POLITECHNIKA WROCŁAWSKA
Zespół Inżynierii Oprogramowania i Inteligencji Obliczeniowej
Katedra Informatyki Technicznej

Projektowanie efektywnych algorytmów - projekt
Kurs: INEK032

Sprawozdanie z projektu

Wykonał:	**Michał Madarasz, 238903**
Termin:	**Czwartek 17:05**
Prowadzący:	**Mgr inż. Antoni Sterna**
Data oddania sprawozdania:	**14.01.2019**
Ocena:	

Uwagi prowadzącego:

1. Wstęp teoretyczny

Problem komiwojażera jest jednym z najpopularniejszych i najbardziej znanych problemów optymalizacyjnych dla informatyka. Problem polega na znalezieniu najkrótszej ścieżki prowadzącej z wierzchołka startowego, która przechodzi dokładnie jeden raz przez każdy wierzchołek i wraca do wierzchołka startowego. Innymi słowy jest to problem znalezienia minimalnego cyklu Hamiltona w grafie pełnym ważonym. W języku angielskim problem ten nazywa się *Travelling Salesman Problem* (zwany dalej *TSP*).

Jest to problem należący do grupy problemów NP-trudnych, to oznacza, że złożoność obliczeniowa rozwiązania problemu jest wykładnicza i nie da się rozwiązać problemu w normalnym czasie. Zagadnienie TSP jest skomplikowane, ponieważ ogólnie komiwojażer przy wyborze trasy przez *N* miast ma do rozpatrzenia (N-1)! (silnia) przypadków. W problemie tym rozróżniamy także podział na dwa przypadki:

- Symetryczny – gdzie graf jest nieskierowany (ang. *Symmetric Travelling Salesman Problem*),
- Asymetryczny – gdzie graf jest skierowany (ang. *Asymetric Travelling Salesman Problem*);

Alternatywnym sposobem rozwiązania TSP jest skorzystanie z algorytmów metaheurystycznych zajmujących się tym zagadnieniem. Algorytmów metaheurystycznych można używać do rozwiązania dowolnego problemu, ponieważ algorytmy te proponują jedynie przybliżony sposób rozwiązania, więc rozwiązanie może nie być prawidłowe. Jednakże złożoność obliczeniowa użycia takich algorytmów jest znacznie mniejsza niż przy normalnym rozwiązaniu.

W tym projekcie zostaje przedstawione rozwiązanie ATSP za pomocą trzech algorytmów:

- Symulowane wyżarzanie (ang. Simulated Anealing) – Algorytm symulowanego wyżarzania, to algorytm metaheurystyczny opierający swoje działanie na losowości. Nie znajduje on zawsze najlepszego rozwiązania problemu, w taki sposób jak przegląd zupełny, jednak jego działanie prowadzi do znalezienia rozwiązania optymalnego – trasy, która będzie krótka, ale nie koniecznie najkrótsza z możliwych. Jego działanie oraz nazwa biorą się z analogii do procesu wyżarzania w metalurgii. W trakcie działania algorytmu, stopniowo, wraz z kolejnymi iteracjami pętli, obniżana jest temperatura. Algorytm zaczyna od pewnego rozwiązania początkowego i w kolejnych iteracjach zamienia miejscami losowe elementy trasy (miasta/wierzchołki). Jeśli po zamianie, trasa jest lepsza – krótsza, zostaje ona zapisana jako dotychczasowo najlepsza, jeśli nie, odrzucamy ją i zamieniamy inne elementy. Aby podczas tych zamian, algorytm nie utknął w minimum lokalnym, dopuszczalne są także zmiany pogarszające obecnie uzyskany wynik, ale pozwalające dojść do lepszego rozwiązania w kolejnych iteracjach.

- Przeszukiwanie Tabu (ang. Tabu Search) - metahuerystyka używana do rozwiązywania problemów optymalizacyjnych badając sąsiedztwo rozwiązania znajdującego się w przestrzeni rozwiązań problemu oraz zapamiętując wykonywane ostatnio ruchy. Podstawą tej metody jest zapamiętywanie ruchów na **liście tabu** blokuje jego wykonywanie w pewnej ilości następnych kroków w zależności od przyznanej im **kadencji**. Zapisanie ruchów niedozwolonych w tabu pozwala na odrzucenie rozwiązań niedawno sprawdzane zwiększając obszar przeszukiwania, co skutkuje większą możliwością wyjścia z minimum lokalnego, ale kosztem dokładności algorytmu.

1.1 Opis działania algorytmu

1.1.2 Symulowane wyżarzanie

```
Wygeneruj punkt startowy x0 ∈ X
T ← Tmax
xopt ← x0
repeat
        Wybierz w sposób losowy x ∈ N(x0)
        if random[0, 1) < P(x0, x) then
            x0 ← x
            if f(x0) < f(xopt) then
                xopt ← x0
            end if
        end if
        T ← g(T) {Obniz temperature}
until warunek konca=true
```

1.1.2 Tabu Search

```
Wygeneruj losowo lub heurystycznie punkt startowy x0 ∈ X
xopt ← x0
TABU ← ∅
repeat
    x0 ← AspirationPlus(x0) {Lub inna strategia wyboru rozwiązania}
    if f(x0) < f(xopt) then
        xopt ← x0
    end if
    Dodaj nowe elementy do listy TABU
    for all (atrybuti, kadencjai) ∈ TABU do
        kadencjai ← kadencjai – 1
        if kadencjai = 0 then
            usun_element (atrybuti, kadencjai) z T ABU
        end if
    end for
    if CriticalEvent() = true then
        x0 ← Restart() {Dywersyfikacja}
        if f(x0) < f(xopt) then
            xopt ← x0
        end if
    end if
until warunek zakonczenia = true
```

3. Opis projektu

Założenia projektowe:

- Struktury przechowujące dane alokowane są dynamicznie, zależnie od rozmiaru problemu;
- Program posiada możliwość wczytywania danych z pliku, w celu weryfikacji poprawności;
- Algorytm został zaprojektowany zgodnie z paradygmatami programowania obiektowego;
- Program umożliwia wprowadzenie kryterium stopu jako czas podany w sekundach;
- Program umożliwia włączenie/wyłączenie dywersyfikacji w algorytmie Tabu Search;

W programie zostały wykorzystane następujące klasy:

- Menu – klasa obsługująca interfejs użytkownika,
- SA – klasa implementująca algorytm symulowanego wyżarzania,
- Tabu – klasa implementująca algorytm przeszukiwania tabu;

4. Plan testów

Do pomiarów zostały wykorzystane macierze br17, ftv70, ftv170 ze strony http://elib.zib.de/pub/mp-testdata/tsp/tsplib/atsp/index.html. Zostały one przerobione na pliki testowe, gdzie w pierwszej linii był podany rozmiar macierzy oraz najlepszy znany wynik dla tej macierzy.

Mierzenie czasu odbywało się przy pomocy funkcji *QueryPerformanceCounter()* oraz *QueryPerformanceFrequency()* z biblioteki <Windows.h>. Aby uzyskać czas należało zliczoną liczbę impulsów licznika podzielić przez częstotliwość. Zastosowane rozwiązanie pozwalało na odpowiednie badanie czasu wykonania algorytmu.

Parametry uruchamiania algorytmu Symulowanego wyżarzania:

- Czas wykonywania algorytmu – 30 sekund, 60 sekund;
- Temperatura początkowa:
$$T_{max} = 10\ max_i\ |\Delta_i|;$$
- Zmiana temperatury:
$g(T) = \frac{T}{1+\beta T}$, gdzie $\beta = \frac{T_{max}-T_{min}}{maxit\ T_{max}\ T_{min}}$, $T_{min} = 10^{-4}\ T_{max}$ i *maxit* maksymalna liczba iteracji;

Parametry uruchamiania Tabu Search:

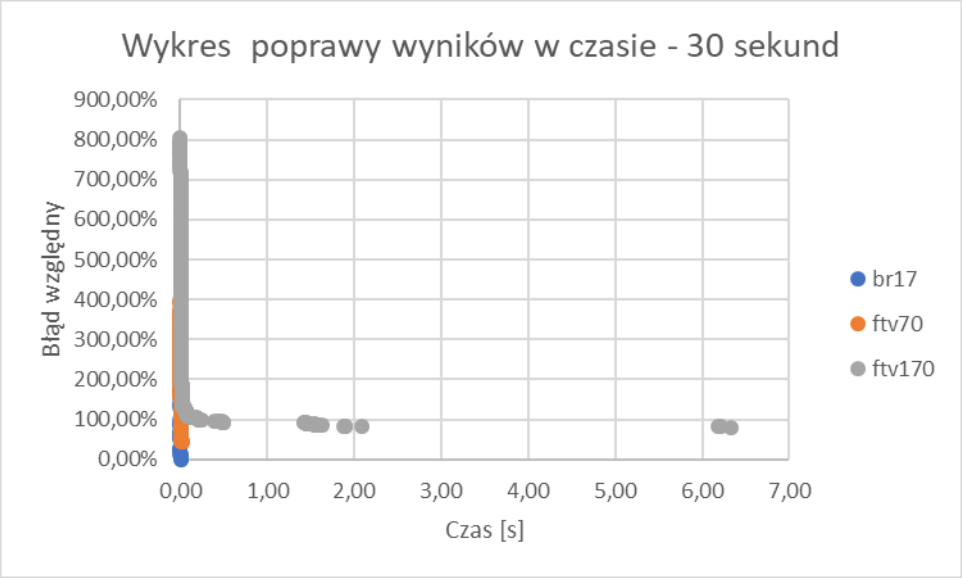
- Czas wykonywania algorytmu – 30 sekund, 60 sekund;
- Dywersyfikacja następuje po 10 powtórzeniach;
- Kryterium aspiracji następuje, jeżeli rozwiązanie na liście Tabu jest lepsze o 40%;
- Stała kadencja – 10;

5. Wyniki testów

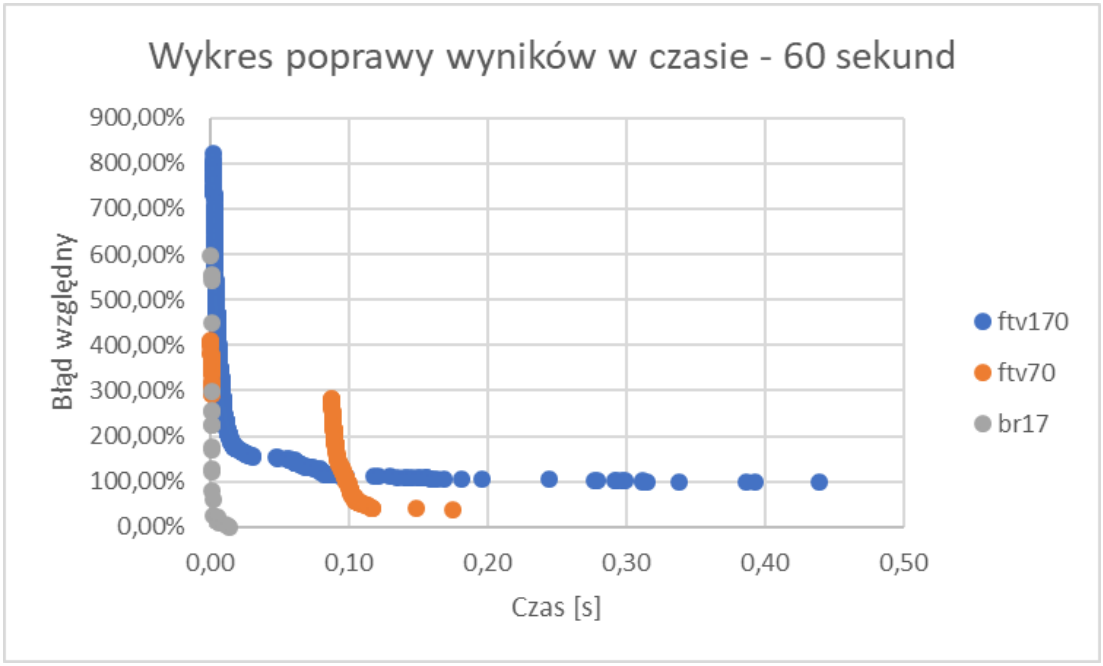
5.1 Symulowane wyżarzanie

	30 sekund		
	br17	**ftv70**	**ftv170**
Optymalna długość ścieżki	**39**	**1950**	**2755**
Znaleziona długość ścieżki	**39**	**2549**	**3215**

Czas wykonania	**29,708**	**29,2403**	**29,5545**
Błąd	**0**	**30,7179**	**16,6969**

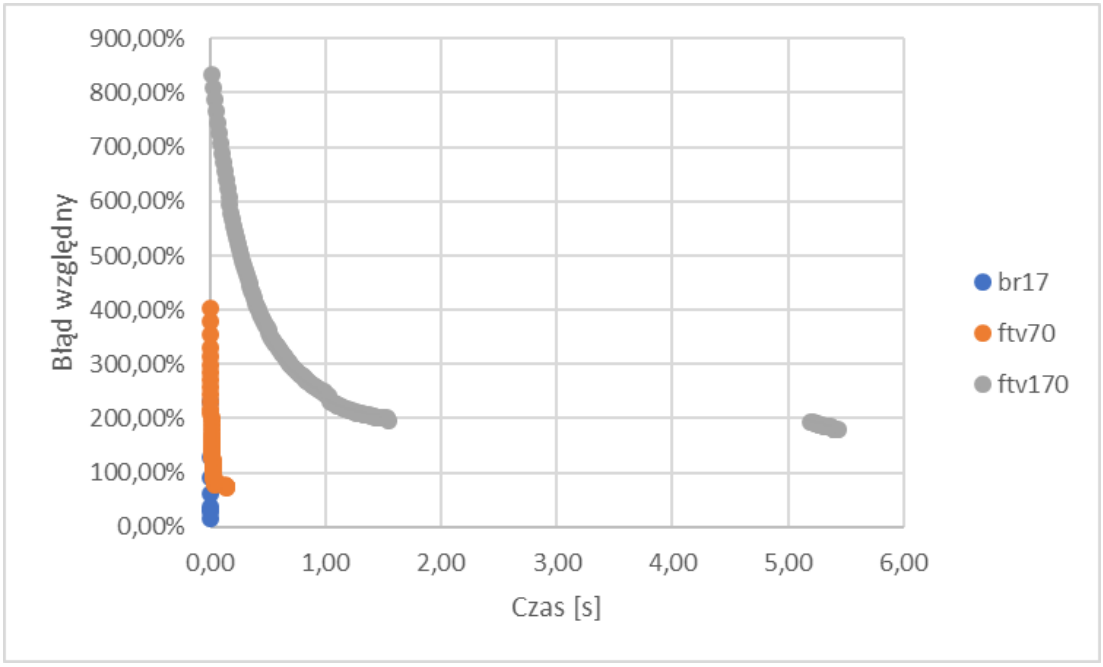


	60 sekund		
	br17	**ftv70**	**ftv170**
Optymalna długość ścieżki	**39**	**1950**	**2755**
Znaleziona długość ścieżki	**39**	**2551**	**5306**
Czas wykonania	**30,857**	**36,6472**	**59,6324**
Błąd	**0**	**30,8205**	**92,5953**

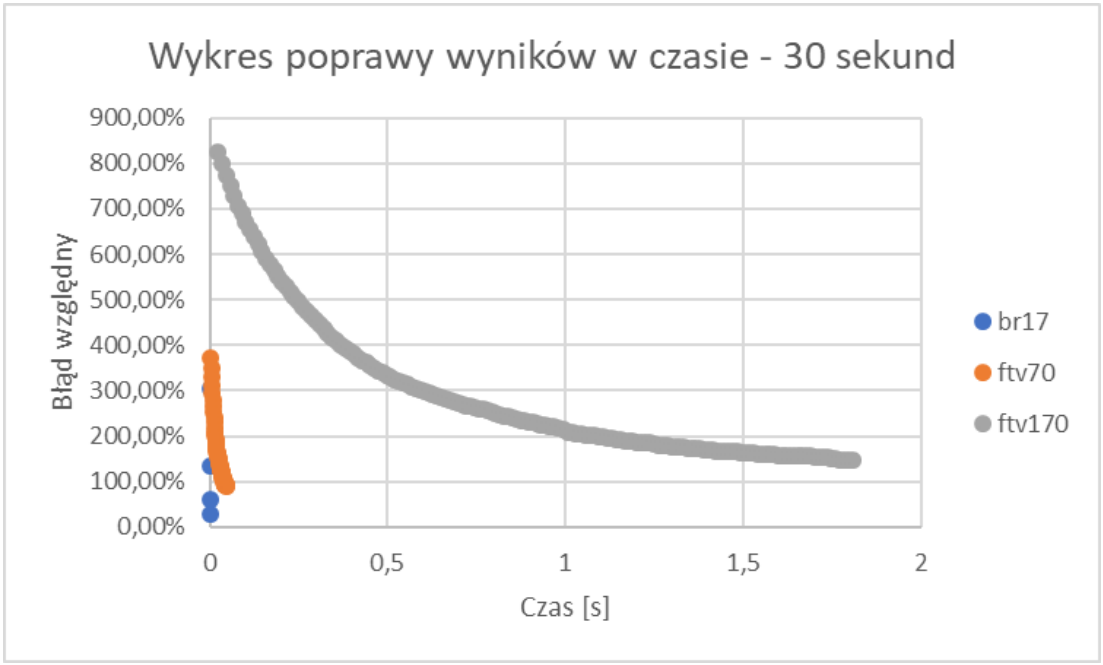


5.2 Tabu Search

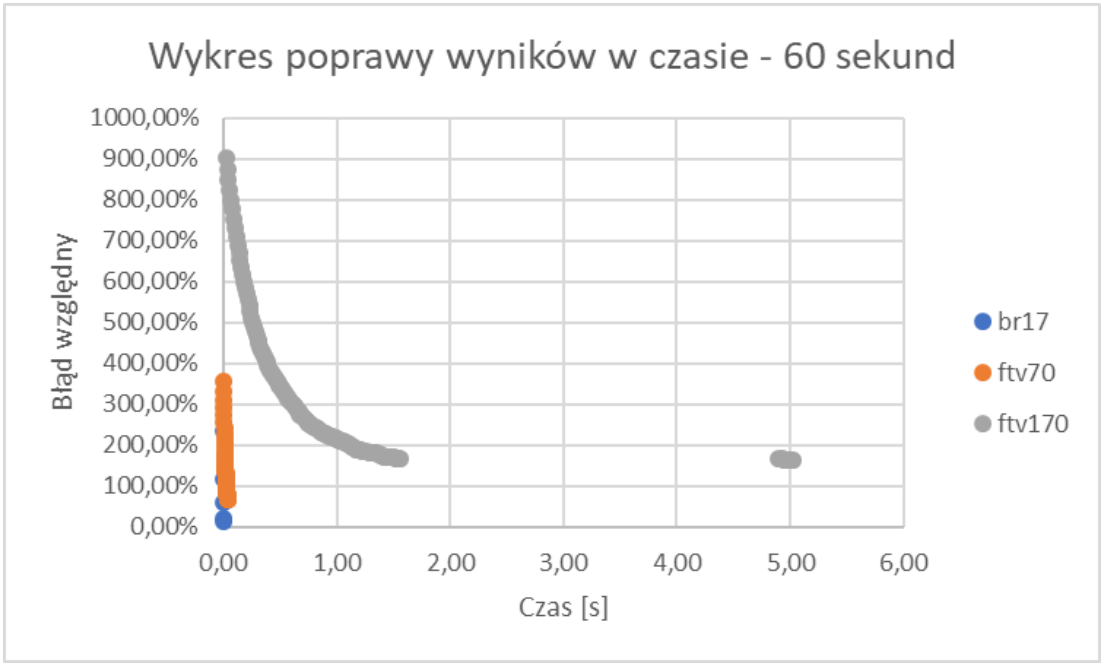
	30 sekund - dywersyfikacja		
	br17	**ftv70**	**ftv170**
Optymalna długość ścieżki	**39**	**1950**	**2755**
Znaleziona długość ścieżki	**39**	**3385**	**7628**
Czas wykonania	**29,7517**	**29,7035**	**29,8722**
Błąd	**0**	**73,5897**	**176,878**



	30 sekund – bez dywersyfikacji		
	br17	**ftv70**	**ftv170**
Optymalna długość ścieżki	**39**	**1950**	**2755**
Znaleziona długość ścieżki	**42**	**3215**	**8222**
Czas wykonania	**29,5761**	**29,867**	**29,3294**
Błąd	**7,69231**	**64,8718**	**198,439**

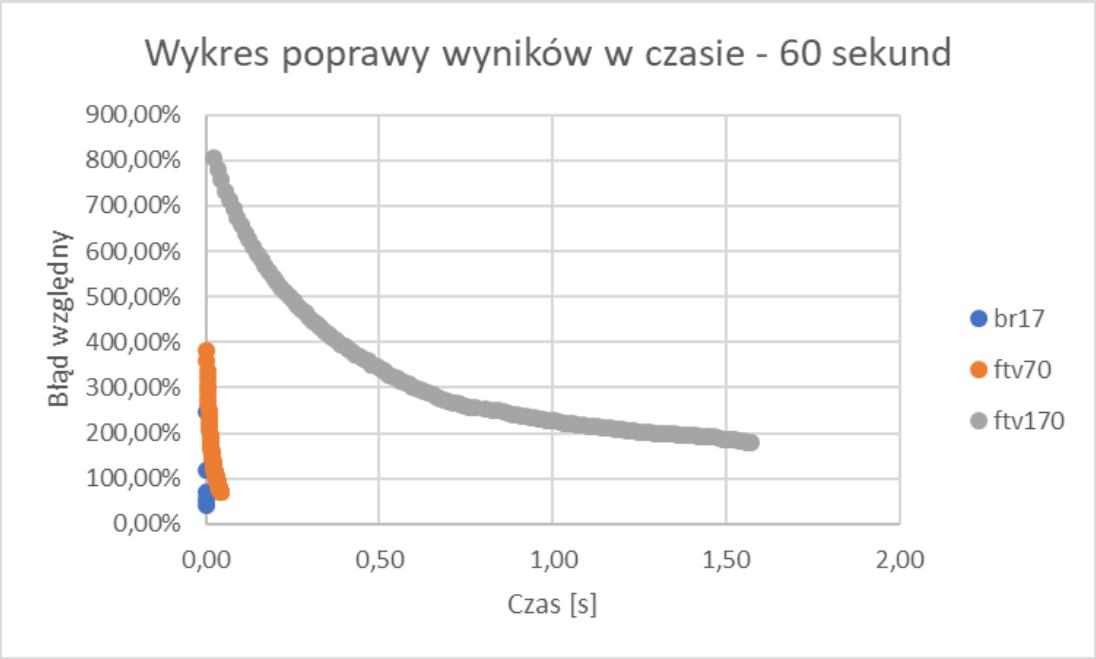


	60 sekund - dywersyfikacja		
	br17	**ftv70**	**ftv170**
Optymalna długość ścieżki	**39**	**1950**	**2755**
Znaleziona długość ścieżki	**44**	**3316**	**7231**
Czas wykonania	**59,8122**	**59,907**	**59,5299**
Błąd	**12,8205**	**70,0513**	**162,468**



	60 sekund – bez dywersyfikacji

	br17	ftv70	ftv170
Optymalna długość ścieżki	**39**	**1950**	**2755**
Znaleziona długość ścieżki	**49**	**3223**	**7772**
Czas wykonania	**59,3355**	**59,9751**	**59,9719**
Błąd	**25,641**	**65,2821**	**182,105**



6. Wnioski

- Algorytmy poszukiwania lokalnego są niedokładne, to znaczy, że nie zawsze znajdują najlepsze rozwiązanie. W zamian znajdują rozwiązania bliskie optymalnemu w krótkim czasie (w porównaniu do algorytmów dokładnych);
- Implementacja algorytmu to jedynie połowa sukcesu. Oprócz napisania algorytmu bardzo ważnym elementem jest dobór parametrów najlepszych dla problemu. W zależności od rozmiaru grafu jak i odchylenia wartości średniej przejść można wnioskować jakie parametry będą dawały najlepsze wyniki;
- Strategia wykorzystania tych algorytmów opiera się na ich szybkości. Są na tyle szybkie, że najlepiej uruchamiać je wiele razy dla tego samego problemu i wyciągać optymalne rozwiązanie.

Spis treści