

# Projektowanie Efektywnych Algorytmów

Projekt

04/11/2020

241141 Wojciech Ziębicki

(4) SA

## Spis treści

1.Sformułowanie zadania .....	2
2.Metoda .....	3
3.Algorytm .....	4
4.Dane testowe .....	5
5.Procedura badawcza .....	6
6.Wyniki .....	7
7.Analiza wyników i wnioski .....	8

## 1. Sformułowanie zadania

Zadanie polega na opracowaniu, implementacji i zbadaniu efektywności algorytmu symulowanego wyżarzania (simulate annealing [SA]) rozwiązującego heurystycznie problem komiwojażera. Dane potrzebne do poprawnego uruchomienia programu zostały umieszczone w pliku inicjalizującym, natomiast wyniki pomiarów można odczytać bezpośrednio z wyświetlanych napisów na konsoli, lub w formie raportu w pliku o podanej nazwie w pliku inicjalizującym.

Założenia pracy programu:

- Celem metody jest zwrócenie najkrótszej znalezionej ścieżki pomiędzy wszystkimi punktami kończąc w punkcie początkowym,
- Ponieważ algorytm nie gwarantuje znalezienia optymalnej ścieżki powinien zwracać także wartość błędu względem rozwiązania optimum,
- Program powinien być uruchamiany z wykorzystaniem pliku inicjującego zawierającego nazwę pliku do zapisu obliczonych danych oraz wszystkie instancje problemu o schemacie: nazwa pliku z macierzą odległości miast, optymalna wartość ścieżki, ilość powtórzeń algorytmu
- Po wykonaniu obliczeń wyniki wygenerowane będą w postaci raportu w formacie csv

## 2. Metoda

Algorytm symulowanego wyżarzania służy do znalezienia przybliżonego rozwiązania instancji. Nazwa algorytmu jak i zasada działania opiera się na zjawisku wyżarzania w metalurgii. W procesie stygnięcia metali zauważono, że powolny proces ochładzania tworzy bardziej symetryczną strukturę cząsteczek. Przy zbyt szybkim spadku temperatury cząsteczki nie znajdują optymalnego położenia co powoduje zaburzenie struktury i zmniejszenie wytrzymałości materiału.

Algorytm SA opiera się właśnie na wyszukiwaniu rozwiązań i podejmowaniu odpowiednich decyzji w oparciu o zmniejszającą się temperaturę. W odróżnieniu od Tabu Search zezwalamy tutaj na zmianę (z pewnym prawdopodobieństwem) rozwiązania na nawet wtedy, kiedy otrzymany wynik jest gorszy. Dzięki temu możemy rozpatrywać sąsiedztwo gorszego wyniku i uniknąć problemu minimum lokalnego.

Najważniejsze parametry SA to:

- Temperatura początkowa –  $t$  – została ustawiona na wartość 1°, ponieważ w trakcie obserwacji działania pracy programu nie stwierdzono znaczącej poprawy znajduwanych rozwiązań powyżej jej.
- Temperatura końcowa –  $t_{Min}$  – wartość: 0.00001
- Funkcja prawdopodobieństwa  $P$  – określa prawdopodobieństwo zmiany aktualnego rozwiązania na gorsze. Jej wartość wyznaczana jest ze wzoru:  
$$P() = \exp(-(\text{kosztNowejŚcieżki} - \text{kosztAktualnejŚcieżki}) / t);$$
- Funkcja obniżania temperatury  $G$  – wartość funkcji wyznaczana jest ze wzoru:  
$$G() = t / (1 + 0.00001),$$
 gdzie  $t$  to aktualna temperatura

W programie została dodana funkcja przeciwdziałająca stagnacji. W momencie kiedy nie zostało znalezione lepsze rozwiązanie od dotychczasowego  $X$  razy z rzędu (gdzie  $X$  to ilość wszystkich miast \* 4) następuje nowe wylosowanie rozwiązania.

### Pseudokod programu:

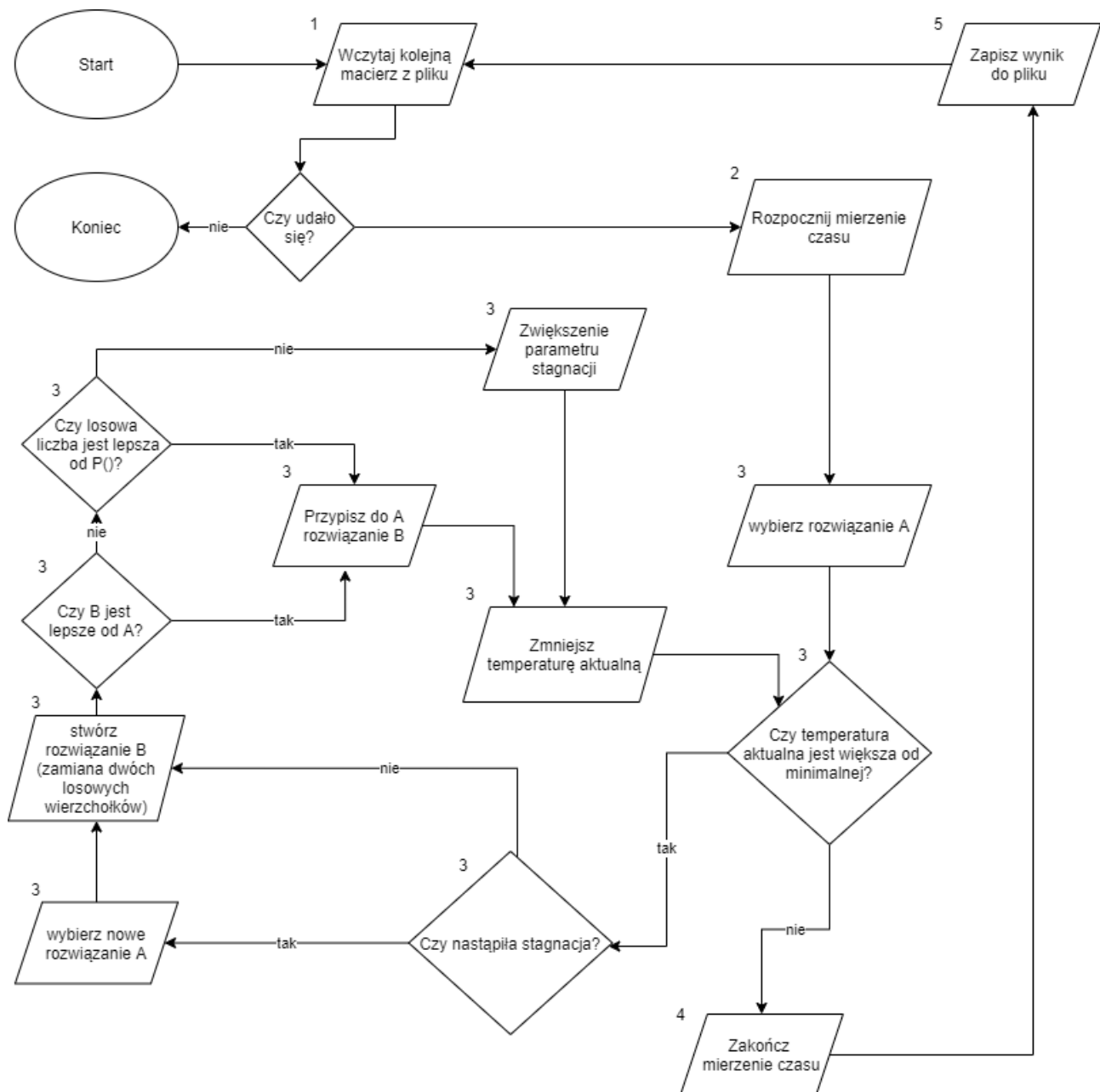
```
wybierz losowo rozwiązanie A
antystagnacja = 0;
x = iloscMiast * 4;

while(t > tMin)
{
    if(antystagnacja > x) wybierz losowo rozwiązanie A;

    stwórz rozwiązanie B przez zamianę dwóch losowych elementów w A
    if(Kryterium(B) < Kryterium(A))
    { A = B;
      antystagnacja = 0}
    else if(random(0,1) < P())
    {A = B;
      antystagnacja = 0}
    else antystagnacja++;

    t = G()
}
```

### 3. Algorytm



Odpowiadające funkcje w programie:

1. m.komiwojazerZPliku();
2. c.czasStart();
3. sa();
4. c.czasStop();
5. autoSave();

## 4. Dane testowe

Do sprawdzenia poprawności działania wybrano następujący zestaw instancji:

1. m6.atsp; <http://jaroslaw.rudy.staff.iiar.pwr.wroc.pl/pea.php#instances>
2. m8.atsp; <http://jaroslaw.rudy.staff.iiar.pwr.wroc.pl/pea.php#instances>
3. m9.atsp; <http://jaroslaw.rudy.staff.iiar.pwr.wroc.pl/pea.php#instances>
4. tsp\_10.txt; <http://jaroslaw.mierzwa.staff.iiar.pwr.wroc.pl/pea-stud/tsp/>
5. m11.atsp; <http://jaroslaw.rudy.staff.iiar.pwr.wroc.pl/pea.php#instances>
6. tsp\_12.txt; <http://jaroslaw.mierzwa.staff.iiar.pwr.wroc.pl/pea-stud/tsp/>
7. tsp\_13.txt; <http://jaroslaw.mierzwa.staff.iiar.pwr.wroc.pl/pea-stud/tsp/>
8. tsp\_14.txt; <http://jaroslaw.mierzwa.staff.iiar.pwr.wroc.pl/pea-stud/tsp/>
9. tsp\_15.txt; <http://jaroslaw.mierzwa.staff.iiar.pwr.wroc.pl/pea-stud/tsp/>
10. tsp\_17.txt; <http://jaroslaw.mierzwa.staff.iiar.pwr.wroc.pl/pea-stud/tsp/>
11. fri26.tsp; <http://jaroslaw.rudy.staff.iiar.pwr.wroc.pl/pea.php#instances>
12. ftv33.atsp; <http://jaroslaw.rudy.staff.iiar.pwr.wroc.pl/pea.php#instances>
13. ftv35.atsp; <http://jaroslaw.rudy.staff.iiar.pwr.wroc.pl/pea.php#instances>
14. ftv38.atsp; <http://jaroslaw.rudy.staff.iiar.pwr.wroc.pl/pea.php#instances>
15. swiss42.tsp; <http://jaroslaw.rudy.staff.iiar.pwr.wroc.pl/pea.php#instances>
16. ftv44.atsp; <http://jaroslaw.rudy.staff.iiar.pwr.wroc.pl/pea.php#instances>
17. ftv47.atsp; <http://jaroslaw.rudy.staff.iiar.pwr.wroc.pl/pea.php#instances>
18. ft53.atsp; <http://jaroslaw.rudy.staff.iiar.pwr.wroc.pl/pea.php#instances>
19. ftv55.atsp; <http://jaroslaw.rudy.staff.iiar.pwr.wroc.pl/pea.php#instances>
20. ftv64.atsp; <http://jaroslaw.rudy.staff.iiar.pwr.wroc.pl/pea.php#instances>
21. ftv70.atsp; <http://jaroslaw.rudy.staff.iiar.pwr.wroc.pl/pea.php#instances>
22. ftv170.atsp; <http://jaroslaw.rudy.staff.iiar.pwr.wroc.pl/pea.php#instances>

## 5. Procedura badawcza

Badanie polegało na sprawdzeniu zależności wielkości instancji do czasu wykonywania algorytmu, oraz jego dokładności. Dzięki usystematyzowaniu parametrów możliwe było przedstawienie zawartości pliku inicjalizującego w następującym formacie pliku:

nazwa\_instancji liczba\_wykonan rozwiązanie\_optymalne [ścieżka optymalna];

nazwa\_pliku\_wyjściowego

Zapis ścieżki optymalnej nie ma znaczenia. Program konwertuje ją do jednego systemu.

Zawartość pliku inicjalizującego:

```
m6.atsp 5 80 5 brak
m8.atsp 5 202 5 0-3-2-4-1-6-7-5-0
m9.atsp 5 215 5 0-3-4-2-8-7-6-1-5-0
tsp_10.txt 5 212 5 0 - 3 - 4 - 2 - 8 - 7 - 6 - 9 - 1 - 5 - 0
m11.atsp 5 251 5 1 - 7 - 5 - 3 - 10 - 0 - 1 - 8 - 4 - 6 - 2 - 9 - 7
tsp_12.txt 5 264 5 0 - 1 - 8 - 4 - 6 - 2 - 11 - 9 - 7 - 5 - 3 - 10 - 0
tsp_13.txt 5 269 5 0 - 10 - 3 - 5 - 7 - 9 - 11 - 2 - 6 - 4 - 8 - 1 - 12 - 0
tsp_14.txt 5 282 5 0 - 10 - 3 - 5 - 7 - 9 - 13 - 11 - 2 - 6 - 4 - 8 - 1 - 12 - 0
tsp_15.txt 5 291 5 0 - 12 - 1 - 14 - 8 - 4 - 6 - 2 - 11 - 13 - 9 - 7 - 5 - 3 - 10 - 0
tsp_17.txt 5 39 5 0 - 11 - 13 - 2 - 9 - 10 - 1 - 12 - 15 - 14 - 5 - 6 - 3 - 4 - 7 - 8 - 16 - 0
fri26.tsp 5 937 5 brak sciezki
ftv33.atsp 5 1286 5 brak sciezki
ftv35.atsp 5 1473 5 brak sciezki
ftv38.atsp 5 1530 5 brak sciezki
swiss42.tsp 5 1273 5 brak sciezki
ftv44.atsp 5 1613 5 brak sciezki
ftv47.atsp 5 1776 5 brak sciezki
ft53.atsp 5 6905 5 brak sciezki
ftv55.atsp 5 1608 5 brak sciezki
ftv64.atsp 5 1839 5 brak sciezki
ftv70.atsp 5 1950 5 brak sciezki
ftv170.atsp 5 2755 5 brak sciezki
saWyniki.csv
```

Podanie optymalnej ścieżki dla większych instancji nie wnosi żadnego aspektu badawczego ze względu na fakt, iż algorytmy heurystyczne nie gwarantują uzyskania optymalnego rozwiązania, a więc

Ilość powtórzeń danej instancji została ustawiona jako 5 ze względu na dużą ilość badanych instancji. Do pliku wyjściowego saWyniki.csv zapisywana była nazwa pliku, czas obliczeń, najlepsza znaleziona ścieżka, wartość tej ścieżki, wartość optimum, ścieżka optimum oraz obliczony procent błędu znalezionego rozwiązania względem optymalnego. Plik wyjściowy

zapisywany był w formacie csv. Poniżej przedstawiono fragment zawartości pliku wyjściowego.

File name, Time(s), Path lenght, Optimum, OptimumPath % of mistake, Iteration, Best path

m8.atsp, 0.015000, 202, 202, 0-3-2-4-1-6-7-5-0, 0, 25000, 0-5-7-6-1-4-2-3-0

m8.atsp, 0.009000, 202, 202, 0-3-2-4-1-6-7-5-0, 0, 25000, 0-5-7-6-1-4-2-3-0

...

File name, Time(s), Path lenght, Optimum, OptimumPath % of mistake, Iteration, Best path

m9.atsp, 0.002000, 215, 215, 0-3-4-2-8-7-6-1-5-0, 0, 25000, 0-3-4-2-8-7-6-1-5-0

m9.atsp, 0.004000, 215, 215, 0-3-4-2-8-7-6-1-5-0, 0, 25000, 0-3-4-2-8-7-6-1-5-0

...

Wyniki opracowane zostały w programie MS Excel.

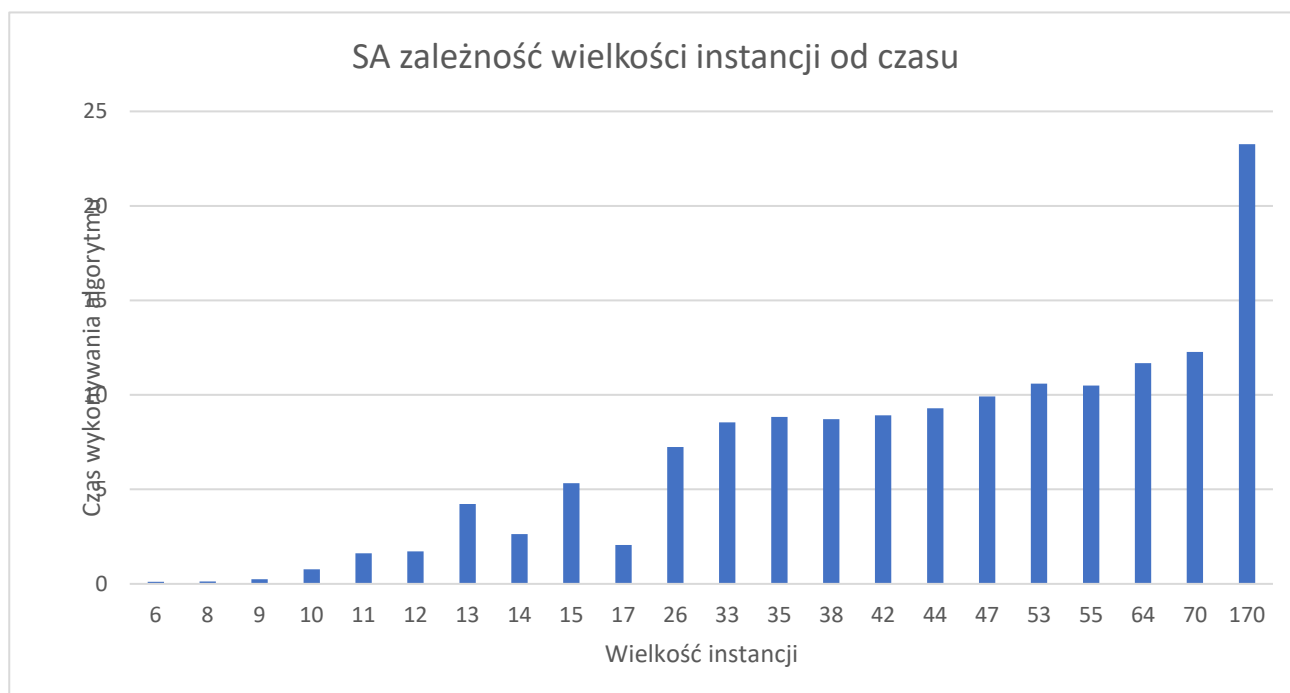
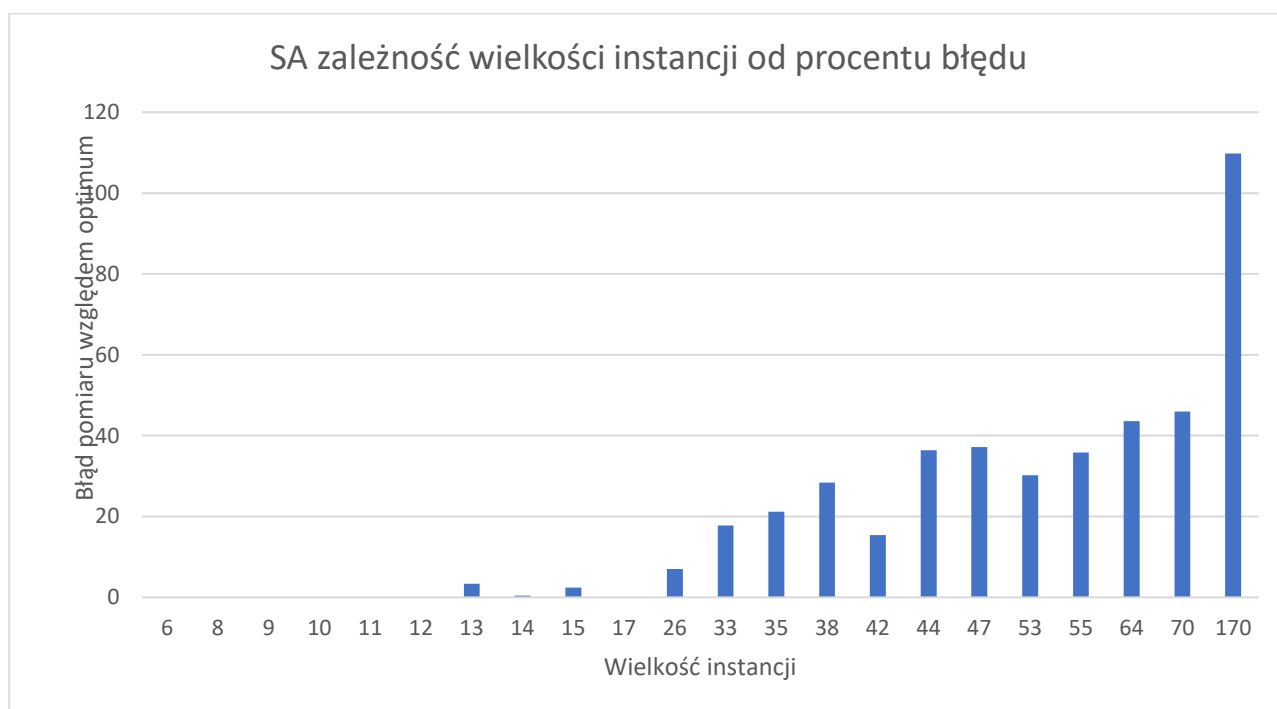


## 6. Wyniki

Pomiary efektywności algorytmów zostały uśrednione dla każdej instancji. Jako macierz odległości podawane były pliki udostępnione na stronie projektu dr. Mierzwę oraz dr. Rudego. Pomiary były przeprowadzone w możliwie zbliżonym do siebie obciążeniu procesora.

Wyniki pomiarów dla wybranych plików:

File name	Matrix size	Time(s)	Path lenght	Optimum	% of mistake	Iteration with solution/stop algorithm
m6.atsp	6	0,1172	80	80	0	25000
m8.atsp	8	0,13535	202	202	0	25000
m9.atsp	9	0,2405	215	215	0	31250
tsp_10.txt	10	0,77925	212	212	0	131250
m11.atsp	11	1,6134	251	251	0	305000
tsp_12.txt	12	1,721	264	264	0	325000
tsp_13.txt	13	4,233	278,6	269	3,4	725519,6
tsp_14.txt	14	2,6338	283,6	282	0,4	525259,8
tsp_15.txt	15	5,3332	299	291	2,4	996039,2
tsp_17.txt	17	2,0606	39	39	0	450000
fri26.tsp	26	7,2348	1005,8	937	7	1151299
ftv33.atsp	33	8,5408	1521,8	1286	17,8	1151299
ftv35.atsp	35	8,8388	1789,2	1473	21,2	1151299
ftv38.atsp	38	8,7146	1971,4	1530	28,4	1151299
swiss42.tsp	42	8,9104	1474,2	1273	15,4	1151299
ftv44.atsp	44	9,2918	2204,4	1613	36,4	1151299
ftv47.atsp	47	9,911	2441,4	1776	37,2	1151299
ft53.atsp	53	10,595	9028,8	6905	30,2	1151299
ftv55.atsp	55	10,5016	2194,6	1608	35,8	1151299
ftv64.atsp	64	11,6774	2649,8	1839	43,6	1151299
ftv70.atsp	70	12,2722	2859	1950	46	1151299
ftv170.atsp	170	23,2684	5792,2	2755	109,8	1151299



Przeprowadzone badanie dla tych samych parametrów pokazuje znaczący wzrost błędu oraz wydłużenia czasu potrzebnego na otrzymanie wynik wraz ze zwiększeniem instancji. Wyniki zostały przedstawione w pliku saWyniki.csv, natomiast wszystkie ww. pliki zostały dołączone do raportu i znajdują się na dysku Google pod adresem: [https://drive.google.com/drive/folders/1B\\_GRZD-fZ8nLayQy3TZB1A9hTUo4G9PB?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1B_GRZD-fZ8nLayQy3TZB1A9hTUo4G9PB?usp=sharing)

## 7. Analiza wyników i wnioski

Dla SA wraz ze wzrostem liczby miast rośnie zarówno błąd jak i czas trwania programu. Pomimo znaczącej utraty dokładności wraz ze zwiększeniem instancji wyniki otrzymane zostają w rozsądnym czasie w porównaniu do wcześniejszych zrealizowanych algorytmów i metod.