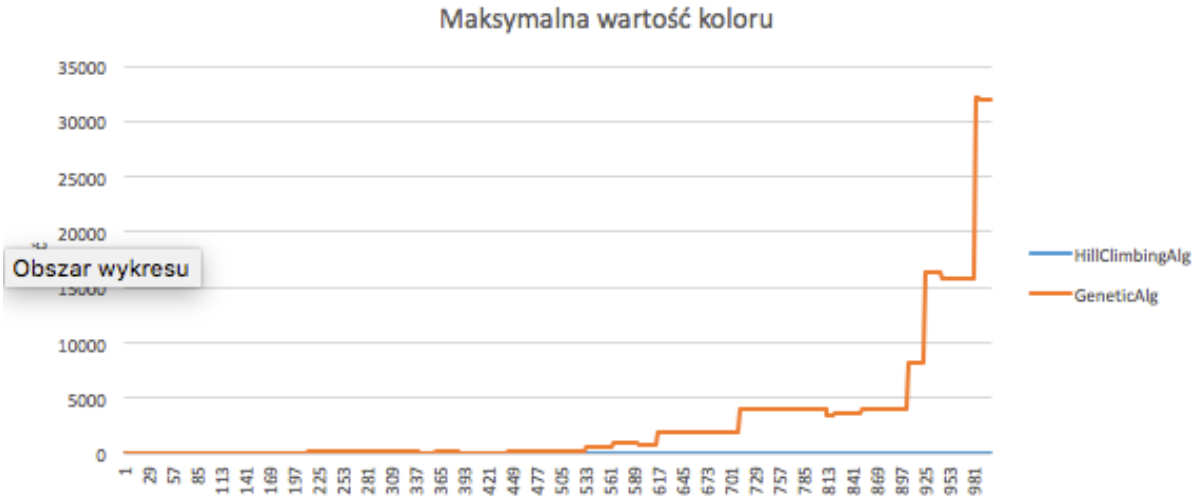
Testując jego wartości początkowe – szanse osobnika populacji na mutację oraz jego szanse na jego pozytywną ocenę udało mi się nieco poprawić jego działanie.

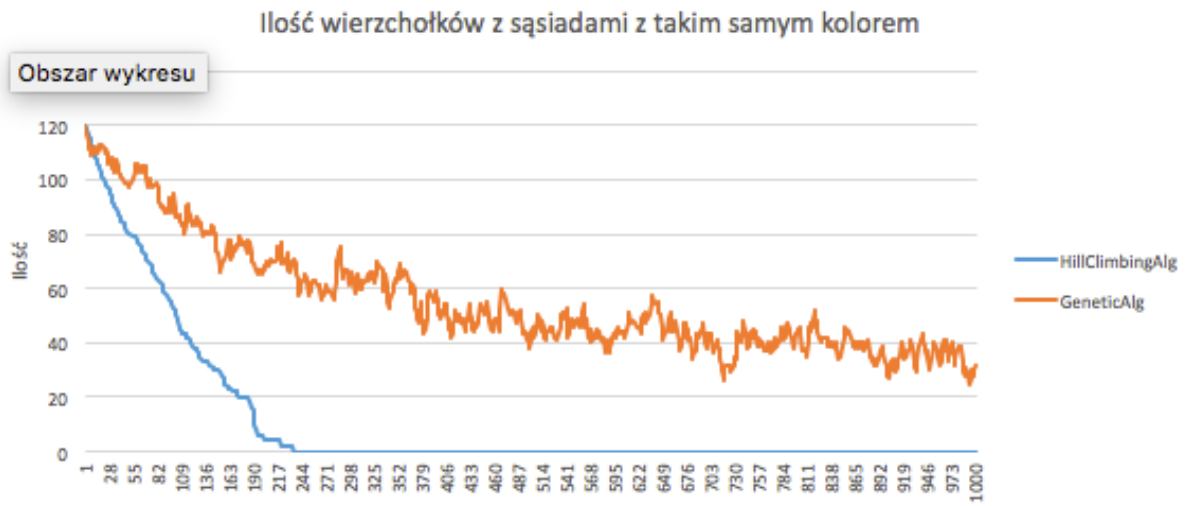
Poniższe wnioski zostały przedstawione na podstawie grafu: games120.col

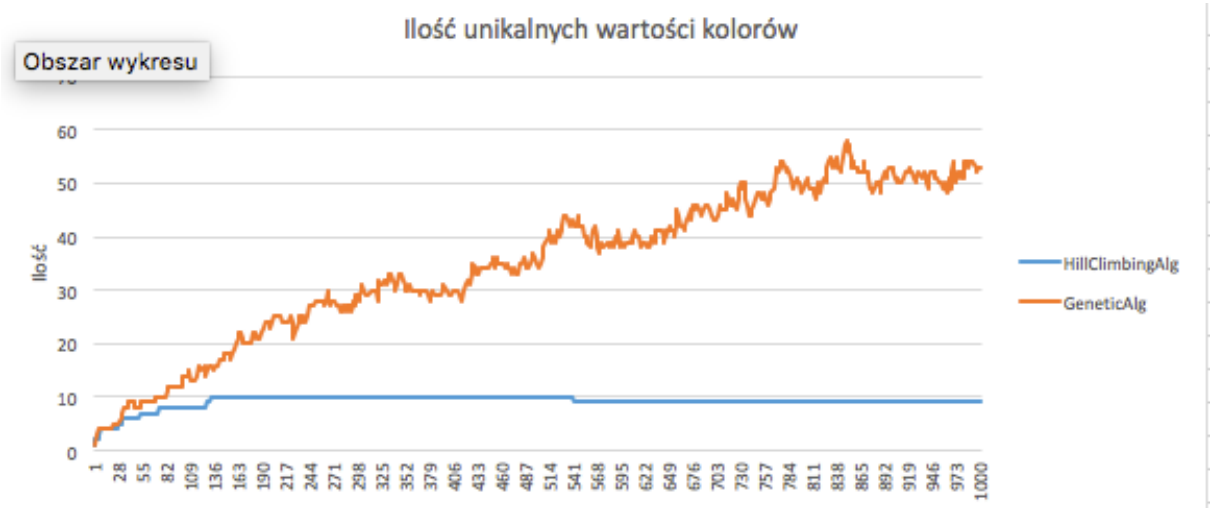
Poniższy wykres przedstawia większenie szansy osobnika na mutację:

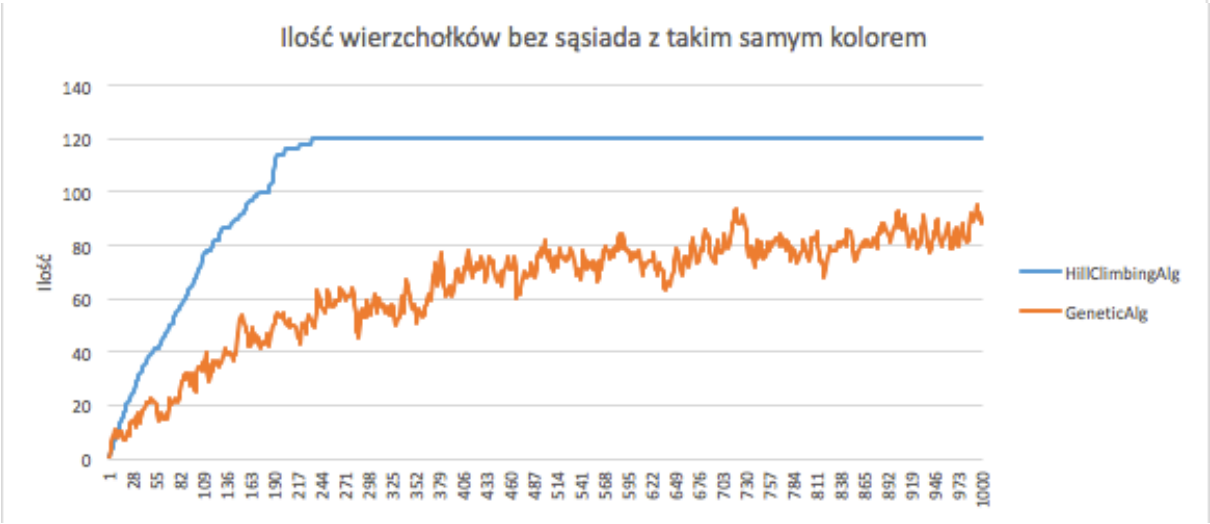
Jak widać – nie przyniosło to żadnych efektów. Zapewne jest to związane z tym, że w przypadku mojej implementacji mutacja jedynie zwiększa lub zmniejsza wartość osobnika przed jej oceną

Natomiast stopniowe zwiększanie szansy i ilości osobników na bycie wytypowanym do dołożenia do końcowego grafu przyniosło zdecydowany efekt. Poniżej wykresy prezentujące zwiększenie szansy i ilości osobników które trafią do końcowego grafu. Algorytm ten nadal odbiegał już od optymalnego wyniku – jednak znacząco się do niego zbliżał




Ilość wierzchołków z sąsiadami z takim samym kolorem
Obszar wykresu
Ilość
120
100
80
60
40
20
0
1
28
55
82
109
136
163
190
217
244
271
298
325
352
379
406
433
460
487
514
541
568
595
622
649
676
703
730
757
784
811
838
865
892
919
946
973
1000
HillClimbingAlg
GeneticAlg


Ilość unikalnych wartości kolorów
Obszar wykresu
Ilość
60
50
40
30
20
10
0
1
28
55
82
109
136
163
190
217
244
271
298
325
352
379
406
433
460
487
514
541
568
595
622
649
676
703
730
757
784
811
838
865
892
919
946
973
1000
HillClimbingAlg
GeneticAlg


Ilość wierzchołków bez sąsiada z takim samym kolorem
Ilość
140
120
100
80
60
40
20
0
1
28
55
82
109
136
163
190
217
244
271
298
325
352
379
406
433
460
487
514
541
568
595
622
649
676
703
730
757
784
811
838
865
892
919
946
973
1000
HillClimbingAlg
GeneticAlg