

Projektowanie Efektywnych Algorytmów

PROJEKT 3

KAROL WAŻNY (252716)

1. Polecenie

W ramach projektu należało zaimplementować oraz dokonać analizy efektywności wybranego algorytmu ewolucyjnego (genetycznego lub mrówkowego) dla asymetrycznego problemu komiwojażera.

1.1. Dodatkowe wymagania

- używane struktury danych powinny być alokowane dynamicznie (w zależności od aktualnego rozmiaru problemu),
- program powinien umożliwić weryfikację poprawności działania algorytmu. W tym celu powinna istnieć możliwość wczytania danych wejściowych z pliku tekstowego,
- po zaimplementowaniu i sprawdzeniu poprawności działania algorytmu należy dokonać pomiaru czasu jego działania w zależności od rozmiaru problemu N (badania należy wykonać dla minimum 7 różnych reprezentatywnych wartości N),
- dla każdej wartości N należy wygenerować po 100 losowych instancji problemu (w sprawozdaniu należy umieścić tylko wyniki uśrednione),
- implementacje algorytmów należy dokonać zgodnie z obiektowym paradygmatem programowania.

2. Wstęp teoretyczny

2.1. Algorytmy genetyczne

Podstawowa koncepcja, na której opierają się algorytmy genetyczne to fakt, że można przetwarzać więcej niż jedno rozwiązanie na raz – można pracować na całej populacji; jednak w odróżnieniu od zwykłej współbieżnej implementacji algorytmów deterministycznych lub metaheurystycznych, w przypadku algorytmów genetycznych rozwiązania w populacji rywalizują między sobą o miejsce w następnej iteracji algorytmu (następnym pokoleniu).

2.2. Konstruowanie algorytmu genetycznego

Algorytm genetyczny składa się z pięciu elementów:

- kodowania – czyli sposobu reprezentacji rozwiązania,
- funkcji oceny – czyli sposobu przypisania wartości liczbowej danemu rozwiązaniu w sposób pozwalający porównywać w oparciu o przypisane liczby jakości rozwiązań,
- metody selekcji – czyli sposobu tworzenia populacji w kolejnym pokoleniu z populacji w starym pokoleniu,
- operatora krzyżowania – czyli sposobu utworzenia osobnika (lub osobników) potomnych z dwóch (niekiedy więcej) osobników rodzicielskich,
- operatora mutacji – czyli sposobu modyfikacji pojedynczego rozwiązania (mutacja służy wprowadzeniu dodatkowego zróżnicowania w puli rozwiązań w celu uniknięcia minimów lokalnych).

Oczywiście działanie algorytmu można dostrajać przy użyciu parametrów:

- liczby iteracji,
- liczności populacji,
- współczynnika mutacji,
- współczynnika krzyżowania.

2.3. Opis implementacji

Algorytm został zaimplementowany jako klasa `GeneticSolver` dziedzicząca po klasie `TSPAbstractSolver` (utworzonej na potrzeby wcześniejszych etapów projektu). Klasa ma metodę `solveFor`, przyjmującą jako argument obiekt klasy `TSPInputMatrix`, a zwracającą rozwiązanie: obiekt klasy `TSPSolution`.

2.3.1. Kodowanie

Pojedyncze rozwiązanie w populacji kodowane jest jednoznacznie jako wektor zawierający indeksy wierzchołków w pewnej kolejności; jednak pomocniczo jest też przechowywany koszt ścieżki reprezentowanej przez daną permutację. W reprezentacji pominięto pierwszą i ostatnią pozycję – nie ma sensu ich przechowywać, ponieważ w każdym przypadku przechowują wartość 0.

W kodzie pojedyncze rozwiązanie z populacji reprezentuje obiekt klasy `Individual`.

2.3.2. Funkcja oceny

Oceną danego rozwiązania jest koszt ścieżki reprezentowanej przez to rozwiązanie; obliczany jest jako suma wartości wszystkich krawędzi w danym rozwiązaniu.

Dążymy do minimalizacji funkcji oceny.

2.3.3. Metoda selekcji

Aby wybrać nową populację ze starej, wykorzystano metodę turniejową.

Wybór pojedynczego osobnika metodą turniejową polega na wylosowaniu pewnej liczby osobników z całej populacji (wylosowane osobniki mogą się powtarzać) i wybraniu osobnika o najlepszej (w tym przypadku najniższej) wartości funkcji oceny.

Procedura ta jest przeprowadzana tyle razy, ile osobników ma się znaleźć w nowej populacji. Zastosowanie tej metody wymaga tylko, aby dla każdego osobnika obliczyć wartość funkcji oceny – nie wymaga sortowania osobników w oparciu o tę wartość.

2.3.4. Operator krzyżowania

Zastosowany operator krzyżowania to PMX (partially matched crossover). W tym operatorze najpierw wybiera się losowo dwa punkty krzyżowania; fragment pomiędzy tymi punktami przepisuje się z pierwszego rodzica do drugiego.

Następnie, patrząc na te same pozycje w drugim rodzicu, należy znaleźć wszystkie elementy, które nie zostały przekopiowane do potomka. Dla każdej z tych wartości oznaczmy jej pozycję w drugim rodzicu jako i i wartość jako y :

1. Należy znaleźć wartość, która znajduje się na pozycji i w pierwszym rodzicu (oznaczmy tę wartość jako x).
2. Należy znaleźć wartość x w drugim rodzicu (teraz ta pozycja to nowa wartość i). Jeżeli pozycja x w drugim rodzicu zawiera się we fragmencie przekopiowanym z pierwszego rodzica, przechodzimy do punktu 1.
3. Jeżeli pozycja x w drugim rodzicu nie zawiera się w przekopiowanym zakresie, kopiujemy wartość y na pozycję i w potomku.

Następnie wszystkie pozostałe elementy z drugiego rodzica kopiuje się na pozostałe wolne miejsca w potomku (w kolejności występowania).

Drugiego potomka uzyskuje się, zamieniając rodziców miejscami i wykonując procedurę jeszcze raz.

Potomkowie zastępują rodziców w populacji.

2.3.5. Operatory mutacji

Zastosowano dwa operatory mutacji, oznaczone jako „reverse” i „random”.

W przypadku „reverse” losowany jest pewien zakres z rozwiązania wyjściowego i kolejność wierzchołków w obrębie tego zakresu jest odwracana.

W przypadku „random” losowany jest pewien zakres z rozwiązania wyjściowego, a elementy w obrębie tego zakresu są przetasowywane (ich kolejność jest zmieniona w sposób losowy).

2.3.6. Parametry

Prezentowana implementacja przyjmuje następujące parametry:

- pula turniejowa – czyli liczba osobników porównywanych przy selekcji w ramach jednego turnieju,
- populacja – czyli liczba osobników w jednym pokoleniu,
- liczba pokoleń,
- współczynnik krzyżowania – prawdopodobieństwo, z którym dochodzi do krzyżowania,
- współczynnik mutacji – prawdopodobieństwo, z którym zachodzi mutacja,
- metoda mutacji – czyli „random” lub „reverse”, jak opisano powyżej.

2.3.7. Wybór rodziców do krzyżowania

Ze względu na metodę selekcji, kolejność osobników w pokoleniu można uznać za losową. Populacja jest dzielona na pary osobników sąsiadujących ze sobą (1 i 2, 3 i 4, 5 i 6 i tak dalej). Następnie dla każdej z tych par zachodzi krzyżowanie z prawdopodobieństwem równym współczynnikowi krzyżowania.

2.3.8. Zastosowane struktury

Pojedynczy osobnik składa się z tablicy z indeksami wierzchołków oraz liczby całkowitej określającej jego koszt. Populacja jest przechowywana jako tablica osobników.

2.4. Przykład praktyczny

Rozważmy poniższą macierz incydencji (wierzchołki są numerowane od 0):

—	81	50	18	75
81	—	76	21	37
50	76	—	24	14
18	21	24	—	19
75	37	14	19	—

Przyjmijmy, że parametry algorytmu to:

- Liczba pokoleń (iteracji): 2
- Populacja: 5
- Współczynnik krzyżowania: 0.6
- Współczynnik mutacji: 0.1
- Metoda mutacji: REVERSE
- Pula turniejowa: 2

Początkowa populacja to:

- 4 → 3 → 1 → 2
- 1 → 3 → 4 → 2
- 3 → 2 → 1 → 4
- 4 → 2 → 1 → 3
- 1 → 2 → 4 → 3

1) Iteracja 1.

a) Obliczenie funkcji oceny dla każdego osobnika:

- 4 → 3 → 1 → 2, koszt: 241
- 1 → 3 → 4 → 2, koszt: 185
- 3 → 2 → 1 → 4, koszt: 175
- 4 → 2 → 1 → 3, koszt: 204
- 1 → 2 → 4 → 3, koszt: 208

Najlepsze dotychczas rozwiązanie to: 3 → 2 → 1 → 4, koszt: 175.

- b) Wybór nowej populacji przez serię turniejów (podane indeksy rozwiązań w populacji rodzicielskiej) (rozwiązania indeksowane od 0):
- i) 3 i 2, wybieramy 2,
 - ii) 3 i 3, wybieramy 3,
 - iii) 4 i 4, wybieramy 4,
 - iv) 0 i 4, wybieramy 4,
 - v) 3 i 3, wybieramy 3.

Zatem populacja potomków przedstawia się następująco:

- 3 → 2 → 1 → 4, koszt: 175
 - 4 → 2 → 1 → 3, koszt: 204
 - 1 → 2 → 4 → 3, koszt: 208
 - 1 → 2 → 4 → 3, koszt: 208
 - 4 → 2 → 1 → 3, koszt: 204
- c) Krzyżowanie:

Dla sąsiadujących par losujemy liczbę z zakresu 0 ... 1; jeżeli jest mniejsza niż współczynnik krzyżowania, zachodzi krzyżowanie:

- i) Dla 1 i 2: wylosowana wartość to 0.59953, zatem zachodzi krzyżowanie:
 - (1) Wylosowane indeksy to 2 i 3, wartości pomiędzy indeksami przenosimy do potomka:
 - (a) _ → _ → 1 → 4
 - (2) Na pozycji, na której w rodzicu 2 znajduje się 3, w rodzicu 1 znajduje się 4. Przepisujemy 3 z rodzica 2 do potomka na pozycję zajmowaną w rodzicu 2 przez 4:
 - (a) 3 → _ → 1 → 4
 - (3) Przepisujemy brakujące wartości:
 - (a) 3 → 2 → 1 → 4
 - (4) Zamieniamy miejscami rodziców i tworzymy drugiego potomka:
 - (a) 4 → 2 → 1 → 3
 - (5) Zapisujemy potomków w miejsce rodziców w tworzonej populacji.
- ii) Dla 3 i 4: wylosowana wartość to 0.9362, zatem krzyżowanie nie zachodzi.

d) Mutacja:

Dla każdego osobnika w tworzonej populacji losujemy wartość z zakresu 0 ... 1; jeżeli wartość jest mniejsza od współczynnika mutacji, zachodzi mutacja:

- i) Dla 0: 0.7440497099209767
- ii) Dla 1: 0.6273889132658799
- iii) Dla 2: 0.5899350244121135
- iv) Dla 3: 0.3233970304287541
- v) Dla 4: 0.34783480913036835

Dla żadnego z osobników nie zachodzi mutacja.

e) Zapisujemy nową populację w miejsce starej:

- 3 → 2 → 1 → 4
- 4 → 2 → 1 → 3
- 1 → 2 → 4 → 3
- 1 → 2 → 4 → 3
- 4 → 2 → 1 → 3

2) Iteracja 2.

a) Obliczenie funkcji oceny dla każdego osobnika:

- $3 \rightarrow 2 \rightarrow 1 \rightarrow 4$, koszt: 175
- $4 \rightarrow 2 \rightarrow 1 \rightarrow 3$, koszt: 204
- $1 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 3$, koszt: 208
- $1 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 3$, koszt: 208
- $4 \rightarrow 2 \rightarrow 1 \rightarrow 3$, koszt: 204

b) Wybór nowej populacji przez serię turniejów (podane indeksy rozwiązań w populacji rodzicielskiej) (rozwiązania indeksowane od 0):

- 1 i 0, wybieramy 0,
- 4 i 3, wybieramy 4,
- 2 i 3, wybieramy 2,
- 4 i 3, wybieramy 4,
- 2 i 0, wybieramy 0

Nowa populacja przedstawia się następująco:

- $3 \rightarrow 2 \rightarrow 1 \rightarrow 4$, koszt: 175
- $4 \rightarrow 2 \rightarrow 1 \rightarrow 3$, koszt: 204
- $1 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 3$, koszt: 208
- $4 \rightarrow 2 \rightarrow 1 \rightarrow 3$, koszt: 204
- $3 \rightarrow 2 \rightarrow 1 \rightarrow 4$, koszt: 175

c) Krzyżowanie:

- Dla 0 i 1: 0.8696573109467621,
- Dla 2 i 3: 0.10673236422289112, zatem zachodzi krzyżowanie. Punkty krzyżowania to 1 i 2. Powstali potomkowie:
 - $1 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 3$
 - $4 \rightarrow 2 \rightarrow 1 \rightarrow 3$

d) Mutacja:

- Dla 0: 0.06873211921864997
- Dla 1: 0.9420312778413602
- Dla 2: 0.33233134382428287
- Dla 3: 0.6696819500222254
- Dla 4: 0.32509794290549354

Zatem zachodzi mutacja dla osobnika o indeksie 0. Wylosowane indeksy to 1 i 3, zatem elementy pomiędzy tymi indeksami są odwracane. Powstały chromosom:

- $3 \rightarrow 4 \rightarrow 1 \rightarrow 2$

e) Zapisujemy nową populację w miejsce starej:

- $3 \rightarrow 4 \rightarrow 1 \rightarrow 2$,
- $4 \rightarrow 2 \rightarrow 1 \rightarrow 3$,
- $1 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 3$,
- $4 \rightarrow 2 \rightarrow 1 \rightarrow 3$,
- $3 \rightarrow 2 \rightarrow 1 \rightarrow 4$.

Końcowa ocena populacji:

- $3 \rightarrow 4 \rightarrow 1 \rightarrow 2$, koszt: 200
- $4 \rightarrow 2 \rightarrow 1 \rightarrow 3$, koszt: 204
- $1 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 3$, koszt: 208
- $4 \rightarrow 2 \rightarrow 1 \rightarrow 3$, koszt: 204
- $3 \rightarrow 2 \rightarrow 1 \rightarrow 4$, koszt: 175

Zatem zwrócone rozwiązanie (w oparciu o najlepsze dotychczas znalezione):

$0 \rightarrow 3 \rightarrow 2 \rightarrow 1 \rightarrow 4 \rightarrow 0$, koszt: 175.

3. Eksperyment

3.1. Instancje

Pomiary przeprowadzono dla instancji ze strony podanej przez prowadzącego (w nawiasach podano koszty ścieżek optymalnych, wartości ze strony):

- br17 (39)
- ft53 (6905)
- ft70 (38673)
- ftv33 (1286)
- ftv35 (1473)
- ftv38 (1530)
- ftv44 (1613)
- ftv47 (1776)
- ftv55 (1608)
- ftv64 (1839)
- ftv70 (1950)
- kro124p (36230)
- p43 (5620)
- ry48p (14422)

Wykorzystano te instancje ze względu na znane koszty rozwiązań optymalnych, co pozwoliło za każdym razem obliczyć błąd względny rozwiązania.

3.2. Plan eksperymentu

Dla każdej z instancji przeprowadzono pomiary czasu i błędu względnego dla wszystkich algorytmów dla różnych parametrów. Ze względu na ogromną ilość pozyskanych danych, w sprawozdaniu zaprezentowana jest tylko taka ich ilość, która pozwala wyciągnąć wnioski na temat wpływu parametrów i na temat efektywności algorytmów.

Ze względu na długi czas wykonania programu, każdy pomiar wykonano 10 razy, a wyniki uśredniono.

3.2.1. Testowane wartości parametrów (GA)

- Wielkości populacji: 30, 70, 120
- Wartości współczynnika krzyżowania: 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0
- Wartości współczynnika mutacji: 0.01, 0.05, 0.1, 0.2, 0.25, 0.3, 0.5, 0.7
- Operatory mutacji: random i reverse
- Za każdym razem liczba pokoleń była równa 400, a pula turniejowa to 10.

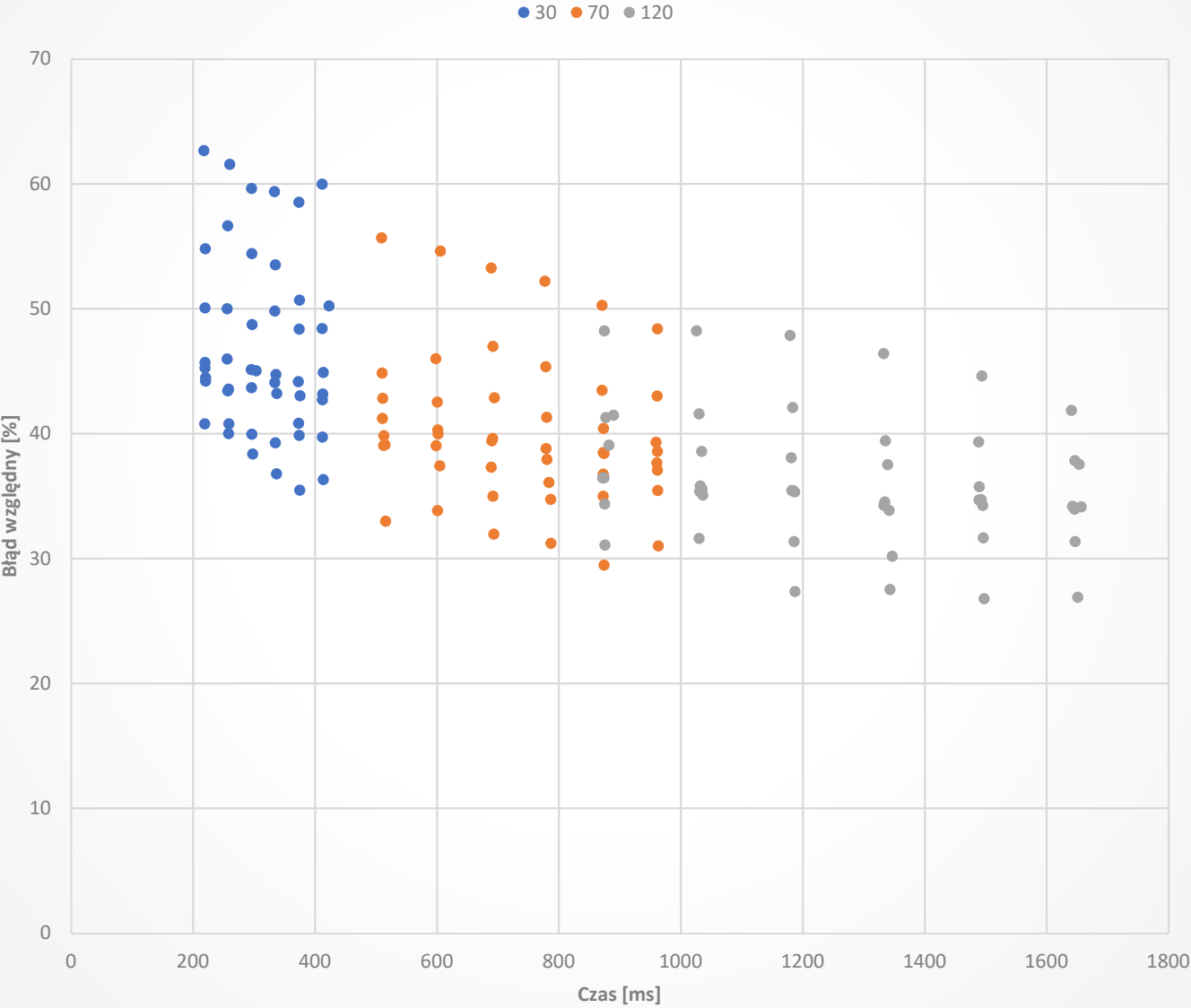
3.3. Wyniki

3.3.1. Wpływ wielkości populacji na wyniki (dla pliku ft70.atasp)

		REVERSE								
		30			70			120		
		czas	koszt	błąd	czas	koszt	błąd	czas	koszt	błąd
crossover	mutation	[ms]	[1]	[%]	[ms]	[1]	[%]	[ms]	[1]	[%]
0,5	0,01	218,1	62913,0	62,7	509,4	60206,4	55,7	874,9	57326,7	48,2
0,5	0,05	220,2	59866,2	54,8	510,3	56021,5	44,9	876,9	54641,2	41,3
0,5	0,1	219,8	58040,0	50,1	511,1	55235,1	42,8	882,1	53790,2	39,1
0,5	0,2	219,6	56184,4	45,3	513,0	54085,0	39,9	871,8	52778,9	36,5
0,5	0,25	219,8	56354,0	45,7	512,8	53780,3	39,1	874,3	52779,9	36,5
0,5	0,3	220,5	55879,7	44,5	514,9	53798,6	39,1	875,2	51965,9	34,4
0,5	0,5	219,1	54450,4	40,8	516,0	51438,4	33,0	875,9	50694,1	31,1
0,5	0,7	220,5	55768,7	44,2	510,8	54612,2	41,2	889,8	54714,3	41,5
0,6	0,01	260,3	62482,0	61,6	605,8	59795,4	54,6	1025,9	57329,2	48,2
0,6	0,05	256,7	60583,3	56,7	598,4	56464,2	46,0	1030,3	54755,9	41,6
0,6	0,1	256,1	58012,5	50,0	600,7	55125,7	42,5	1034,5	53595,5	38,6
0,6	0,2	256,0	56453,4	46,0	601,7	54263,9	40,3	1036,4	52246,1	35,1
0,6	0,25	256,9	55471,7	43,4	602,0	54136,6	40,0	1031,2	52356,6	35,4
0,6	0,3	258,5	55519,9	43,6	598,8	53772,8	39,0	1034,8	52427,9	35,6
0,6	0,5	258,2	54149,3	40,0	601,1	51767,4	33,9	1030,1	50902,4	31,6
0,6	0,7	259,0	54452,0	40,8	605,1	53151,3	37,4	1032,1	52526,9	35,8
0,7	0,01	295,9	61739,4	59,6	689,4	59276,0	53,3	1179,3	57183,1	47,9
0,7	0,05	296,7	59716,1	54,4	692,0	56846,7	47,0	1183,6	54953,8	42,1
0,7	0,1	297,2	57521,2	48,7	694,6	55254,1	42,9	1181,4	53394,5	38,1
0,7	0,2	295,4	56126,9	45,1	691,7	53994,7	39,6	1186,7	52339,0	35,3
0,7	0,25	303,7	56088,2	45,0	690,0	53919,3	39,4	1184,7	52377,5	35,4
0,7	0,3	296,0	55570,4	43,7	689,4	53103,3	37,3	1182,0	52380,9	35,4
0,7	0,5	296,6	54128,9	40,0	691,9	52206,7	35,0	1186,2	50805,8	31,4
0,7	0,7	297,9	53511,7	38,4	693,5	51036,5	32,0	1187,2	49257,5	27,4
0,8	0,01	333,9	61642,0	59,4	777,2	58866,4	52,2	1332,8	56628,4	46,4
0,8	0,05	334,9	59374,2	53,5	778,6	56215,1	45,4	1335,8	53927,1	39,4
0,8	0,1	334,4	57941,9	49,8	780,1	54652,5	41,3	1339,4	53181,9	37,5
0,8	0,2	334,4	55726,0	44,1	779,3	53682,4	38,8	1333,5	51925,3	34,3
0,8	0,25	335,9	55979,5	44,8	780,3	53348,7	37,9	1334,8	52025,6	34,5
0,8	0,3	337,7	55388,7	43,2	784,1	52632,7	36,1	1342,1	51775,4	33,9
0,8	0,5	335,2	53862,1	39,3	786,8	52109,4	34,7	1347,2	50352,9	30,2
0,8	0,7	337,0	52897,7	36,8	787,4	50746,8	31,2	1343,3	49321,9	27,5
0,9	0,01	373,7	61311,8	58,5	871,0	58117,1	50,3	1493,9	55932,6	44,6
0,9	0,05	374,5	58282,4	50,7	871,2	55491,9	43,5	1488,6	53887,0	39,3
0,9	0,1	374,1	57382,6	48,4	873,6	54301,5	40,4	1489,6	52500,8	35,8
0,9	0,2	372,8	55756,4	44,2	874,2	53535,2	38,4	1493,1	52105,3	34,7
0,9	0,25	375,4	55321,8	43,1	872,8	53558,6	38,5	1489,1	52091,4	34,7
0,9	0,3	373,3	54461,8	40,8	872,9	52894,8	36,8	1495,4	51925,0	34,3
0,9	0,5	374,4	54095,1	39,9	872,8	52204,3	35,0	1496,2	50917,8	31,7

0,9	0,7	375,1	52396,7	35,5	874,2	50074,0	29,5	1497,8	49033,8	26,8
1	0,01	411,9	61870,8	60,0	961,6	57392,2	48,4	1641,1	54863,2	41,9
1	0,05	423,3	58102,3	50,2	961,2	55308,6	43,0	1646,4	53312,5	37,9
1	0,1	412,0	57398,4	48,4	959,3	53881,0	39,3	1653,7	53194,3	37,5
1	0,2	413,8	56039,5	44,9	961,1	53235,7	37,7	1656,7	51878,1	34,1
1	0,25	412,7	55370,5	43,2	961,6	53592,2	38,6	1645,8	51806,3	34,0
1	0,3	412,6	55194,9	42,7	961,9	53016,1	37,1	1643,0	51899,6	34,2
1	0,5	412,4	54042,3	39,7	962,2	52384,6	35,5	1646,8	50802,4	31,4
1	0,7	413,7	52725,4	36,3	963,3	50670,9	31,0	1651,1	49081,8	26,9

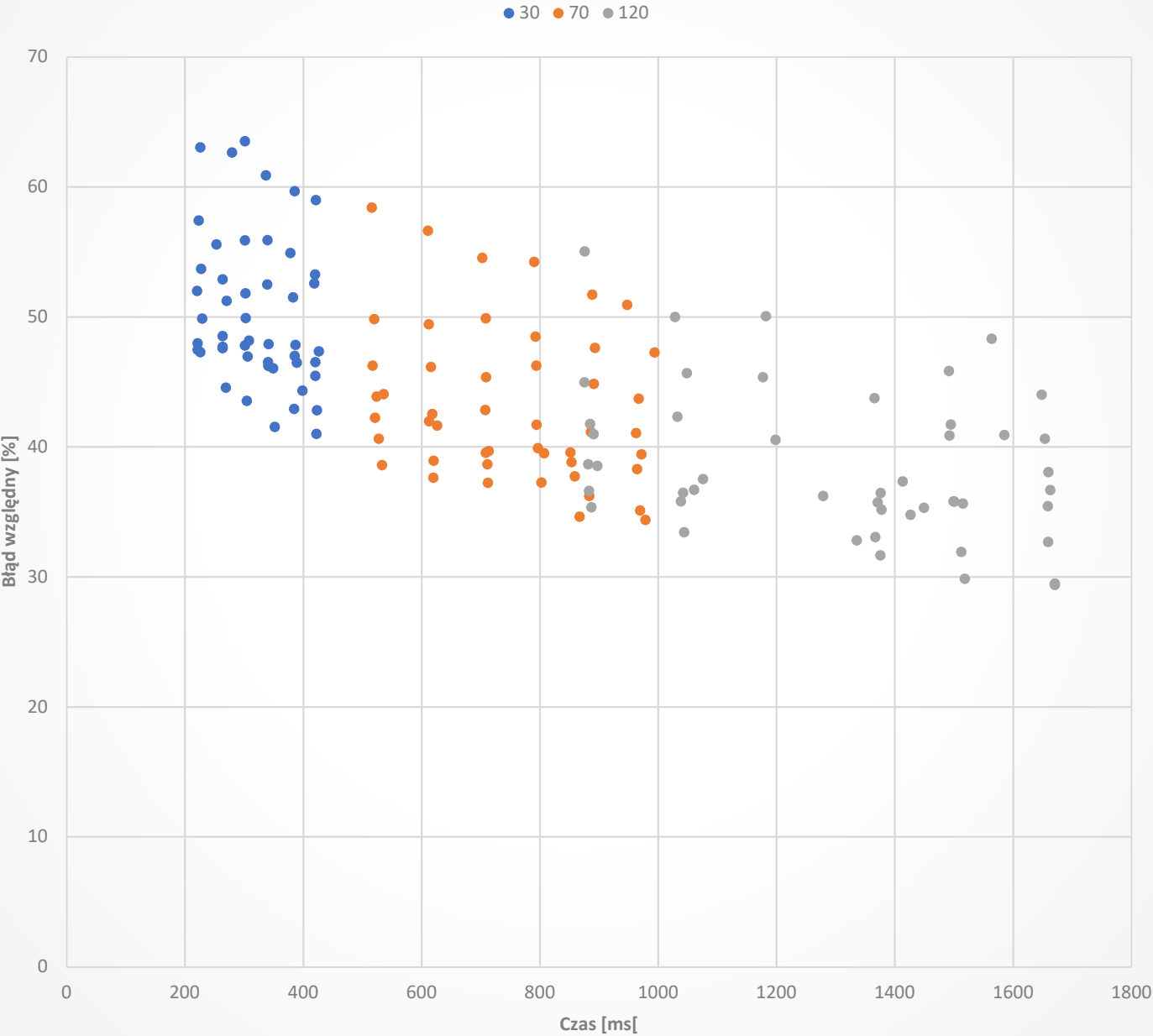
Porównanie wielkości populacji (mutacja REVERSE)
(ft70.atsp)



		RANDOM								
		30			70			120		
		czas	koszt	błąd	czas	koszt	błąd	czas	koszt	błąd
crossover	mutation	[ms]	[1]	[%]	[ms]	[1]	[%]	[ms]	[1]	[%]
0,5	0,01	226,1	63048,1	63,0	515,9	61256,9	58,4	876,1	59953,4	55,0
0,5	0,05	223,4	60874,2	57,4	520,0	57940,1	49,8	875,5	56058,8	45,0
0,5	0,1	220,6	58778,0	52,0	517,3	56559,7	46,3	885,0	54824,8	41,8
0,5	0,2	229,4	57956,2	49,9	524,1	55641,5	43,9	882,0	53625,1	38,7
0,5	0,25	221,6	57028,5	47,5	521,5	55007,6	42,2	897,1	53572,0	38,5
0,5	0,3	221,8	57221,9	48,0	528,0	54379,9	40,6	883,0	52833,2	36,6
0,5	0,5	226,0	56958,4	47,3	533,3	53600,9	38,6	887,1	52348,3	35,4
0,5	0,7	227,4	59435,3	53,7	536,2	55713,3	44,1	890,7	54520,6	41,0
0,6	0,01	279,6	62895,6	62,6	611,0	60575,7	56,6	1028,6	58003,9	50,0
0,6	0,05	253,3	60166,5	55,6	612,2	57790,5	49,4	1048,4	56334,4	45,7
0,6	0,1	263,9	59128,8	52,9	616,1	56519,6	46,1	1032,9	55035,6	42,3
0,6	0,2	263,7	57437,5	48,5	618,2	55121,4	42,5	1042,2	52776,6	36,5
0,6	0,25	264,0	57077,6	47,6	612,9	54902,2	42,0	1075,8	53181,0	37,5
0,6	0,3	263,8	57119,6	47,7	620,7	53728,3	38,9	1038,4	52519,1	35,8
0,6	0,5	269,5	55904,5	44,6	620,2	53223,9	37,6	1044,0	51600,1	33,4
0,6	0,7	270,8	58485,2	51,2	626,2	54776,9	41,6	1060,9	52860,7	36,7
0,7	0,01	301,6	63235,2	63,5	702,7	59765,5	54,5	1181,9	58032,5	50,1
0,7	0,05	301,8	60285,1	55,9	708,5	57968,3	49,9	1177,1	56218,5	45,4
0,7	0,1	302,5	58710,7	51,8	709,1	56217,8	45,4	1198,3	54348,5	40,5
0,7	0,2	302,9	57977,0	49,9	707,9	55235,3	42,8	1413,3	53113,7	37,3
0,7	0,25	305,9	56828,7	46,9	708,9	53968,1	39,5	1377,5	52271,3	35,2
0,7	0,3	301,6	57156,2	47,8	711,3	53622,6	38,7	1278,9	52676,8	36,2
0,7	0,5	304,9	55512,7	43,5	712,4	53070,0	37,2	1335,8	51363,5	32,8
0,7	0,7	308,4	57305,4	48,2	713,5	54016,0	39,7	1426,4	52119,1	34,8
0,8	0,01	337,2	62221,5	60,9	790,7	59643,1	54,2	1563,9	57354,5	48,3
0,8	0,05	339,7	60295,2	55,9	792,7	57422,2	48,5	1365,5	55593,8	43,8
0,8	0,1	339,1	58974,7	52,5	794,3	56556,1	46,2	1585,1	54493,8	40,9
0,8	0,2	341,4	57201,4	47,9	794,4	54802,3	41,7	1376,0	52765,8	36,4
0,8	0,25	340,8	56665,1	46,5	796,9	54100,2	39,9	1449,5	52325,2	35,3
0,8	0,3	341,1	56550,9	46,2	807,4	53948,0	39,5	1371,0	52487,2	35,7
0,8	0,5	352,2	54738,7	41,5	802,6	53080,7	37,3	1375,9	50914,1	31,7
0,8	0,7	349,2	56478,2	46,0	859,0	53261,9	37,7	1367,0	51455,4	33,1
0,9	0,01	385,5	61744,4	59,7	888,8	58666,5	51,7	1491,6	56402,1	45,8
0,9	0,05	378,5	59908,4	54,9	893,0	57083,5	47,6	1494,9	54810,8	41,7
0,9	0,1	382,7	58586,1	51,5	891,4	56017,8	44,8	1492,4	54479,3	40,9
0,9	0,2	386,8	57170,6	47,8	886,4	54587,0	41,2	1500,9	52515,8	35,8
0,9	0,25	385,5	56846,0	47,0	853,5	53686,8	38,8	1499,2	52516,6	35,8
0,9	0,3	389,2	56649,5	46,5	852,0	53975,7	39,6	1515,2	52459,3	35,6
0,9	0,5	384,8	55267,1	42,9	883,7	52678,8	36,2	1512,5	51018,6	31,9
0,9	0,7	398,7	55810,9	44,3	867,3	52061,3	34,6	1518,3	50220,7	29,9
1	0,01	421,4	61481,5	59,0	947,7	58367,1	50,9	1648,3	55695,4	44,0

1	0,05	420,3	59272,7	53,3	993,9	56949,3	47,3	1653,8	54384,6	40,6
1	0,1	418,8	59006,1	52,6	967,1	55577,9	43,7	1659,9	53390,3	38,1
1	0,2	426,6	56983,7	47,3	962,5	54552,6	41,1	1662,8	52858,4	36,7
1	0,25	420,4	56659,5	46,5	971,7	53918,1	39,4	1658,6	52375,8	35,4
1	0,3	420,5	56251,0	45,5	964,6	53479,4	38,3	1659,2	51311,8	32,7
1	0,5	422,5	54524,7	41,0	969,6	52244,9	35,1	1670,4	50070,4	29,5
1	0,7	423,6	55227,8	42,8	978,7	51968,1	34,4	1670,8	50037,5	29,4

Porównanie wielkości populacji (mutacja RANDOM)
(ft70.atsp)



3.3.1.1. *Komentarz*

Zgodnie z intuicją i oczekiwaniami, wraz ze wzrostem populacji rośnie czas, a maleje błąd.

Dane pomiarowe zachowują się w ten sam sposób dla wszystkich przetestowanych instancji.

3.3.2. Wpływ metody mutacji na wyniki (na przykładzie pomiarów dla ftv70.atsp)

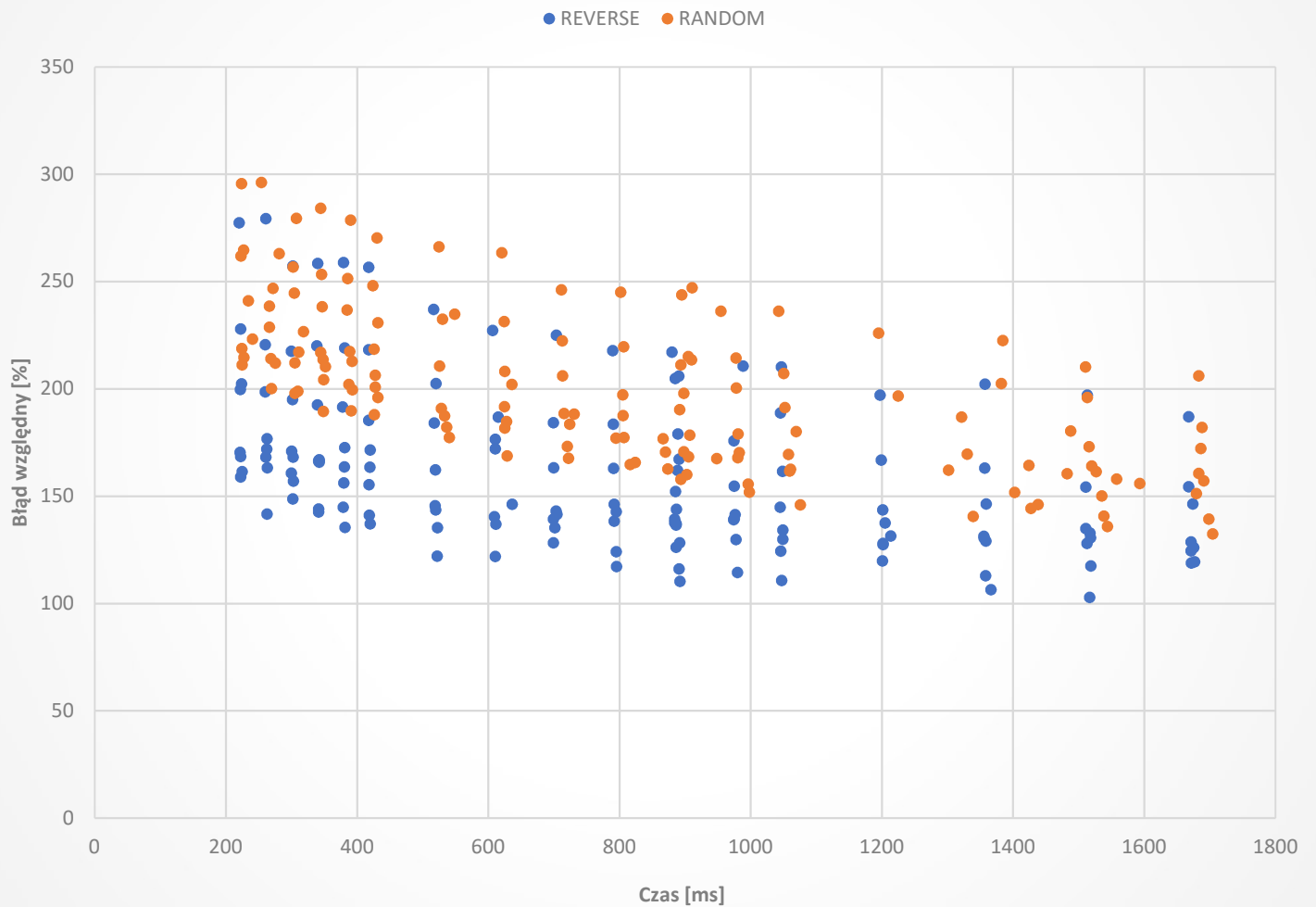
			REVERSE			RANDOM		
			czas	koszt	błąd	czas	koszt	błąd
populacja	crossover	mutation	[ms]	[1]	[%]	[ms]	[1]	[%]
30	0,5	0,01	220,3	7359,2	277,4	224,0	7715,8	295,7
30	0,5	0,05	222,7	6393,7	227,9	223,0	7056,1	261,9
30	0,5	0,1	222,0	5844,9	199,7	234,4	6648,9	241,0
30	0,5	0,2	221,7	5274,1	170,5	224,4	6217,0	218,8
30	0,5	0,25	222,8	5235,9	168,5	240,7	6302,4	223,2
30	0,5	0,3	224,7	5097,1	161,4	224,6	6068,3	211,2
30	0,5	0,5	222,7	5048,6	158,9	227,3	6136,5	214,7
30	0,5	0,7	223,9	5896,5	202,4	227,1	7109,8	264,6
30	0,6	0,01	260,9	7397,1	279,3	254,4	7726,6	296,2
30	0,6	0,05	260,2	6251,6	220,6	281,6	7077,8	263,0
30	0,6	0,1	260,3	5822,6	198,6	266,5	6601,4	238,5
30	0,6	0,2	262,3	5302,5	171,9	266,5	6410,3	228,7
30	0,6	0,25	260,9	5230,8	168,2	268,7	6125,3	214,1
30	0,6	0,3	263,4	5133,1	163,2	275,4	6085,2	212,1
30	0,6	0,5	262,8	4712,4	141,7	269,5	5851,6	200,1
30	0,6	0,7	262,7	5395,8	176,7	271,9	6764,4	246,9
30	0,7	0,01	302,1	6965,1	257,2	307,4	7398,2	279,4
30	0,7	0,05	299,9	6191,8	217,5	302,8	6956,7	256,8
30	0,7	0,1	301,8	5754,0	195,1	304,3	6719,4	244,6
30	0,7	0,2	300,4	5283,5	170,9	311,1	6183,7	217,1
30	0,7	0,25	302,7	5229,7	168,2	305,5	6086,5	212,1
30	0,7	0,3	299,7	5083,4	160,7	305,3	5809,0	197,9
30	0,7	0,5	302,1	4850,5	148,7	310,0	5827,6	198,8
30	0,7	0,7	303,1	5012,8	157,1	318,4	6368,9	226,6
30	0,8	0,01	340,0	6990,6	258,5	344,6	7490,5	284,1
30	0,8	0,05	338,6	6240,4	220,0	345,9	6888,9	253,3
30	0,8	0,1	339,7	5704,1	192,5	346,9	6595,5	238,2
30	0,8	0,2	341,6	5195,9	166,5	344,5	6181,7	217,0
30	0,8	0,25	342,4	5204,8	166,9	348,4	6116,8	213,7
30	0,8	0,3	342,3	5185,2	165,9	349,1	5932,8	204,2
30	0,8	0,5	341,2	4759,6	144,1	348,6	5644,5	189,5
30	0,8	0,7	341,3	4732,3	142,7	351,7	6051,7	210,3
30	0,9	0,01	379,2	6998,6	258,9	390,1	7383,3	278,6
30	0,9	0,05	381,1	6221,4	219,0	385,7	6852,4	251,4
30	0,9	0,1	378,1	5685,3	191,6	385,0	6567,8	236,8
30	0,9	0,2	381,2	5317,4	172,7	389,0	6189,4	217,4
30	0,9	0,25	380,9	5139,9	163,6	392,4	6099,5	212,8

30	0,9	0,3	379,7	4996,7	156,2	387,5	5889,9	202,0
30	0,9	0,5	379,2	4773,5	144,8	391,1	5651,1	189,8
30	0,9	0,7	381,6	4592,5	135,5	392,8	5841,5	199,6
30	1	0,01	418,0	6955,9	256,7	430,3	7222,2	270,4
30	1	0,05	418,0	6205,9	218,3	424,3	6788,4	248,1
30	1	0,1	417,7	5565,4	185,4	431,8	6450,2	230,8
30	1	0,2	420,3	5293,4	171,5	425,8	6211,8	218,6
30	1	0,25	419,5	5138,7	163,5	427,9	5974,4	206,4
30	1	0,3	418,4	4979,1	155,3	427,9	5865,6	200,8
30	1	0,5	418,8	4702,3	141,1	426,5	5616,2	188,0
30	1	0,7	420,0	4624,2	137,1	431,9	5771,1	196,0
70	0,5	0,01	516,8	6570,9	237,0	524,9	7140,8	266,2
70	0,5	0,05	517,8	5540,5	184,1	530,5	6484,2	232,5
70	0,5	0,1	519,6	5114,0	162,3	526,0	6056,1	210,6
70	0,5	0,2	519,2	4788,4	145,6	528,3	5672,6	190,9
70	0,5	0,25	519,8	4749,6	143,6	533,7	5605,0	187,4
70	0,5	0,3	522,7	4588,8	135,3	536,9	5501,1	182,1
70	0,5	0,5	522,4	4330,8	122,1	540,7	5407,5	177,3
70	0,5	0,7	520,3	5898,5	202,5	548,8	6529,9	234,9
70	0,6	0,01	606,6	6380,8	227,2	620,7	7087,4	263,5
70	0,6	0,05	615,2	5592,5	186,8	624,2	6461,4	231,4
70	0,6	0,1	610,9	5305,4	172,1	625,1	6009,5	208,2
70	0,6	0,2	636,3	4802,4	146,3	624,7	5687,4	191,7
70	0,6	0,25	609,4	4687,6	140,4	627,7	5552,4	184,7
70	0,6	0,3	611,7	4620,8	137,0	625,4	5495,3	181,8
70	0,6	0,5	610,9	4327,8	121,9	628,8	5241,8	168,8
70	0,6	0,7	611,0	5391,0	176,5	636,2	5891,4	202,1
70	0,7	0,01	703,7	6337,7	225,0	711,7	6750,7	246,2
70	0,7	0,05	699,5	5541,5	184,2	712,7	6286,1	222,4
70	0,7	0,1	699,9	5132,5	163,2	713,3	5969,4	206,1
70	0,7	0,2	703,3	4740,1	143,1	715,7	5625,6	188,5
70	0,7	0,25	701,5	4589,0	135,3	724,2	5527,8	183,5
70	0,7	0,3	699,5	4667,3	139,3	720,6	5327,4	173,2
70	0,7	0,5	699,5	4450,9	128,2	722,6	5220,1	167,7
70	0,7	0,7	704,8	4711,1	141,6	731,1	5620,6	188,2
70	0,8	0,01	789,9	6197,7	217,8	802,0	6727,3	245,0
70	0,8	0,05	790,9	5529,9	183,6	806,3	6232,7	219,6
70	0,8	0,1	791,1	5126,4	162,9	805,3	5795,3	197,2
70	0,8	0,2	792,0	4801,3	146,2	805,8	5606,5	187,5
70	0,8	0,25	795,4	4734,8	142,8	807,0	5407,5	177,3
70	0,8	0,3	792,2	4649,0	138,4	794,8	5402,0	177,0
70	0,8	0,5	795,0	4370,1	124,1	816,6	5162,5	164,7
70	0,8	0,7	795,7	4236,4	117,2	823,9	5182,1	165,7
70	0,9	0,01	880,1	6185,0	217,2	910,7	6768,8	247,1
70	0,9	0,05	889,3	5440,9	179,0	905,2	6142,3	215,0

70	0,9	0,1	888,7	5107,8	161,9	898,3	5809,7	197,9
70	0,9	0,2	886,9	4755,4	143,9	907,2	5428,4	178,4
70	0,9	0,25	884,2	4666,8	139,3	866,7	5398,2	176,8
70	0,9	0,3	884,4	4635,7	137,7	870,3	5274,5	170,5
70	0,9	0,5	891,9	4451,7	128,3	873,9	5121,8	162,7
70	0,9	0,7	892,5	4101,1	110,3	902,5	5071,8	160,1
70	1	0,01	988,7	6056,3	210,6	954,7	6555,1	236,2
70	1	0,05	974,5	5378,8	175,8	977,5	6130,4	214,4
70	1	0,1	975,0	4964,9	154,6	978,2	5859,1	200,5
70	1	0,2	976,5	4706,3	141,3	980,8	5440,6	179,0
70	1	0,25	975,0	4668,8	139,4	982,7	5271,0	170,3
70	1	0,3	974,2	4661,6	139,1	980,2	5225,7	168,0
70	1	0,5	977,6	4479,9	129,7	996,2	4984,2	155,6
70	1	0,7	980,0	4181,8	114,4	997,9	4912,5	151,9
120	0,5	0,01	890,4	5965,6	205,9	894,8	6704,3	243,8
120	0,5	0,05	890,9	5210,8	167,2	893,9	6068,2	211,2
120	0,5	0,1	885,6	4916,9	152,1	891,8	5661,1	190,3
120	0,5	0,2	886,2	4611,9	136,5	898,2	5278,6	170,7
120	0,5	0,25	886,2	4626,4	137,3	905,4	5232,3	168,3
120	0,5	0,3	886,5	4410,9	126,2	948,3	5217,2	167,5
120	0,5	0,5	891,0	4215,3	116,2	893,9	5028,0	157,8
120	0,5	0,7	885,2	5943,8	204,8	909,8	6114,2	213,5
120	0,6	0,01	1046,8	6048,7	210,2	1042,8	6556,7	236,2
120	0,6	0,05	1048,9	5099,9	161,5	1050,5	5991,0	207,2
120	0,6	0,1	1045,0	4773,4	144,8	1052,2	5679,8	191,3
120	0,6	0,2	1049,2	4567,9	134,2	1057,8	5253,0	169,4
120	0,6	0,25	1045,8	4375,5	124,4	1060,9	5119,1	162,5
120	0,6	0,3	1049,0	4483,4	129,9	1059,4	5102,0	161,6
120	0,6	0,5	1047,3	4109,5	110,7	1076,0	4794,8	145,9
120	0,6	0,7	1045,4	5632,4	188,8	1069,7	5460,9	180,0
120	0,7	0,01	1197,4	5792,0	197,0	1195,1	6355,3	225,9
120	0,7	0,05	1199,3	5202,6	166,8	1225,1	5784,8	196,7
120	0,7	0,1	1201,6	4750,7	143,6	1321,5	5594,6	186,9
120	0,7	0,2	1213,7	4512,1	131,4	1330,2	5257,1	169,6
120	0,7	0,25	1202,0	4433,7	127,4	1301,9	5111,8	162,1
120	0,7	0,3	1201,8	4444,9	127,9	1557,9	5029,4	157,9
120	0,7	0,5	1201,1	4287,3	119,9	1427,6	4765,0	144,4
120	0,7	0,7	1204,9	4632,3	137,6	1593,0	4990,7	155,9
120	0,8	0,01	1357,5	5892,9	202,2	1384,5	6290,2	222,6
120	0,8	0,05	1357,0	5131,6	163,2	1382,2	5898,7	202,5
120	0,8	0,1	1359,2	4803,4	146,3	1488,1	5466,4	180,3
120	0,8	0,2	1355,6	4510,5	131,3	1482,3	5078,3	160,4
120	0,8	0,25	1358,7	4468,3	129,1	1424,4	5154,7	164,3
120	0,8	0,3	1355,9	4493,5	130,4	1402,6	4908,4	151,7
120	0,8	0,5	1358,4	4152,0	112,9	1339,2	4691,4	140,6

120	0,8	0,7	1366,6	4026,5	106,5	1438,5	4798,5	146,1
120	0,9	0,01	1513,4	5794,3	197,1	1510,3	6050,5	210,3
120	0,9	0,05	1510,8	4957,1	154,2	1513,1	5771,0	195,9
120	0,9	0,1	1511,0	4581,5	134,9	1515,9	5323,2	173,0
120	0,9	0,2	1512,8	4446,5	128,0	1520,2	5149,2	164,1
120	0,9	0,25	1517,1	4540,4	132,8	1526,6	5097,3	161,4
120	0,9	0,3	1518,1	4497,0	130,6	1535,4	4876,1	150,1
120	0,9	0,5	1518,8	4240,2	117,4	1538,6	4693,2	140,7
120	0,9	0,7	1517,1	3956,4	102,9	1544,0	4598,8	135,8
120	1	0,01	1667,7	5597,7	187,1	1683,3	5969,4	206,1
120	1	0,05	1668,0	4959,2	154,3	1688,1	5499,8	182,0
120	1	0,1	1674,0	4804,4	146,4	1686,4	5309,4	172,3
120	1	0,2	1671,4	4377,1	124,5	1683,2	5081,2	160,6
120	1	0,25	1671,4	4458,7	128,6	1691,0	5013,4	157,1
120	1	0,3	1675,4	4407,8	126,0	1679,8	4897,8	151,2
120	1	0,5	1672,1	4269,2	118,9	1698,6	4667,9	139,4
120	1	0,7	1676,7	4278,3	119,4	1704,5	4531,5	132,4

Porównanie metod mutacji w GA (ftv70.atsp)



3.3.2.1. Komentarz

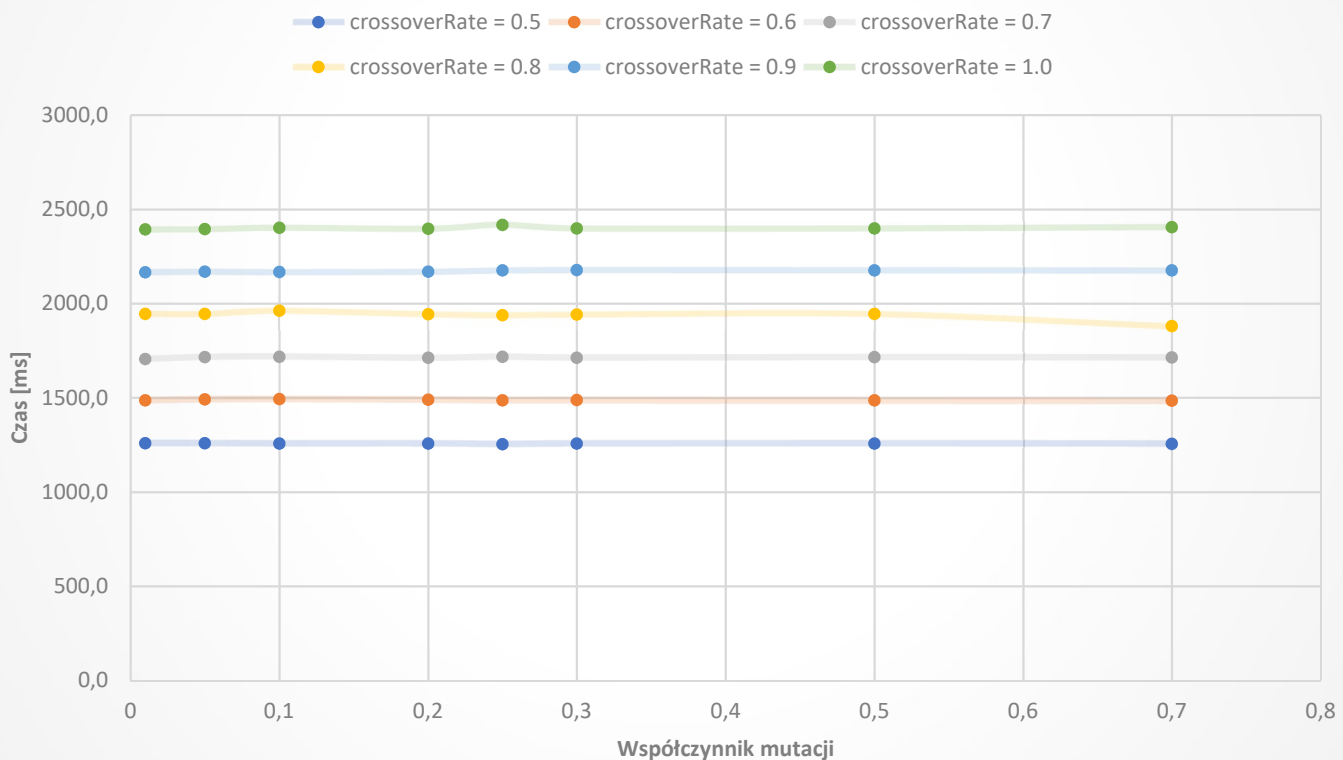
Jak widać, sposób mutacji nie ma dużego wpływu na czas wykonania algorytmu, ma jednak zauważalny wpływ na błąd względny: mutacja typu REVERSE daje zauważalnie lepsze wyniki (z mniejszym błędem) niż mutacja RANDOM. Da się to łatwo uzasadnić: odwrócenie podciągu w permutacji w przypadku TSP może działać jak rozplątanie skrzyżowanych dróg, dając realną szansę na poprawienie wyniku, podczas gdy zmiana kolejności w sposób losowy daje na to szansę, jednak dużo mniejsze.

3.3.3. Wpływ współczynnika mutacji na uzyskane wyniki (kro124.atsp)

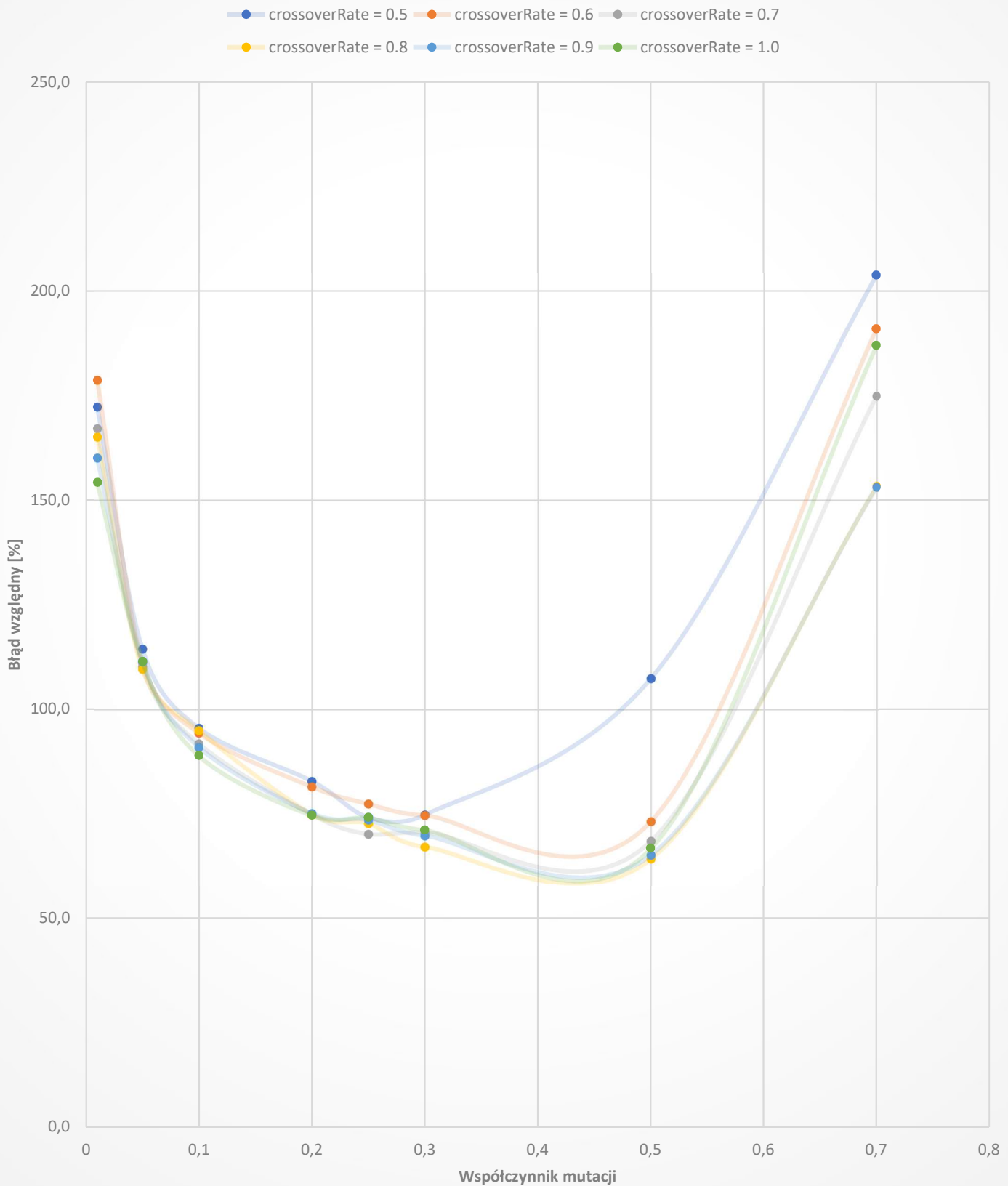
3.3.3.1. Dla mutacji REVERSE

crossover:	0,5		0,6		0,7		0,8		0,9		1	
	czas	błąd	czas	błąd	czas	błąd	czas	błąd	czas	błąd	czas	błąd
mutation	[ms]	[%]	[ms]	[%]	[ms]	[%]	[ms]	[%]	[ms]	[%]	[ms]	[%]
0,01	1258,9	172,3	1487,9	178,7	1706,6	167,1	1946,3	165,1	2167,2	160,1	2393,6	154,3
0,05	1259,0	114,4	1492,6	111,1	1716,8	110,2	1945,5	109,6	2169,8	111,4	2394,9	111,4
0,1	1257,4	95,5	1494,3	94,3	1718,9	91,8	1962,0	95,0	2167,3	91,0	2402,6	88,9
0,2	1257,4	82,9	1491,1	81,5	1712,4	74,9	1944,4	75,0	2169,8	75,1	2397,5	74,6
0,25	1254,7	74,2	1487,9	77,4	1718,1	70,2	1938,7	72,8	2176,2	73,6	2418,5	74,1
0,3	1257,0	74,8	1488,3	74,7	1713,4	70,6	1942,2	67,1	2178,1	69,8	2399,1	71,1
0,5	1258,1	107,4	1486,4	73,2	1715,7	68,5	1945,8	64,3	2177,4	65,2	2399,2	66,8
0,7	1256,7	203,9	1485,5	191,0	1714,1	174,9	1880,8	153,4	2175,8	153,2	2406,1	187,1

Zależność czasu od współczynnika mutacji (mutacja REVERSE) (kro124p) dla różnych wartości współczynnika krzyżowania

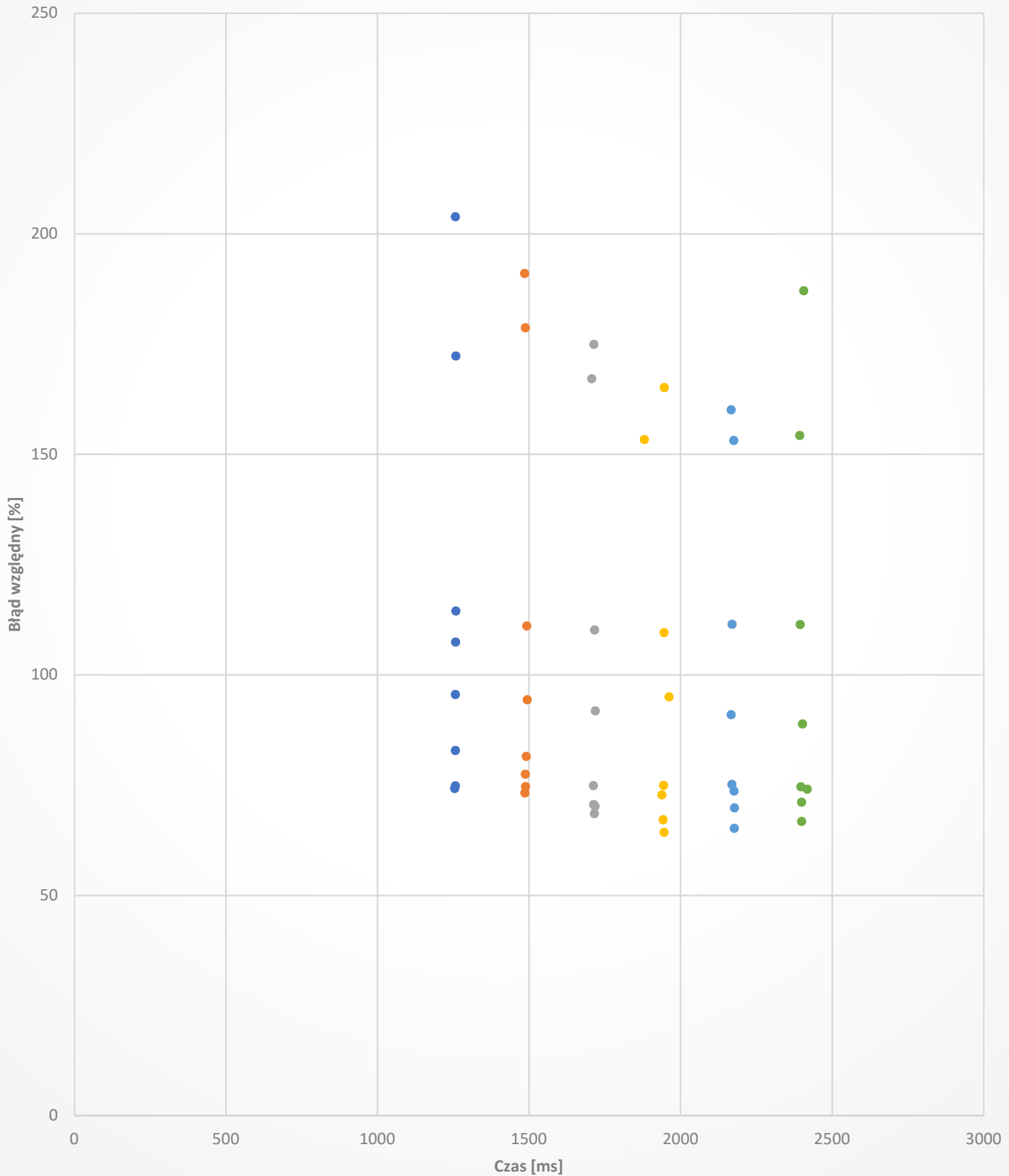


Zależność błędu względnego od współczynnika mutacji (mutacja REVERSE) dla różnych wartości współczynnika krzyżowania (kro124p)



Zależność dla różnych wartości współczynnika krzyżowania (mutacja REVERSE) (kro124p)

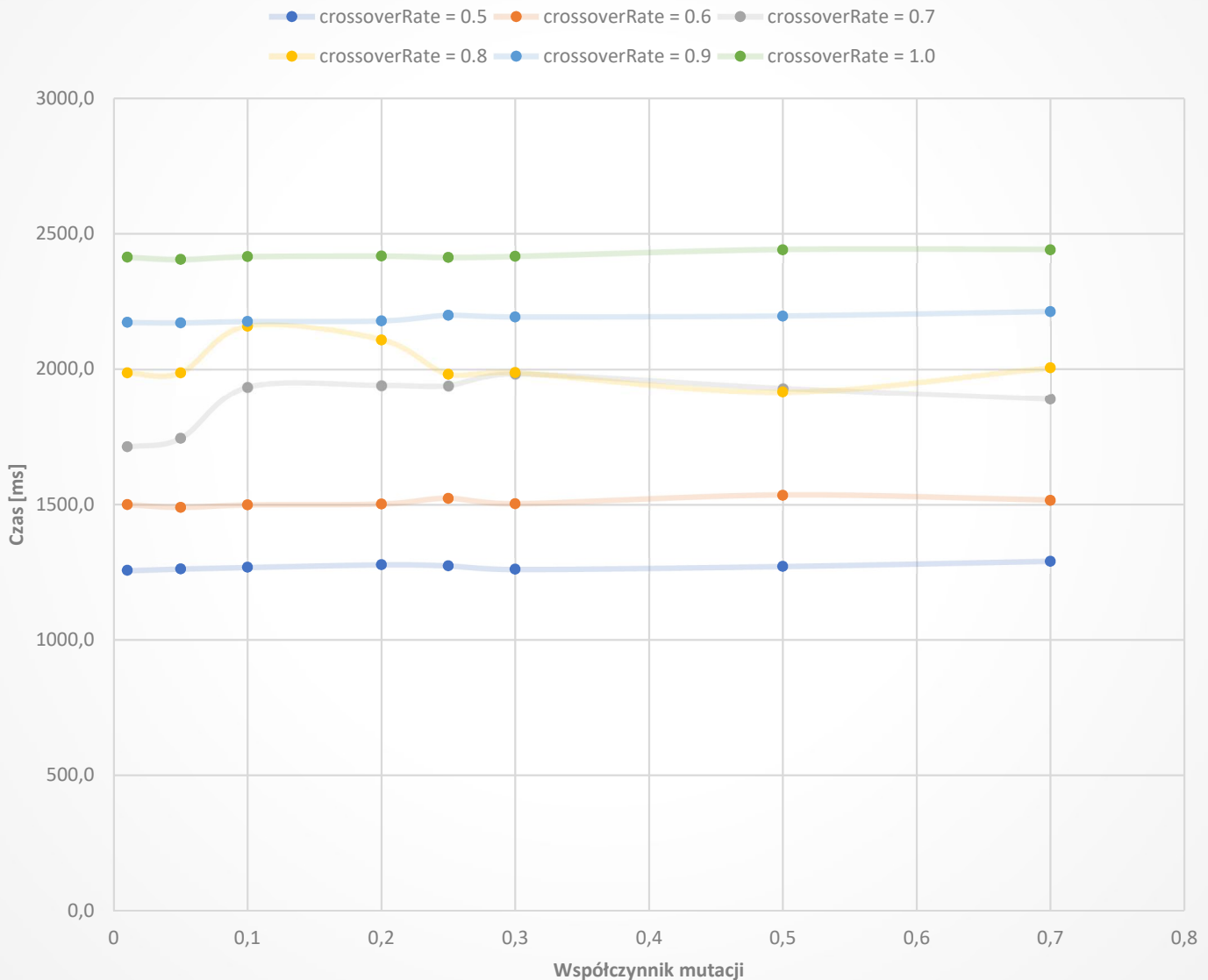
● crossoverRate = 0.5 ● crossoverRate = 0.6 ● crossoverRate = 0.7
● crossoverRate = 0.8 ● crossoverRate = 0.9 ● crossoverRate = 1.0



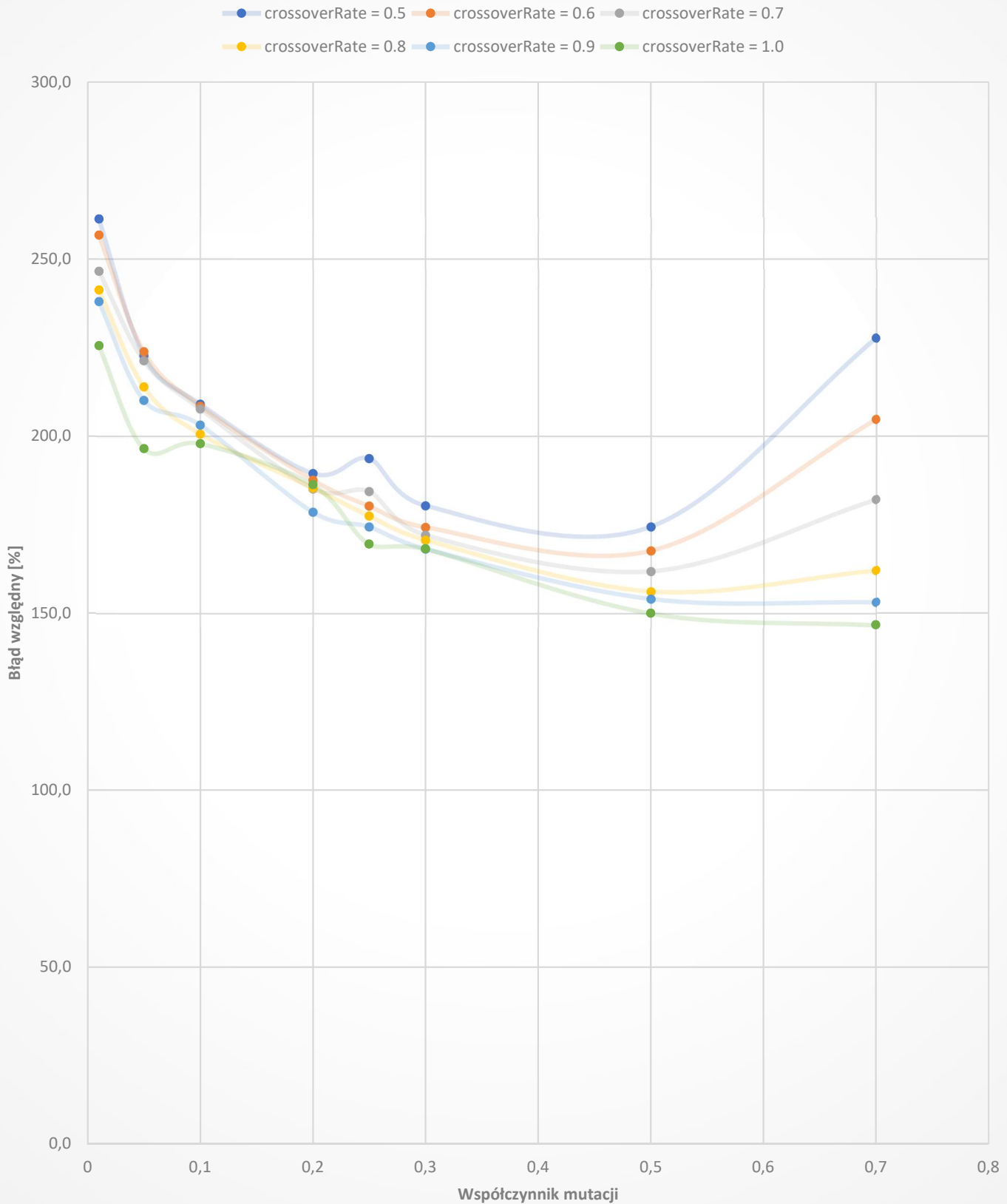
3.3.3.2. Dla mutacji RANDOM

crossover:	0,5		0,6		0,7		0,8		0,9		1	
	czas	błąd	czas	błąd	czas	błąd	czas	błąd	czas	błąd	czas	błąd
mutation	[ms]	[%]	[ms]	[%]	[ms]	[%]	[ms]	[%]	[ms]	[%]	[ms]	[%]
0,01	1256,5	261,3	1499,3	256,8	1713,3	246,6	1986,0	241,3	2172,6	238,0	2413,7	225,5
0,05	1262,4	222,7	1489,8	223,8	1745,1	221,3	1986,7	213,9	2171,5	210,1	2405,7	196,4
0,1	1267,9	209,0	1498,3	208,4	1934,1	207,7	2158,4	200,6	2176,0	203,1	2415,6	197,9
0,2	1277,3	189,5	1501,7	187,6	1941,0	185,2	2108,0	185,4	2178,4	178,6	2417,6	186,3
0,25	1273,8	193,7	1522,5	180,3	1939,9	184,4	1981,2	177,5	2198,9	174,5	2412,9	169,5
0,3	1260,8	180,4	1502,7	174,3	1982,9	172,1	1987,3	170,7	2192,6	168,2	2416,4	168,1
0,5	1271,4	174,5	1534,1	167,7	1929,7	161,9	1915,8	156,2	2196,5	154,1	2440,6	150,0
0,7	1290,1	227,6	1515,8	204,7	1889,9	182,1	2004,6	162,1	2212,4	153,2	2440,8	146,7

Zależność czasu od współczynnika mutacji (mutacja RANDOM) dla różnych wartości współczynnika krzyżowania (kro124p)

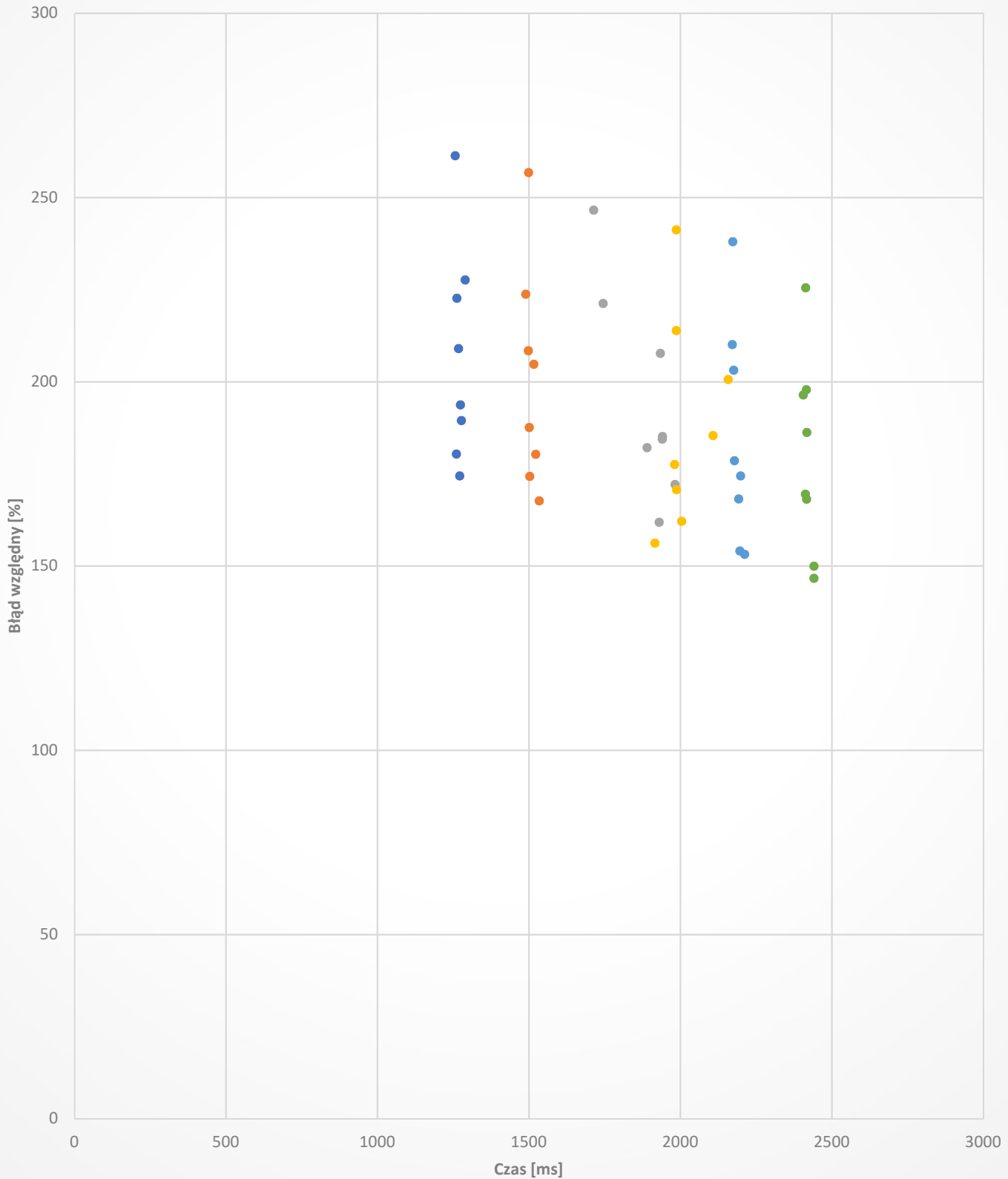


Zależność błędu względnego od współczynnika mutacji (mutacja RANDOM) dla różnych wartości współczynnika krzyżowania (kro124p)



Zależność dla różnych wartości współczynnika krzyżowania (mutacja RANDOM) (kro124p)

● crossoverRate = 0.5 ● crossoverRate = 0.6 ● crossoverRate = 0.7
● crossoverRate = 0.8 ● crossoverRate = 0.9 ● crossoverRate = 1.0



3.3.3.3. *Komentarz*

Z danych wynika, że wartość współczynnika mutacji nie ma realnego wpływu na czas wykonania algorytmu – co oznacza, że koszt wykonania mutacji jest niewielki, praktycznie żaden w zestawieniu z całkowitym czasem wykonania algorytmu.

Jednak wpływ wartości tego parametru na jakość uzyskanych rozwiązań jest bardzo łatwo zauważalny – zależnie od tego parametru błąd waha się od około 60% do nawet 270%. Najlepsze wyniki uzyskano dla wartości tego parametru pomiędzy 0.3 a 0.6 – w ogólności wartości większe i mniejsze (przy końcach zakresu) dawały wyniki najgorsze pod względem jakości.

Dane pomiarowe zachowywały się w taki lub bardzo zbliżony sposób dla wszystkich testowanych rozmiarów instancji.

3.3.4. Wpływ współczynnika krzyżowania na uzyskane wyniki (kro124.atsp)

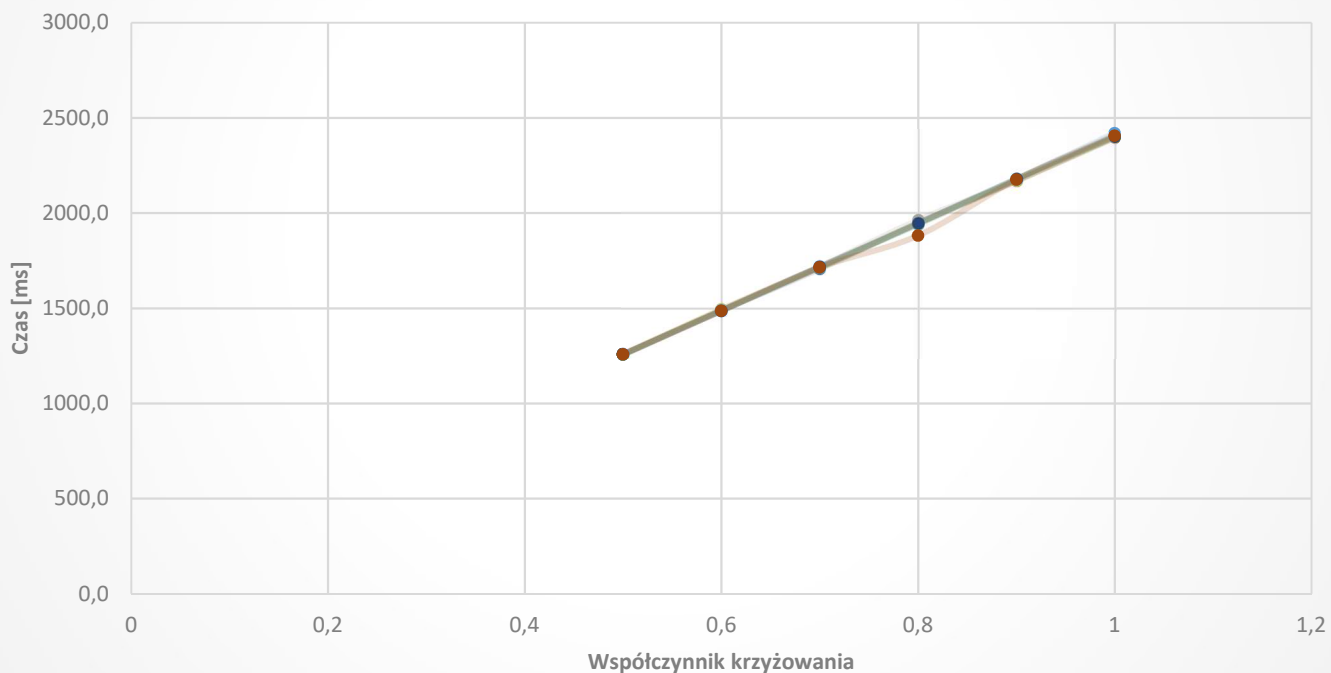
3.3.4.1. Mutacja REVERSE

mutation	0,01		0,05		0,1		0,2	
	czas	błąd	czas	błąd	czas	błąd	czas	błąd
crossover	[ms]	[%]	[ms]	[%]	[ms]	[%]	[ms]	[%]
0,5	1258,9	172,3	1259,0	114,4	1257,4	95,5	1257,4	82,9
0,6	1487,9	178,7	1492,6	111,1	1494,3	94,3	1491,1	81,5
0,7	1706,6	167,1	1716,8	110,2	1718,9	91,8	1712,4	74,9
0,8	1946,3	165,1	1945,5	109,6	1962,0	95,0	1944,4	75,0
0,9	2167,2	160,1	2169,8	111,4	2167,3	91,0	2169,8	75,1
1	2393,6	154,3	2394,9	111,4	2402,6	88,9	2397,5	74,6

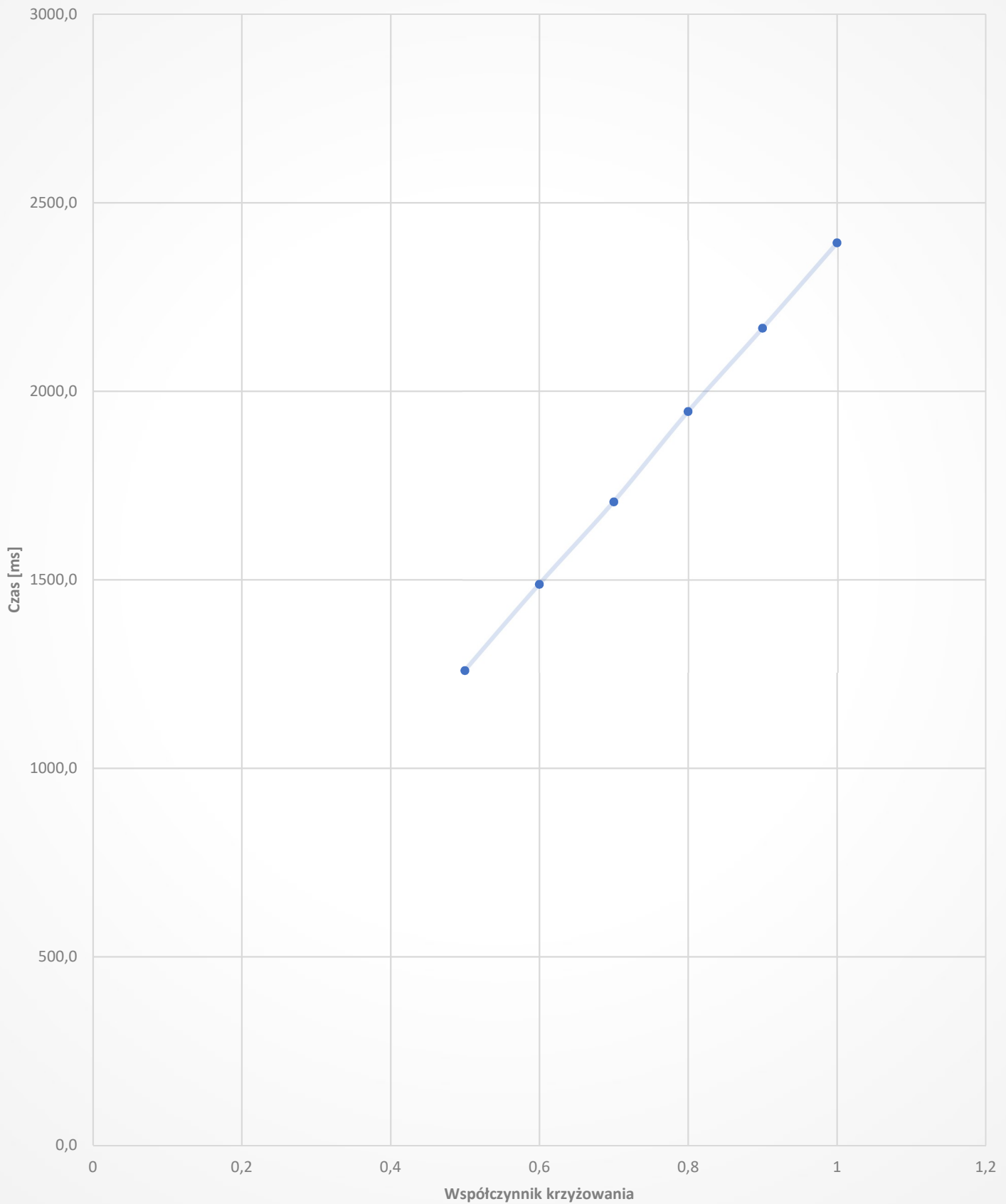
mutation	0,25		0,3		0,5		0,7	
	czas	błąd	czas	błąd	czas	błąd	czas	błąd
crossover	[ms]	[%]	[ms]	[%]	[ms]	[%]	[ms]	[%]
0,5	1254,7	74,2	1257,0	74,8	1258,1	107,4	1256,7	203,9
0,6	1487,9	77,4	1488,3	74,7	1486,4	73,2	1485,5	191,0
0,7	1718,1	70,2	1713,4	70,6	1715,7	68,5	1714,1	174,9
0,8	1938,7	72,8	1942,2	67,1	1945,8	64,3	1880,8	153,4
0,9	2176,2	73,6	2178,1	69,8	2177,4	65,2	2175,8	153,2
1	2418,5	74,1	2399,1	71,1	2399,2	66,8	2406,1	187,1

Zależność dla różnych wartości współczynnika mutacji
(mutacja REVERSE) (kro124p)

● mutationRate = 0.01 ● mutationRate = 0.05 ● mutationRate = 0.1 ● mutationRate = 0.2
 ● mutationRate = 0.25 ● mutationRate = 0.3 ● mutationRate = 0.5 ● mutationRate = 0.7

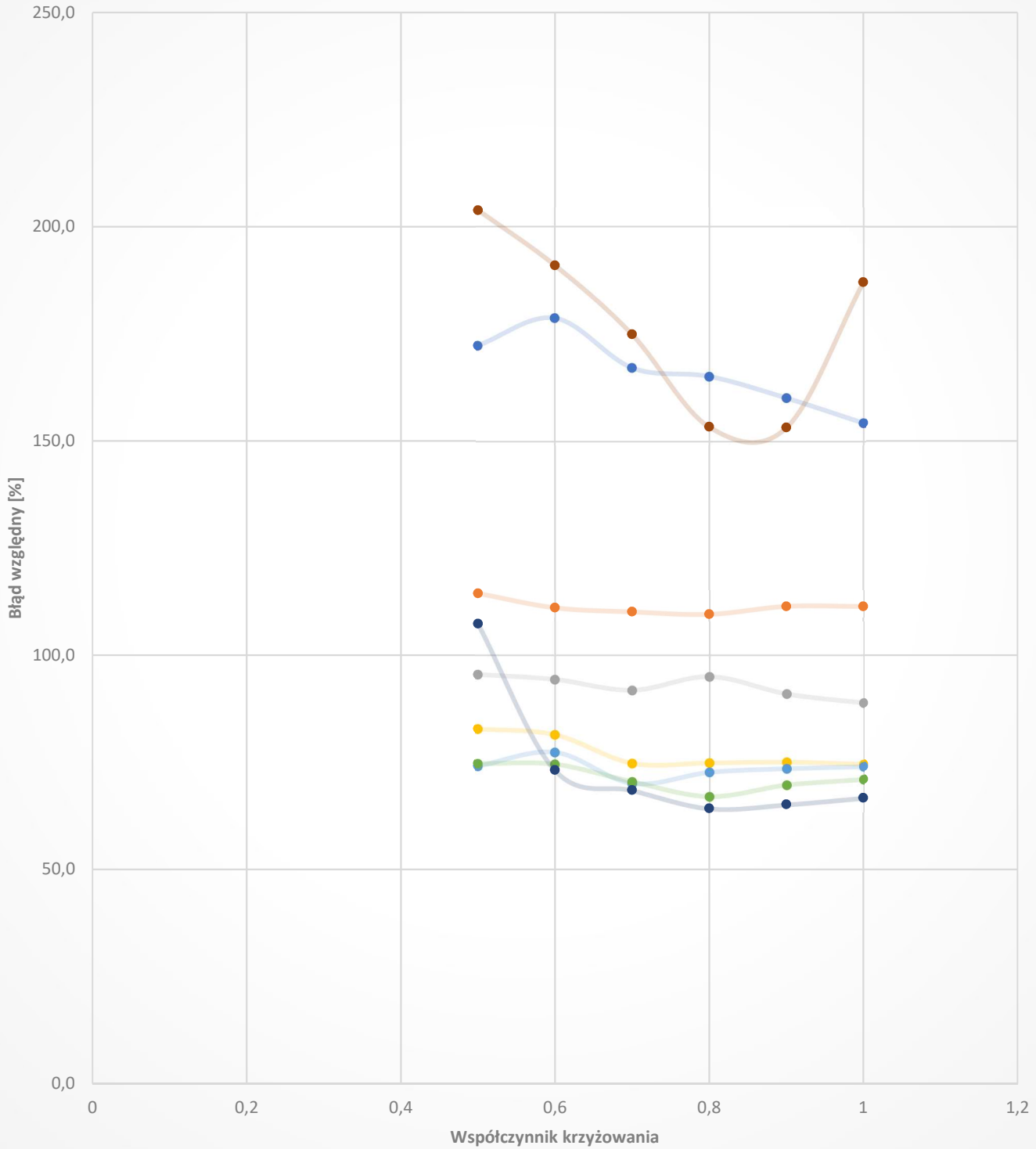


Zależność dla współczynnika mutacji równego 0.01 (mutacja REVERSE) (kro124p)



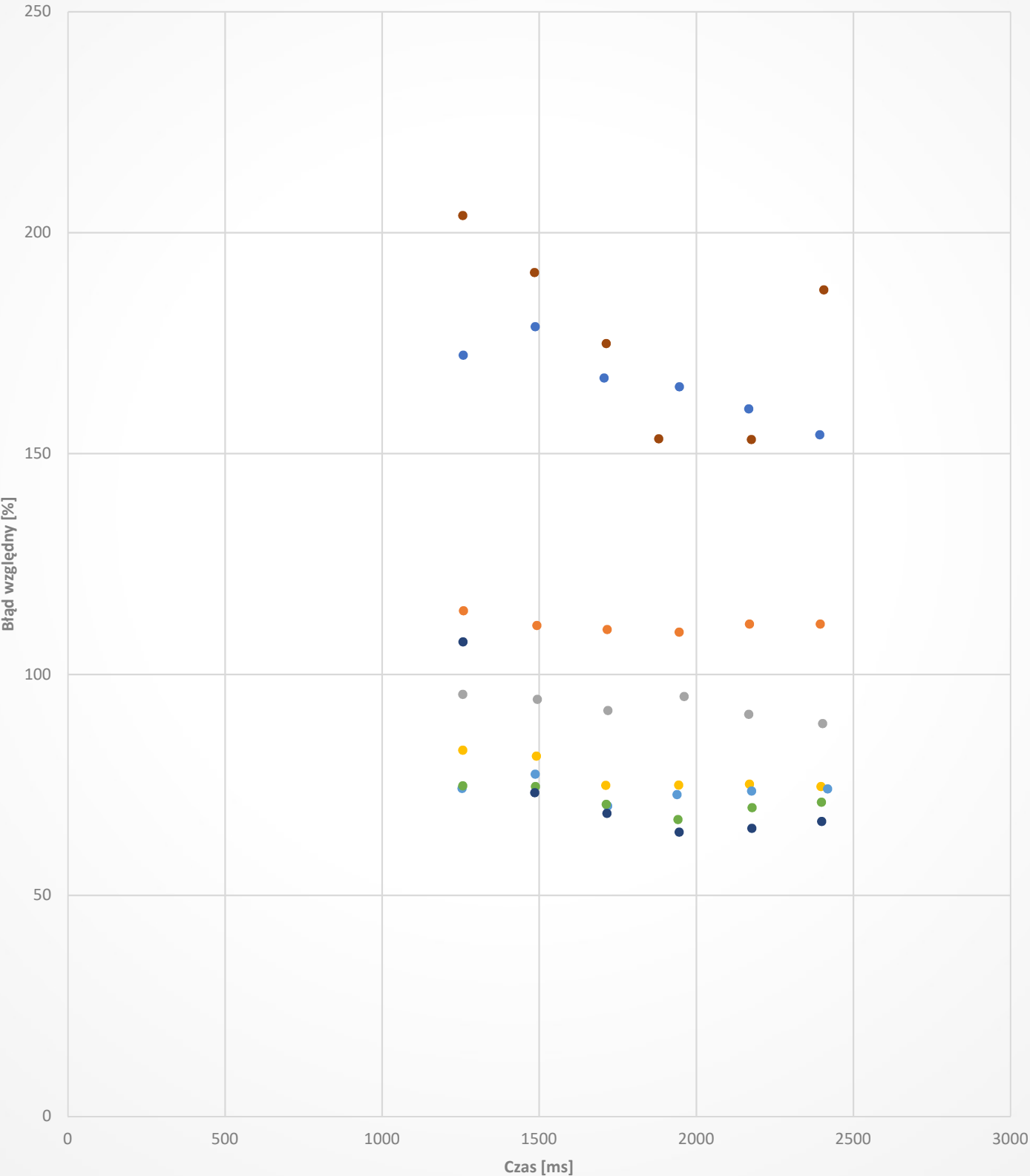
Zależność dla różnych wartości współczynnika mutacji (mutacja REVERSE) (kro124p)

mutationRate = 0.01 mutationRate = 0.05 mutationRate = 0.1 mutationRate = 0.2
 mutationRate = 0.25 mutationRate = 0.3 mutationRate = 0.5 mutationRate = 0.7



Zależność dla różnych wartości współczynnika mutacji (mutacja REVERSE) (kro124p)

mutationRate = 0.01 mutationRate = 0.05 mutationRate = 0.1 mutationRate = 0.2
mutationRate = 0.25 mutationRate = 0.3 mutationRate = 0.5 mutationRate = 0.7

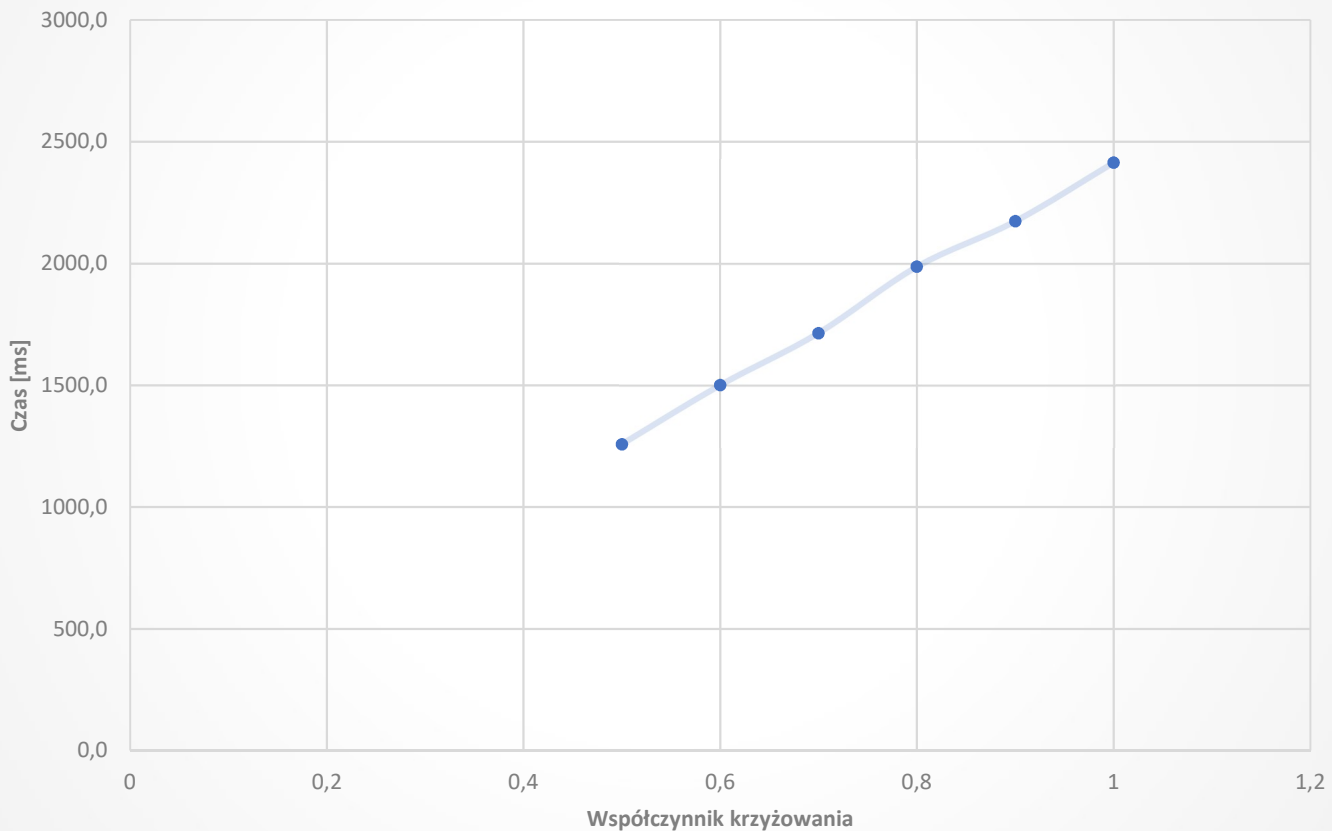


3.3.4.2. Mutacja RANDOM

mutation	0,01		0,05		0,1		0,2	
	czas	błąd	czas	błąd	czas	błąd	czas	błąd
crossover	[ms]	[%]	[ms]	[%]	[ms]	[%]	[ms]	[%]
0,5	1256,5	261,3	1262,4	222,7	1267,9	209,0	1277,3	189,5
0,6	1499,3	256,8	1489,8	223,8	1498,3	208,4	1501,7	187,6
0,7	1713,3	246,6	1745,1	221,3	1934,1	207,7	1941,0	185,2
0,8	1986,0	241,3	1986,7	213,9	2158,4	200,6	2108,0	185,4
0,9	2172,6	238,0	2171,5	210,1	2176,0	203,1	2178,4	178,6
1	2413,7	225,5	2405,7	196,4	2415,6	197,9	2417,6	186,3

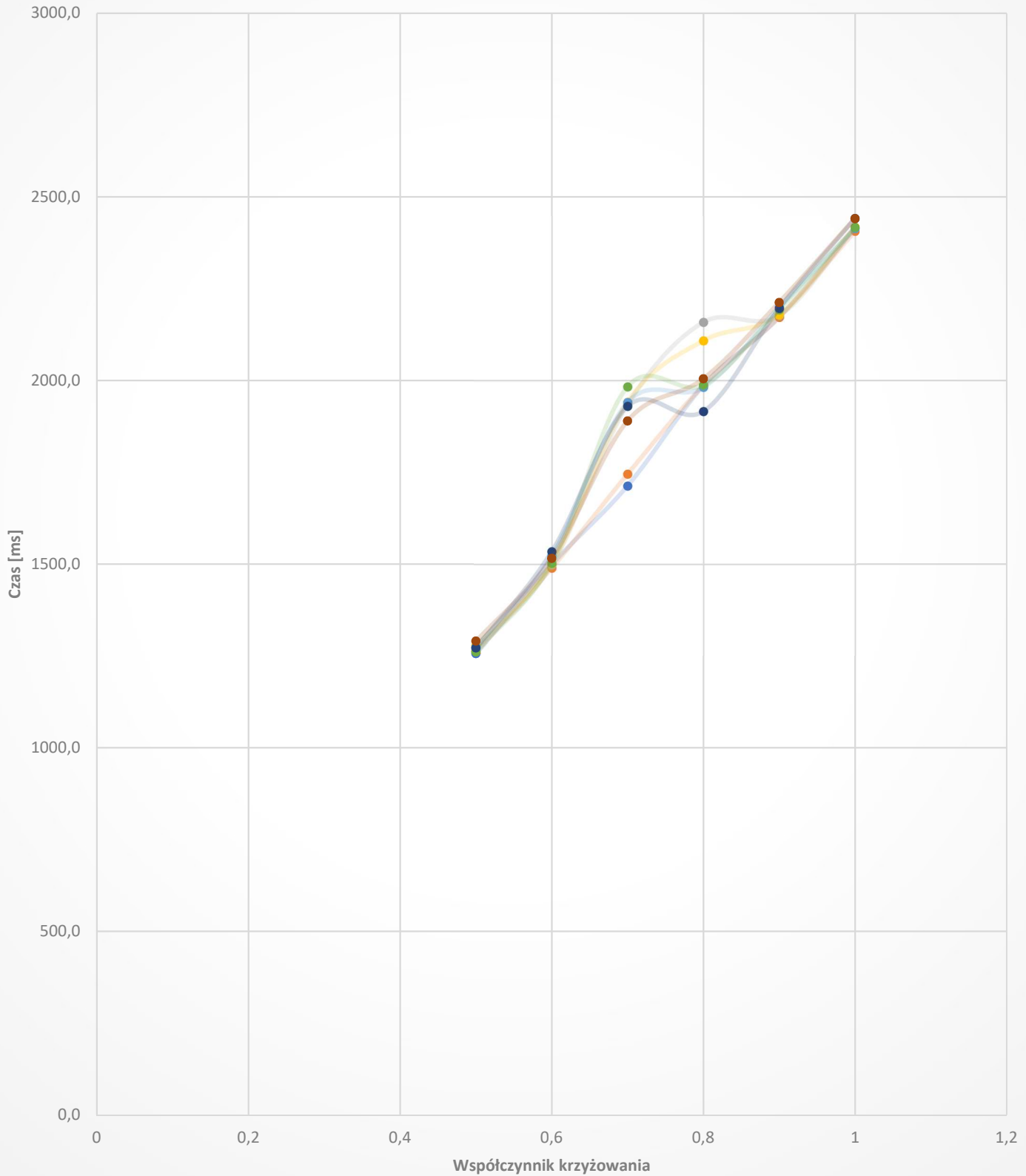
mutation	0,25		0,3		0,5		0,7	
	czas	błąd	czas	błąd	czas	błąd	czas	błąd
crossover	[ms]	[%]	[ms]	[%]	[ms]	[%]	[ms]	[%]
0,5	1273,8	193,7	1260,8	180,4	1271,4	174,5	1290,1	227,6
0,6	1522,5	180,3	1502,7	174,3	1534,1	167,7	1515,8	204,7
0,7	1939,9	184,4	1982,9	172,1	1929,7	161,9	1889,9	182,1
0,8	1981,2	177,5	1987,3	170,7	1915,8	156,2	2004,6	162,1
0,9	2198,9	174,5	2192,6	168,2	2196,5	154,1	2212,4	153,2
1	2412,9	169,5	2416,4	168,1	2440,6	150,0	2440,8	146,7

Zależność dla współczynnika mutacji równego 0.01
(mutacja RANDOM) (kro124p)

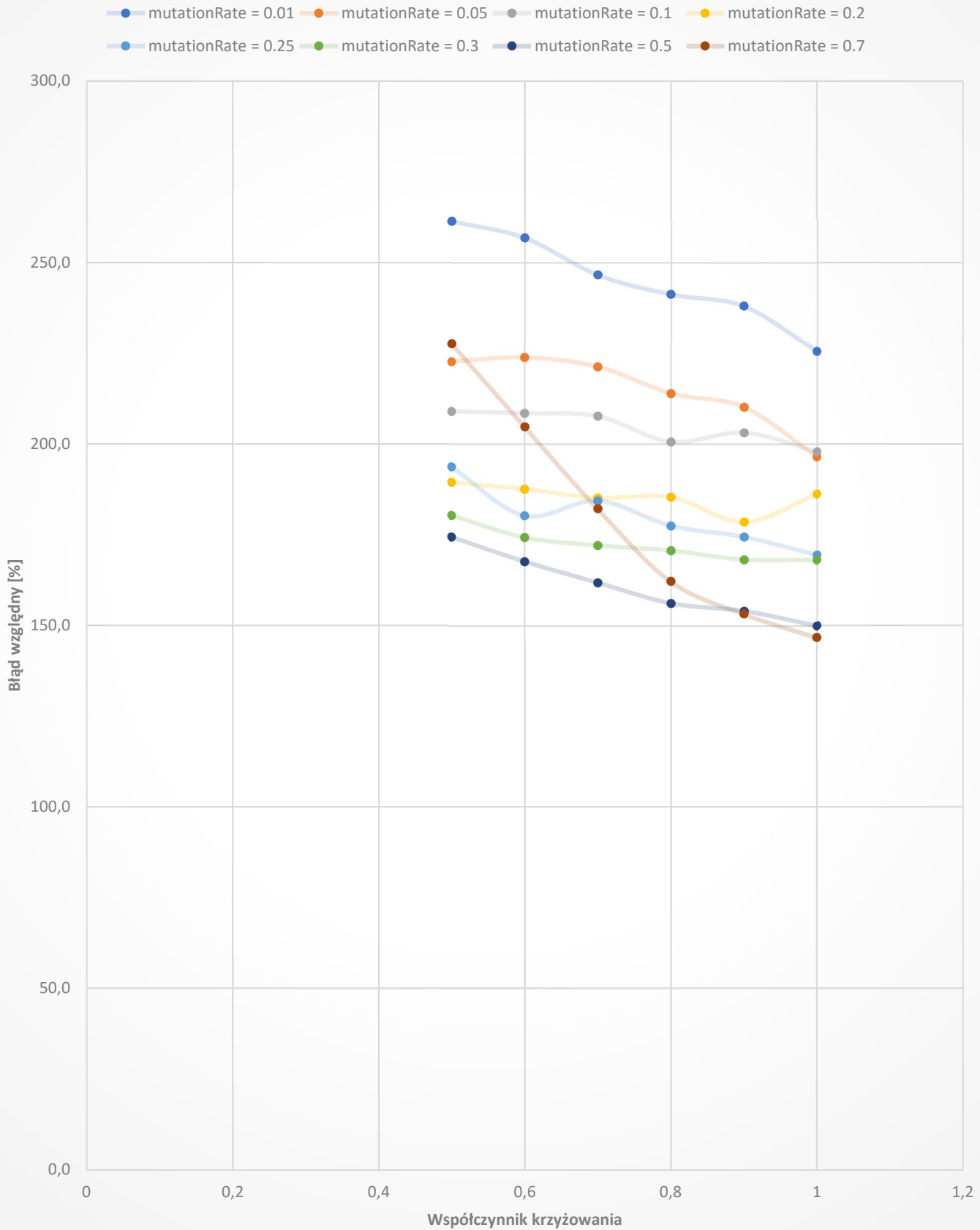


Zależność dla różnych wartości współczynnika mutacji (mutacja RANDOM) (kro124p)

mutationRate = 0.01 mutationRate = 0.05 mutationRate = 0.1 mutationRate = 0.2
mutationRate = 0.25 mutationRate = 0.3 mutationRate = 0.5 mutationRate = 0.7

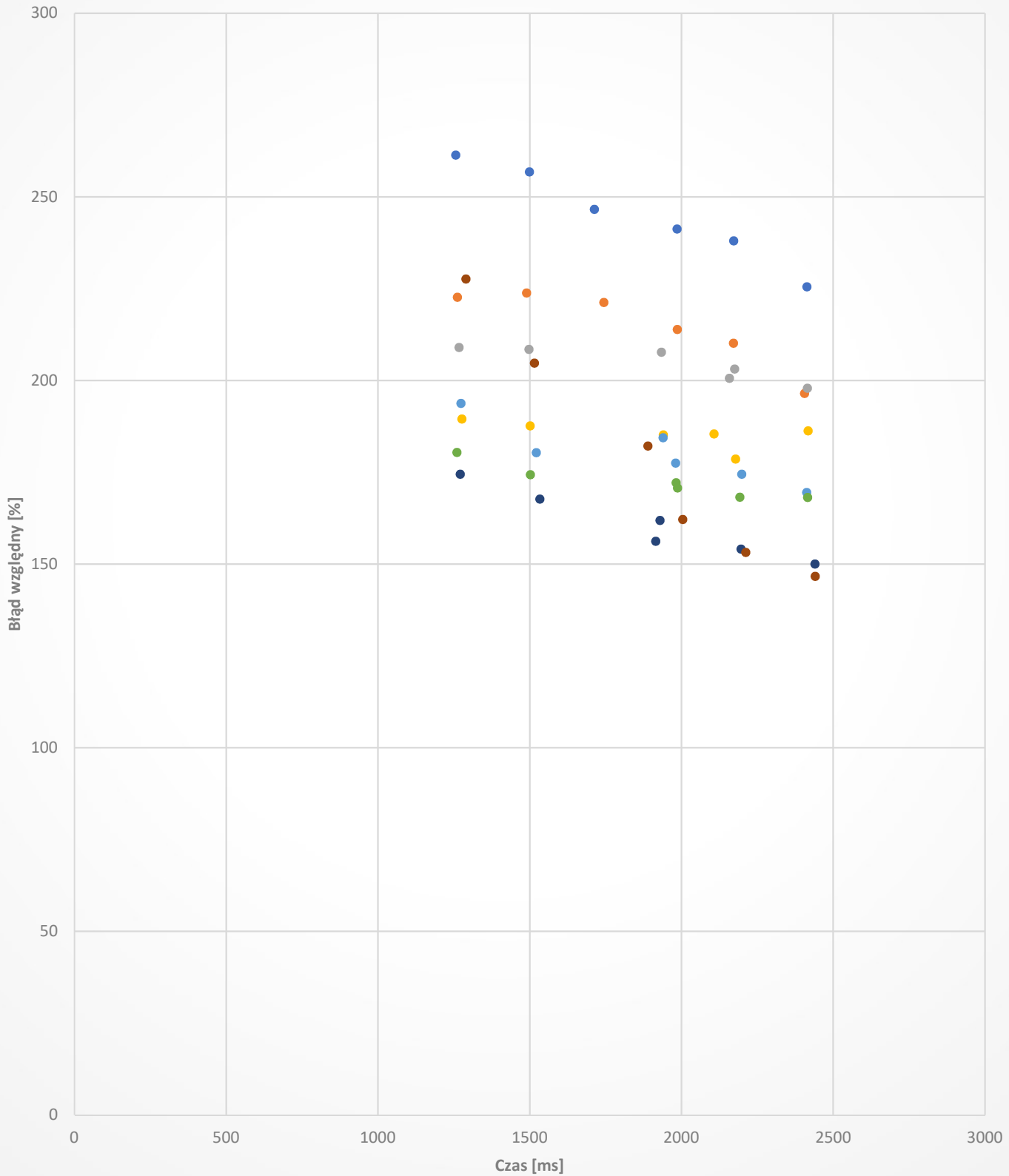


Zależność dla różnych wartości współczynnika mutacji (mutacja RANDOM) (kro124p)



Zależność dla różnych wartości współczynnika mutacji (mutacja RANDOM) (kro124p)

● mutationRate = 0.01 ● mutationRate = 0.05 ● mutationRate = 0.1 ● mutationRate = 0.2
● mutationRate = 0.25 ● mutationRate = 0.3 ● mutationRate = 0.5 ● mutationRate = 0.7



3.3.4.3. *Komentarz*

Z przedstawionych danych wynika, że czas wykonania algorytmu zależy liniowo od współczynnika krzyżowania. Sugeruje to, że krzyżowanie jest w przedstawionej implementacji operacją najbardziej kosztowną i odpowiada za większą część czasu wykonania.

Wpływ na jakość zwracanych rozwiązań zależy od zastosowanego operatora mutacji. Dla mutacji RANDOM można bezpiecznie stwierdzić, że jakość zwracanych rozwiązań rośnie wraz ze wzrostem współczynnika krzyżowania. Dla mutacji RANDOM wzrost jakości rozwiązań nie jest tak ewidentny, a dla pewnych wartości współczynnika mutacji najmniejszy błąd uzyskany został dla współczynnika krzyżowania o wartości 0.8. Mimo to, dla sensownych wartości współczynnika mutacji (pomiędzy 0 a 0.4) błąd maleje ze wzrostem współczynnika krzyżowania.

Wykres zależności błędu od czasu pokazuje, że ze wzrostem czasu maleje błąd, co zgadza się z intuicją.

3.3.5. Zestawienie wszystkich algorytmów (br17.atasp)

Ze względu na dużą objętość danych, najpierw zostaną przedstawione dane w formie tabelarycznej dla każdego przypadku, a następnie zostanie przedstawiona zbiorcza wizualizacja na wykresach.

3.3.5.1. Algorytm genetyczny – mutacja REVERSE

Czas	Populacja	Wsp. Krzyżowania	Wsp. Mutacji	Koszt	Błąd względny
[ms]	[1]	[-]	[-]	[1]	[%]
67,9	30	0,5	0,01	46,8	20,0
68,2	30	0,5	0,05	39,0	0,0
68,5	30	0,5	0,1	39,0	0,0
68,5	30	0,5	0,2	39,0	0,0
68,8	30	0,5	0,25	39,0	0,0
68,4	30	0,5	0,3	39,0	0,0
68,9	30	0,5	0,5	39,0	0,0
70,1	30	0,5	0,7	39,2	0,4
76,9	30	0,6	0,01	44,4	13,7
77,0	30	0,6	0,05	39,1	0,1
77,7	30	0,6	0,1	39,0	0,0
77,7	30	0,6	0,2	39,0	0,0
77,7	30	0,6	0,25	39,0	0,0
78,3	30	0,6	0,3	39,0	0,0
78,3	30	0,6	0,5	39,0	0,0
78,5	30	0,6	0,7	39,0	0,0
86,7	30	0,7	0,01	47,7	22,2
86,8	30	0,7	0,05	39,0	0,0
86,3	30	0,7	0,1	39,0	0,0
86,6	30	0,7	0,2	39,0	0,0
87,4	30	0,7	0,25	39,0	0,0
87,5	30	0,7	0,3	39,0	0,0
87,6	30	0,7	0,5	39,0	0,0
88,1	30	0,7	0,7	39,0	0,0
95,2	30	0,8	0,01	46,8	20,0
95,8	30	0,8	0,05	39,1	0,1
96,1	30	0,8	0,1	39,0	0,0
96,1	30	0,8	0,2	39,0	0,0
96,5	30	0,8	0,25	39,0	0,0
97,3	30	0,8	0,3	39,0	0,0
96,8	30	0,8	0,5	39,0	0,0
97,5	30	0,8	0,7	39,0	0,0
104,9	30	0,9	0,01	43,6	11,8
106,0	30	0,9	0,05	39,0	0,0
105,2	30	0,9	0,1	39,0	0,0
105,4	30	0,9	0,2	39,0	0,0
105,4	30	0,9	0,25	39,0	0,0
106,0	30	0,9	0,3	39,0	0,0

106,0	30	0,9	0,5	39,0	0,0
106,5	30	0,9	0,7	39,0	0,0
113,7	30	1	0,01	44,4	13,8
114,0	30	1	0,05	39,0	0,0
114,4	30	1	0,1	39,0	0,0
114,8	30	1	0,2	39,0	0,0
115,0	30	1	0,25	39,0	0,0
115,0	30	1	0,3	39,0	0,0
115,1	30	1	0,5	39,0	0,0
115,7	30	1	0,7	39,0	0,0
158,5	70	0,5	0,01	40,1	2,8
157,7	70	0,5	0,05	39,0	0,0
159,0	70	0,5	0,1	39,0	0,0
159,4	70	0,5	0,2	39,0	0,0
160,6	70	0,5	0,25	39,0	0,0
159,9	70	0,5	0,3	39,0	0,0
161,4	70	0,5	0,5	39,0	0,0
161,6	70	0,5	0,7	39,1	0,1
178,8	70	0,6	0,01	39,8	1,9
179,6	70	0,6	0,05	39,0	0,0
180,0	70	0,6	0,1	39,0	0,0
180,6	70	0,6	0,2	39,0	0,0
181,4	70	0,6	0,25	39,0	0,0
181,8	70	0,6	0,3	39,0	0,0
182,3	70	0,6	0,5	39,0	0,0
182,7	70	0,6	0,7	39,0	0,0
201,9	70	0,7	0,01	40,5	3,8
202,1	70	0,7	0,05	39,0	0,0
202,5	70	0,7	0,1	39,0	0,0
202,7	70	0,7	0,2	39,0	0,0
203,1	70	0,7	0,25	39,0	0,0
202,2	70	0,7	0,3	39,0	0,0
204,3	70	0,7	0,5	39,0	0,0
204,3	70	0,7	0,7	39,0	0,0
222,0	70	0,8	0,01	39,7	1,8
222,0	70	0,8	0,05	39,0	0,0
223,6	70	0,8	0,1	39,0	0,0
224,2	70	0,8	0,2	39,0	0,0
224,2	70	0,8	0,25	39,0	0,0
224,7	70	0,8	0,3	39,0	0,0
226,7	70	0,8	0,5	39,0	0,0
226,7	70	0,8	0,7	39,0	0,0
244,1	70	0,9	0,01	39,4	1,0
247,7	70	0,9	0,05	39,0	0,0
247,0	70	0,9	0,1	39,0	0,0

246,0	70	0,9	0,2	39,0	0,0
245,9	70	0,9	0,25	39,0	0,0
246,2	70	0,9	0,3	39,0	0,0
248,0	70	0,9	0,5	39,0	0,0
248,3	70	0,9	0,7	39,0	0,0
266,6	70	1	0,01	39,2	0,4
267,7	70	1	0,05	39,0	0,0
266,8	70	1	0,1	39,0	0,0
268,6	70	1	0,2	39,0	0,0
268,6	70	1	0,25	39,0	0,0
268,8	70	1	0,3	39,0	0,0
269,9	70	1	0,5	39,0	0,0
270,5	70	1	0,7	39,0	0,0
270,9	120	0,5	0,01	39,1	0,1
271,0	120	0,5	0,05	39,0	0,0
272,8	120	0,5	0,1	39,0	0,0
272,0	120	0,5	0,2	39,0	0,0
272,4	120	0,5	0,25	39,0	0,0
274,1	120	0,5	0,3	39,0	0,0
274,5	120	0,5	0,5	39,0	0,0
276,4	120	0,5	0,7	39,1	0,3
306,3	120	0,6	0,01	39,0	0,0
307,5	120	0,6	0,05	39,0	0,0
311,6	120	0,6	0,1	39,0	0,0
313,0	120	0,6	0,2	39,0	0,0
312,3	120	0,6	0,25	39,0	0,0
310,6	120	0,6	0,3	39,0	0,0
312,1	120	0,6	0,5	39,0	0,0
313,8	120	0,6	0,7	39,0	0,0
343,9	120	0,7	0,01	39,3	0,6
346,6	120	0,7	0,05	39,0	0,0
348,3	120	0,7	0,1	39,0	0,0
348,7	120	0,7	0,2	39,0	0,0
348,0	120	0,7	0,25	39,0	0,0
347,6	120	0,7	0,3	39,0	0,0
349,6	120	0,7	0,5	39,0	0,0
351,4	120	0,7	0,7	39,0	0,0
381,4	120	0,8	0,01	39,0	0,0
384,1	120	0,8	0,05	39,0	0,0
384,6	120	0,8	0,1	39,0	0,0
384,6	120	0,8	0,2	39,0	0,0
385,6	120	0,8	0,25	39,0	0,0
388,0	120	0,8	0,3	39,0	0,0
386,3	120	0,8	0,5	39,0	0,0
389,8	120	0,8	0,7	39,0	0,0

420,2	120	0,9	0,01	39,3	0,6
419,8	120	0,9	0,05	39,0	0,0
420,2	120	0,9	0,1	39,0	0,0
422,5	120	0,9	0,2	39,0	0,0
423,9	120	0,9	0,25	39,0	0,0
423,9	120	0,9	0,3	39,0	0,0
425,6	120	0,9	0,5	39,0	0,0
426,1	120	0,9	0,7	39,0	0,0
458,7	120	1	0,01	39,0	0,0
458,4	120	1	0,05	39,0	0,0
458,9	120	1	0,1	39,0	0,0
460,9	120	1	0,2	39,0	0,0
460,4	120	1	0,25	39,0	0,0
460,4	120	1	0,3	39,0	0,0
462,2	120	1	0,5	39,0	0,0
463,2	120	1	0,7	39,0	0,0

3.3.5.2. Algorytm genetyczny – mutacja RANDOM

Czas	Populacja	Wsp. Krzyżowania	Wsp. Mutacji	Koszt	Błąd względny
[ms]	[1]	[-]	[-]	[1]	[%]
70,5	30	0,5	0,01	72,6	86,0
67,5	30	0,5	0,05	51,9	33,1
68,0	30	0,5	0,1	48,1	23,3
71,0	30	0,5	0,2	46,9	20,3
68,4	30	0,5	0,25	46,6	19,5
67,8	30	0,5	0,3	44,0	12,8
72,5	30	0,5	0,5	40,9	4,9
69,0	30	0,5	0,7	41,6	6,5
75,6	30	0,6	0,01	68,1	74,6
73,5	30	0,6	0,05	51,4	31,8
78,7	30	0,6	0,1	48,5	24,2
78,7	30	0,6	0,2	47,8	22,4
78,0	30	0,6	0,25	44,0	12,7
78,4	30	0,6	0,3	43,2	10,6
80,3	30	0,6	0,5	42,7	9,5
80,6	30	0,6	0,7	42,3	8,5
88,0	30	0,7	0,01	63,8	63,6
87,1	30	0,7	0,05	55,8	43,1
88,0	30	0,7	0,1	48,5	24,2
89,4	30	0,7	0,2	46,5	19,1
87,9	30	0,7	0,25	43,3	11,0
88,1	30	0,7	0,3	44,0	12,7
88,2	30	0,7	0,5	42,1	7,8
89,3	30	0,7	0,7	42,1	7,9
96,2	30	0,8	0,01	63,8	63,5

96,4	30	0,8	0,05	49,8	27,6
96,1	30	0,8	0,1	45,6	16,9
97,2	30	0,8	0,2	44,9	15,0
97,0	30	0,8	0,25	45,6	16,8
97,6	30	0,8	0,3	44,0	12,8
98,4	30	0,8	0,5	43,5	11,5
98,7	30	0,8	0,7	41,1	5,4
105,7	30	0,9	0,01	60,6	55,3
105,6	30	0,9	0,05	52,0	33,2
106,8	30	0,9	0,1	47,0	20,5
105,3	30	0,9	0,2	44,1	12,9
106,8	30	0,9	0,25	42,0	7,6
106,9	30	0,9	0,3	42,9	10,0
107,8	30	0,9	0,5	41,5	6,4
110,0	30	0,9	0,7	41,3	5,8
115,3	30	1	0,01	56,4	44,5
115,6	30	1	0,05	51,5	32,1
114,9	30	1	0,1	46,5	19,2
115,8	30	1	0,2	42,5	8,8
115,6	30	1	0,25	45,2	15,8
119,2	30	1	0,3	43,9	12,6
115,5	30	1	0,5	42,2	8,1
116,8	30	1	0,7	42,2	8,2
159,1	70	0,5	0,01	54,4	39,4
161,4	70	0,5	0,05	45,8	17,3
160,6	70	0,5	0,1	43,3	10,9
161,7	70	0,5	0,2	42,2	8,1
160,9	70	0,5	0,25	41,2	5,6
161,3	70	0,5	0,3	41,6	6,7
163,0	70	0,5	0,5	41,2	5,5
168,2	70	0,5	0,7	40,7	4,4
184,1	70	0,6	0,01	56,6	45,1
181,5	70	0,6	0,05	46,0	17,8
185,6	70	0,6	0,1	43,5	11,4
185,0	70	0,6	0,2	40,5	3,7
183,0	70	0,6	0,25	41,0	5,0
183,4	70	0,6	0,3	42,8	9,6
186,8	70	0,6	0,5	41,4	6,2
189,1	70	0,6	0,7	41,2	5,5
206,1	70	0,7	0,01	51,2	31,3
204,9	70	0,7	0,05	45,5	16,5
204,1	70	0,7	0,1	44,3	13,5
204,2	70	0,7	0,2	42,9	10,0
208,8	70	0,7	0,25	42,2	8,2
206,9	70	0,7	0,3	42,1	7,9

212,6	70	0,7	0,5	40,6	4,1
212,7	70	0,7	0,7	40,0	2,4
224,1	70	0,8	0,01	48,6	24,5
224,6	70	0,8	0,05	45,9	17,7
227,2	70	0,8	0,1	42,7	9,4
227,7	70	0,8	0,2	42,0	7,6
226,9	70	0,8	0,25	39,8	1,9
227,3	70	0,8	0,3	41,4	6,2
228,9	70	0,8	0,5	41,0	5,1
245,3	70	0,8	0,7	40,2	3,1
247,3	70	0,9	0,01	46,8	19,9
247,7	70	0,9	0,05	43,4	11,2
249,3	70	0,9	0,1	43,9	12,6
250,5	70	0,9	0,2	42,1	7,9
235,4	70	0,9	0,25	41,9	7,4
235,3	70	0,9	0,3	41,0	5,1
237,4	70	0,9	0,5	40,4	3,6
241,8	70	0,9	0,7	40,8	4,6
256,3	70	1	0,01	47,7	22,3
283,7	70	1	0,05	45,8	17,4
270,1	70	1	0,1	42,2	8,2
265,7	70	1	0,2	41,6	6,5
266,4	70	1	0,25	41,6	6,5
270,0	70	1	0,3	42,1	7,8
270,7	70	1	0,5	40,2	2,9
273,3	70	1	0,7	40,8	4,6
267,5	120	0,5	0,01	47,9	22,8
269,8	120	0,5	0,05	42,4	8,7
268,7	120	0,5	0,1	42,1	7,9
270,3	120	0,5	0,2	41,9	7,4
282,8	120	0,5	0,25	41,1	5,4
269,8	120	0,5	0,3	41,0	5,0
277,6	120	0,5	0,5	41,3	5,8
273,6	120	0,5	0,7	40,1	2,8
303,2	120	0,6	0,01	44,3	13,6
303,9	120	0,6	0,05	43,1	10,5
306,3	120	0,6	0,1	43,7	11,9
306,2	120	0,6	0,2	41,0	5,0
307,8	120	0,6	0,25	41,1	5,3
306,9	120	0,6	0,3	41,3	5,8
309,9	120	0,6	0,5	40,7	4,2
312,9	120	0,6	0,7	40,4	3,6
342,3	120	0,7	0,01	46,3	18,7
361,2	120	0,7	0,05	41,2	5,6
351,2	120	0,7	0,1	41,9	7,4

387,3	120	0,7	0,2	43,0	10,3
385,5	120	0,7	0,25	40,2	2,9
390,8	120	0,7	0,3	40,6	4,0
365,8	120	0,7	0,5	40,4	3,5
393,7	120	0,7	0,7	40,6	4,0
395,0	120	0,8	0,01	45,2	15,9
382,8	120	0,8	0,05	42,0	7,7
433,9	120	0,8	0,1	41,6	6,7
421,6	120	0,8	0,2	41,4	6,0
418,7	120	0,8	0,25	40,7	4,2
384,5	120	0,8	0,3	40,5	3,7
390,0	120	0,8	0,5	40,8	4,5
391,0	120	0,8	0,7	40,5	3,8
418,6	120	0,9	0,01	43,9	12,4
418,9	120	0,9	0,05	42,4	8,6
419,8	120	0,9	0,1	42,4	8,6
421,9	120	0,9	0,2	40,4	3,5
422,6	120	0,9	0,25	40,3	3,2
423,8	120	0,9	0,3	40,6	4,1
430,3	120	0,9	0,5	40,4	3,6
430,5	120	0,9	0,7	40,8	4,5
456,5	120	1	0,01	43,8	12,2
458,5	120	1	0,05	41,4	6,0
459,4	120	1	0,1	41,5	6,3
462,5	120	1	0,2	41,0	5,0
463,1	120	1	0,25	41,0	5,0
459,9	120	1	0,3	40,7	4,2
465,7	120	1	0,5	40,6	4,1
467,8	120	1	0,7	40,1	2,8

3.3.5.3. Symulowane wyżarzanie

Czas	Koszt	Restarty	Temp. Początkowa	Temp. Końcowa	Stała chłodzenia	Iteracje	Błąd względny
[ms]	[1]	[1]	[-]	[-]	[-]	[1]	[%]
0,09	75,26	1	100	50	0,75	200	92,97
0,12	72,38	1	100	50	0,8	200	85,59
0,20	67,62	1	100	50	0,9	200	73,38
1,92	54,50	1	100	50	0,99	200	39,74
0,14	75,79	1	200	50	0,75	200	94,33
0,20	70,68	1	200	50	0,8	200	81,23
0,39	65,87	1	200	50	0,9	200	68,90
3,72	53,07	1	200	50	0,99	200	36,08
0,25	69,21	1	500	50	0,75	200	77,46
0,31	69,03	1	500	50	0,8	200	77,00
0,60	64,60	1	500	50	0,9	200	65,64
6,13	52,57	1	500	50	0,99	200	34,79

0,30	68,90	1	1000	50	0,75	200	76,67
0,38	67,50	1	1000	50	0,8	200	73,08
0,78	62,32	1	1000	50	0,9	200	59,79
7,98	52,20	1	1000	50	0,99	200	33,85
0,41	67,76	1	3000	50	0,75	200	73,74
0,51	65,92	1	3000	50	0,8	200	69,03
1,04	63,15	1	3000	50	0,9	200	61,92
10,77	52,13	1	3000	50	0,99	200	33,67
0,26	53,22	1	100	10	0,75	200	36,46
0,32	53,54	1	100	10	0,8	200	37,28
0,63	50,12	1	100	10	0,9	200	28,51
6,43	42,61	1	100	10	0,99	200	9,26
0,31	55,31	1	200	10	0,75	200	41,82
0,39	52,99	1	200	10	0,8	200	35,87
0,81	49,61	1	200	10	0,9	200	27,21
8,26	43,12	1	200	10	0,99	200	10,56
0,39	55,23	1	500	10	0,75	200	41,62
0,50	53,54	1	500	10	0,8	200	37,28
1,05	49,94	1	500	10	0,9	200	28,05
10,75	42,65	1	500	10	0,99	200	9,36
0,48	53,41	1	1000	10	0,75	200	36,95
0,59	53,34	1	1000	10	0,8	200	36,77
1,22	49,92	1	1000	10	0,9	200	28,00
12,59	42,92	1	1000	10	0,99	200	10,05
0,56	54,76	1	3000	10	0,75	200	40,41
0,72	53,09	1	3000	10	0,8	200	36,13
1,51	50,32	1	3000	10	0,9	200	29,03
15,42	43,18	1	3000	10	0,99	200	10,72
0,49	42,11	1	100	1	0,75	200	7,97
0,62	41,67	1	100	1	0,8	200	6,85
1,28	40,45	1	100	1	0,9	200	3,72
13,16	39,00	1	100	1	0,99	200	0,00
0,54	42,72	1	200	1	0,75	200	9,54
0,69	41,49	1	200	1	0,8	200	6,38
1,46	40,32	1	200	1	0,9	200	3,38
14,96	39,01	1	200	1	0,99	200	0,03
0,64	42,51	1	500	1	0,75	200	9,00
0,80	41,53	1	500	1	0,8	200	6,49
1,66	40,36	1	500	1	0,9	200	3,49
17,38	39,00	1	500	1	0,99	200	0,00
0,72	42,20	1	1000	1	0,75	200	8,21
0,88	41,60	1	1000	1	0,8	200	6,67
1,85	40,48	1	1000	1	0,9	200	3,79
19,31	39,00	1	1000	1	0,99	200	0,00
0,79	42,27	1	3000	1	0,75	200	8,38

1,00	41,96	1	3000	1	0,8	200	7,59
2,11	40,52	1	3000	1	0,9	200	3,90
22,04	39,00	1	3000	1	0,99	200	0,00
0,17	69,14	2	100	50	0,75	200	77,28
0,23	67,58	2	100	50	0,8	200	73,28
0,39	64,03	2	100	50	0,9	200	64,18
3,82	52,09	2	100	50	0,99	200	33,56
0,28	69,25	2	200	50	0,75	200	77,56
0,39	64,46	2	200	50	0,8	200	65,28
0,77	60,15	2	200	50	0,9	200	54,23
7,49	50,79	2	200	50	0,99	200	30,23
0,49	64,19	2	500	50	0,75	200	64,59
0,60	63,16	2	500	50	0,8	200	61,95
1,19	60,05	2	500	50	0,9	200	53,97
12,39	51,01	2	500	50	0,99	200	30,79
0,59	64,56	2	1000	50	0,75	200	65,54
0,76	63,53	2	1000	50	0,8	200	62,90
1,56	60,17	2	1000	50	0,9	200	54,28
16,12	50,27	2	1000	50	0,99	200	28,90
0,82	62,90	2	3000	50	0,75	200	61,28
1,02	62,29	2	3000	50	0,8	200	59,72
2,08	59,61	2	3000	50	0,9	200	52,85
21,78	49,79	2	3000	50	0,99	200	27,67
0,51	50,56	2	100	10	0,75	200	29,64
0,63	49,59	2	100	10	0,8	200	27,15
1,25	47,26	2	100	10	0,9	200	21,18
12,94	41,67	2	100	10	0,99	200	6,85
0,62	50,62	2	200	10	0,75	200	29,79
0,78	49,88	2	200	10	0,8	200	27,90
1,62	46,94	2	200	10	0,9	200	20,36
16,64	41,73	2	200	10	0,99	200	7,00
0,77	51,16	2	500	10	0,75	200	31,18
1,00	50,43	2	500	10	0,8	200	29,31
2,12	46,51	2	500	10	0,9	200	19,26
21,50	41,63	2	500	10	0,99	200	6,74
0,93	49,51	2	1000	10	0,75	200	26,95
1,16	50,72	2	1000	10	0,8	200	30,05
2,41	47,57	2	1000	10	0,9	200	21,97
25,01	41,51	2	1000	10	0,99	200	6,44
1,09	52,45	2	3000	10	0,75	200	34,49
1,42	49,96	2	3000	10	0,8	200	28,10
3,01	46,87	2	3000	10	0,9	200	20,18
30,77	41,63	2	3000	10	0,99	200	6,74
0,98	40,31	2	100	1	0,75	200	3,36
1,21	40,17	2	100	1	0,8	200	3,00

2,50	39,37	2	100	1	0,9	200	0,95
26,11	39,00	2	100	1	0,99	200	0,00
1,09	40,72	2	200	1	0,75	200	4,41
1,38	40,44	2	200	1	0,8	200	3,69
2,94	39,52	2	200	1	0,9	200	1,33
30,38	39,00	2	200	1	0,99	200	0,00
1,27	40,70	2	500	1	0,75	200	4,36
1,62	40,16	2	500	1	0,8	200	2,97
3,32	39,50	2	500	1	0,9	200	1,28
35,40	39,00	2	500	1	0,99	200	0,00
1,44	40,52	2	1000	1	0,75	200	3,90
1,76	40,48	2	1000	1	0,8	200	3,79
3,71	39,49	2	1000	1	0,9	200	1,26
38,84	39,00	2	1000	1	0,99	200	0,00
1,57	40,73	2	3000	1	0,75	200	4,44
2,04	40,62	2	3000	1	0,8	200	4,15
4,30	39,47	2	3000	1	0,9	200	1,21
44,74	39,00	2	3000	1	0,99	200	0,00
0,36	65,80	4	100	50	0,75	200	68,72
0,46	63,22	4	100	50	0,8	200	62,10
0,82	59,90	4	100	50	0,9	200	53,59
7,79	50,04	4	100	50	0,99	200	28,31
0,56	63,64	4	200	50	0,75	200	63,18
0,80	61,21	4	200	50	0,8	200	56,95
1,56	58,21	4	200	50	0,9	200	49,26
15,45	49,21	4	200	50	0,99	200	26,18
1,01	60,70	4	500	50	0,75	200	55,64
1,22	60,06	4	500	50	0,8	200	54,00
2,43	57,78	4	500	50	0,9	200	48,15
25,30	48,33	4	500	50	0,99	200	23,92
1,22	61,58	4	1000	50	0,75	200	57,90
1,53	59,28	4	1000	50	0,8	200	52,00
3,13	55,71	4	1000	50	0,9	200	42,85
32,32	47,98	4	1000	50	0,99	200	23,03
1,60	60,62	4	3000	50	0,75	200	55,44
2,04	59,19	4	3000	50	0,8	200	51,77
4,22	55,53	4	3000	50	0,9	200	42,38
44,03	47,57	4	3000	50	0,99	200	21,97
1,02	47,14	4	100	10	0,75	200	20,87
1,24	47,28	4	100	10	0,8	200	21,23
2,53	45,68	4	100	10	0,9	200	17,13
26,09	40,59	4	100	10	0,99	200	4,08
1,23	48,59	4	200	10	0,75	200	24,59
1,59	47,75	4	200	10	0,8	200	22,44
3,26	44,81	4	200	10	0,9	200	14,90

33,89	40,45	4	200	10	0,99	200	3,72
1,55	48,64	4	500	10	0,75	200	24,72
1,99	47,97	4	500	10	0,8	200	23,00
4,26	44,98	4	500	10	0,9	200	15,33
42,85	40,95	4	500	10	0,99	200	5,00
1,84	47,24	4	1000	10	0,75	200	21,13
2,27	48,22	4	1000	10	0,8	200	23,64
4,76	45,72	4	1000	10	0,9	200	17,23
49,55	40,78	4	1000	10	0,99	200	4,56
2,14	49,25	4	3000	10	0,75	200	26,28
2,79	48,08	4	3000	10	0,8	200	23,28
5,91	44,82	4	3000	10	0,9	200	14,92
61,15	40,46	4	3000	10	0,99	200	3,74
1,92	39,61	4	100	1	0,75	200	1,56
2,37	39,65	4	100	1	0,8	200	1,67
4,97	39,11	4	100	1	0,9	200	0,28
51,69	39,00	4	100	1	0,99	200	0,00
2,14	39,58	4	200	1	0,75	200	1,49
2,73	39,74	4	200	1	0,8	200	1,90
5,72	39,10	4	200	1	0,9	200	0,26
59,02	39,00	4	200	1	0,99	200	0,00
2,45	39,78	4	500	1	0,75	200	2,00
3,11	39,52	4	500	1	0,8	200	1,33
6,53	39,10	4	500	1	0,9	200	0,26
69,22	39,00	4	500	1	0,99	200	0,00
2,78	39,70	4	1000	1	0,75	200	1,79
3,42	39,37	4	1000	1	0,8	200	0,95
7,29	39,14	4	1000	1	0,9	200	0,36
75,96	39,00	4	1000	1	0,99	200	0,00
3,07	39,73	4	3000	1	0,75	200	1,87
3,94	39,37	4	3000	1	0,8	200	0,95
8,32	39,05	4	3000	1	0,9	200	0,13
87,25	39,00	4	3000	1	0,99	200	0,00
0,66	60,45	8	100	50	0,75	200	55,00
0,88	58,26	8	100	50	0,8	200	49,38
1,53	56,69	8	100	50	0,9	200	45,36
14,97	47,69	8	100	50	0,99	200	22,28
1,08	60,18	8	200	50	0,75	200	54,31
1,51	56,40	8	200	50	0,8	200	44,62
3,02	54,56	8	200	50	0,9	200	39,90
29,59	46,77	8	200	50	0,99	200	19,92
1,93	57,23	8	500	50	0,75	200	46,74
2,35	56,87	8	500	50	0,8	200	45,82
4,69	54,01	8	500	50	0,9	200	38,49
48,93	46,93	8	500	50	0,99	200	20,33

2,34	57,45	8	1000	50	0,75	200	47,31
2,97	57,19	8	1000	50	0,8	200	46,64
6,15	54,99	8	1000	50	0,9	200	41,00
63,47	46,26	8	1000	50	0,99	200	18,62
3,16	56,67	8	3000	50	0,75	200	45,31
4,00	56,75	8	3000	50	0,8	200	45,51
8,22	53,99	8	3000	50	0,9	200	38,44
85,83	46,33	8	3000	50	0,99	200	18,79
2,02	45,71	8	100	10	0,75	200	17,21
2,46	45,67	8	100	10	0,8	200	17,10
4,89	43,92	8	100	10	0,9	200	12,62
51,40	39,77	8	100	10	0,99	200	1,97
2,42	46,29	8	200	10	0,75	200	18,69
3,09	44,90	8	200	10	0,8	200	15,13
6,40	43,26	8	200	10	0,9	200	10,92
65,86	39,97	8	200	10	0,99	200	2,49
3,06	46,16	8	500	10	0,75	200	18,36
3,91	45,92	8	500	10	0,8	200	17,74
8,27	43,43	8	500	10	0,9	200	11,36
84,82	39,99	8	500	10	0,99	200	2,54
3,68	45,44	8	1000	10	0,75	200	16,51
4,53	45,51	8	1000	10	0,8	200	16,69
9,70	43,33	8	1000	10	0,9	200	11,10
99,20	40,07	8	1000	10	0,99	200	2,74
4,28	47,04	8	3000	10	0,75	200	20,62
5,58	45,59	8	3000	10	0,8	200	16,90
11,80	43,46	8	3000	10	0,9	200	11,44
121,62	40,20	8	3000	10	0,99	200	3,08
3,84	39,18	8	100	1	0,75	200	0,46
4,75	39,12	8	100	1	0,8	200	0,31
9,91	39,00	8	100	1	0,9	200	0,00
103,56	39,00	8	100	1	0,99	200	0,00
4,30	39,20	8	200	1	0,75	200	0,51
5,37	39,06	8	200	1	0,8	200	0,15
11,42	39,00	8	200	1	0,9	200	0,00
118,32	39,00	8	200	1	0,99	200	0,00
4,89	39,25	8	500	1	0,75	200	0,64
6,22	39,13	8	500	1	0,8	200	0,33
13,08	39,00	8	500	1	0,9	200	0,00
137,34	39,00	8	500	1	0,99	200	0,00
5,52	39,21	8	1000	1	0,75	200	0,54
6,81	39,19	8	1000	1	0,8	200	0,49
14,52	39,01	8	1000	1	0,9	200	0,03
151,68	39,00	8	1000	1	0,99	200	0,00
6,11	39,25	8	3000	1	0,75	200	0,64

7,96	39,12	8	3000	1	0,8	200	0,31
16,61	39,00	8	3000	1	0,9	200	0,00
174,71	39,00	8	3000	1	0,99	200	0,00
0,13	72,16	1	100	50	0,75	300	85,03
0,17	69,12	1	100	50	0,8	300	77,23
0,29	65,67	1	100	50	0,9	300	68,38
2,80	53,94	1	100	50	0,99	300	38,31
0,21	70,45	1	200	50	0,75	300	80,64
0,30	65,36	1	200	50	0,8	300	67,59
0,58	61,48	1	200	50	0,9	300	57,64
5,55	52,30	1	200	50	0,99	300	34,10
0,37	66,45	1	500	50	0,75	300	70,38
0,45	66,89	1	500	50	0,8	300	71,51
0,89	62,40	1	500	50	0,9	300	60,00
11,43	50,39	1	500	50	0,99	300	29,21
0,44	66,17	1	1000	50	0,75	300	69,67
0,57	64,81	1	1000	50	0,8	300	66,18
1,16	61,71	1	1000	50	0,9	300	58,23
11,85	50,34	1	1000	50	0,99	300	29,08
0,60	65,42	1	3000	50	0,75	300	67,74
0,76	64,10	1	3000	50	0,8	300	64,36
1,55	60,67	1	3000	50	0,9	300	55,56
16,08	50,78	1	3000	50	0,99	300	30,21
0,39	51,34	1	100	10	0,75	300	31,64
0,47	50,40	1	100	10	0,8	300	29,23
0,93	48,95	1	100	10	0,9	300	25,51
9,60	41,97	1	100	10	0,99	300	7,62
0,46	51,81	1	200	10	0,75	300	32,85
0,59	51,52	1	200	10	0,8	300	32,10
1,21	47,71	1	200	10	0,9	300	22,33
12,36	42,03	1	200	10	0,99	300	7,77
0,59	52,93	1	500	10	0,75	300	35,72
0,74	51,68	1	500	10	0,8	300	32,51
1,55	48,02	1	500	10	0,9	300	23,13
15,90	41,80	1	500	10	0,99	300	7,18
0,70	52,10	1	1000	10	0,75	300	33,59
0,87	52,04	1	1000	10	0,8	300	33,44
1,79	48,49	1	1000	10	0,9	300	24,33
18,68	42,25	1	1000	10	0,99	300	8,33
0,81	54,61	1	3000	10	0,75	300	40,03
1,06	52,00	1	3000	10	0,8	300	33,33
2,23	47,22	1	3000	10	0,9	300	21,08
22,80	42,03	1	3000	10	0,99	300	7,77
0,73	41,14	1	100	1	0,75	300	5,49
0,90	40,91	1	100	1	0,8	300	4,90

1,87	39,90	1	100	1	0,9	300	2,31
19,40	39,00	1	100	1	0,99	300	0,00
0,80	40,94	1	200	1	0,75	300	4,97
1,02	40,70	1	200	1	0,8	300	4,36
2,16	39,80	1	200	1	0,9	300	2,05
22,12	39,00	1	200	1	0,99	300	0,00
0,92	41,32	1	500	1	0,75	300	5,95
1,17	40,79	1	500	1	0,8	300	4,59
2,46	39,71	1	500	1	0,9	300	1,82
25,87	39,00	1	500	1	0,99	300	0,00
1,04	41,47	1	1000	1	0,75	300	6,33
1,30	40,95	1	1000	1	0,8	300	5,00
2,75	39,94	1	1000	1	0,9	300	2,41
28,43	39,00	1	1000	1	0,99	300	0,00
1,15	41,34	1	3000	1	0,75	300	6,00
1,52	40,59	1	3000	1	0,8	300	4,08
3,12	39,84	1	3000	1	0,9	300	2,15
32,81	39,00	1	3000	1	0,99	300	0,00
0,25	67,63	2	100	50	0,75	300	73,41
0,34	64,85	2	100	50	0,8	300	66,28
0,59	61,53	2	100	50	0,9	300	57,77
5,63	51,33	2	100	50	0,99	300	31,62
0,41	63,75	2	200	50	0,75	300	63,46
0,58	61,85	2	200	50	0,8	300	58,59
1,14	58,98	2	200	50	0,9	300	51,23
11,10	50,82	2	200	50	0,99	300	30,31
0,73	63,95	2	500	50	0,75	300	63,97
0,88	62,95	2	500	50	0,8	300	61,41
1,76	58,07	2	500	50	0,9	300	48,90
18,41	49,55	2	500	50	0,99	300	27,05
0,88	62,27	2	1000	50	0,75	300	59,67
1,13	60,54	2	1000	50	0,8	300	55,23
2,31	58,06	2	1000	50	0,9	300	48,87
23,70	48,68	2	1000	50	0,99	300	24,82
1,19	61,39	2	3000	50	0,75	300	57,41
1,51	60,64	2	3000	50	0,8	300	55,49
3,09	57,96	2	3000	50	0,9	300	48,62
32,20	48,82	2	3000	50	0,99	300	25,18
0,76	49,14	2	100	10	0,75	300	26,00
0,93	47,52	2	100	10	0,8	300	21,85
1,84	46,90	2	100	10	0,9	300	20,26
19,24	41,04	2	100	10	0,99	300	5,23
0,92	49,79	2	200	10	0,75	300	27,67
1,16	48,25	2	200	10	0,8	300	23,72
2,41	45,98	2	200	10	0,9	300	17,90

24,68	41,10	2	200	10	0,99	300	5,38
1,15	49,25	2	500	10	0,75	300	26,28
1,47	48,26	2	500	10	0,8	300	23,74
3,11	45,15	2	500	10	0,9	300	15,77
32,10	41,25	2	500	10	0,99	300	5,77
1,39	48,72	2	1000	10	0,75	300	24,92
1,71	48,64	2	1000	10	0,8	300	24,72
3,57	45,64	2	1000	10	0,9	300	17,03
37,21	40,97	2	1000	10	0,99	300	5,05
1,62	49,67	2	3000	10	0,75	300	27,36
2,11	47,56	2	3000	10	0,8	300	21,95
4,47	45,90	2	3000	10	0,9	300	17,69
45,62	41,37	2	3000	10	0,99	300	6,08
1,44	39,90	2	100	1	0,75	300	2,31
1,78	40,02	2	100	1	0,8	300	2,62
3,74	39,23	2	100	1	0,9	300	0,59
38,82	39,00	2	100	1	0,99	300	0,00
1,60	39,97	2	200	1	0,75	300	2,49
2,02	40,01	2	200	1	0,8	300	2,59
4,29	39,23	2	200	1	0,9	300	0,59
44,52	39,00	2	200	1	0,99	300	0,00
1,84	39,94	2	500	1	0,75	300	2,41
2,34	39,88	2	500	1	0,8	300	2,26
4,90	39,18	2	500	1	0,9	300	0,46
51,41	39,00	2	500	1	0,99	300	0,00
2,07	39,87	2	1000	1	0,75	300	2,23
2,56	39,71	2	1000	1	0,8	300	1,82
5,46	39,12	2	1000	1	0,9	300	0,31
57,15	39,00	2	1000	1	0,99	300	0,00
2,29	40,27	2	3000	1	0,75	300	3,26
2,96	39,76	2	3000	1	0,8	300	1,95
6,22	39,24	2	3000	1	0,9	300	0,62
65,16	39,00	2	3000	1	0,99	300	0,00
0,50	62,46	4	100	50	0,75	300	60,15
0,66	61,48	4	100	50	0,8	300	57,64
1,15	57,91	4	100	50	0,9	300	48,49
11,22	49,10	4	100	50	0,99	300	25,90
0,82	60,69	4	200	50	0,75	300	55,62
1,14	60,13	4	200	50	0,8	300	54,18
2,27	56,09	4	200	50	0,9	300	43,82
22,20	48,30	4	200	50	0,99	300	23,85
1,45	59,10	4	500	50	0,75	300	51,54
1,77	58,57	4	500	50	0,8	300	50,18
3,52	54,83	4	500	50	0,9	300	40,59
36,74	47,22	4	500	50	0,99	300	21,08

1,75	58,36	4	1000	50	0,75	300	49,64
2,23	57,62	4	1000	50	0,8	300	47,74
4,62	54,79	4	1000	50	0,9	300	40,49
48,26	46,77	4	1000	50	0,99	300	19,92
2,43	58,25	4	3000	50	0,75	300	49,36
3,20	57,49	4	3000	50	0,8	300	47,41
6,16	54,53	4	3000	50	0,9	300	39,82
66,39	47,02	4	3000	50	0,99	300	20,56
1,74	46,11	4	100	10	0,75	300	18,23
2,14	45,94	4	100	10	0,8	300	17,79
3,96	44,17	4	100	10	0,9	300	13,26
39,59	40,32	4	100	10	0,99	300	3,38
1,83	47,87	4	200	10	0,75	300	22,74
2,31	46,11	4	200	10	0,8	300	18,23
4,79	43,44	4	200	10	0,9	300	11,38
49,40	40,41	4	200	10	0,99	300	3,62
2,29	47,35	4	500	10	0,75	300	21,41
2,94	46,53	4	500	10	0,8	300	19,31
6,22	43,64	4	500	10	0,9	300	11,90
63,57	40,22	4	500	10	0,99	300	3,13
2,77	45,91	4	1000	10	0,75	300	17,72
3,41	46,60	4	1000	10	0,8	300	19,49
7,12	44,21	4	1000	10	0,9	300	13,36
74,32	40,03	4	1000	10	0,99	300	2,64
3,22	48,15	4	3000	10	0,75	300	23,46
4,18	46,13	4	3000	10	0,8	300	18,28
8,86	43,50	4	3000	10	0,9	300	11,54
91,38	40,23	4	3000	10	0,99	300	3,15
2,87	39,30	4	100	1	0,75	300	0,77
3,57	39,23	4	100	1	0,8	300	0,59
7,46	39,00	4	100	1	0,9	300	0,00
77,97	39,00	4	100	1	0,99	300	0,00
3,18	39,27	4	200	1	0,75	300	0,69
4,04	39,32	4	200	1	0,8	300	0,82
8,58	39,01	4	200	1	0,9	300	0,03
88,61	39,00	4	200	1	0,99	300	0,00
3,67	39,41	4	500	1	0,75	300	1,05
4,66	39,23	4	500	1	0,8	300	0,59
9,81	39,03	4	500	1	0,9	300	0,08
103,07	39,00	4	500	1	0,99	300	0,00
4,17	39,42	4	1000	1	0,75	300	1,08
5,15	39,31	4	1000	1	0,8	300	0,79
10,92	39,01	4	1000	1	0,9	300	0,03
114,00	39,00	4	1000	1	0,99	300	0,00
4,60	39,49	4	3000	1	0,75	300	1,26

5,91	39,23	4	3000	1	0,8	300	0,59
12,47	39,03	4	3000	1	0,9	300	0,08
130,80	39,00	4	3000	1	0,99	300	0,00
0,99	58,62	8	100	50	0,75	300	50,31
1,31	56,83	8	100	50	0,8	300	45,72
2,29	54,60	8	100	50	0,9	300	40,00
22,45	47,14	8	100	50	0,99	300	20,87
1,62	58,39	8	200	50	0,75	300	49,72
2,27	55,87	8	200	50	0,8	300	43,26
4,57	53,30	8	200	50	0,9	300	36,67
44,57	45,98	8	200	50	0,99	300	17,90
2,88	55,09	8	500	50	0,75	300	41,26
3,51	55,54	8	500	50	0,8	300	42,41
7,02	53,42	8	500	50	0,9	300	36,97
73,36	45,53	8	500	50	0,99	300	16,74
3,50	54,83	8	1000	50	0,75	300	40,59
4,44	54,51	8	1000	50	0,8	300	39,77
9,21	51,85	8	1000	50	0,9	300	32,95
94,96	46,00	8	1000	50	0,99	300	17,95
4,73	55,89	8	3000	50	0,75	300	43,31
6,01	54,96	8	3000	50	0,8	300	40,92
12,29	52,39	8	3000	50	0,9	300	34,33
128,96	45,23	8	3000	50	0,99	300	15,97
3,01	44,40	8	100	10	0,75	300	13,85
3,71	43,57	8	100	10	0,8	300	11,72
7,34	42,95	8	100	10	0,9	300	10,13
77,29	39,65	8	100	10	0,99	300	1,67
3,64	45,32	8	200	10	0,75	300	16,21
4,63	44,36	8	200	10	0,8	300	13,74
9,60	42,06	8	200	10	0,9	300	7,85
98,72	39,57	8	200	10	0,99	300	1,46
4,57	45,34	8	500	10	0,75	300	16,26
5,90	44,82	8	500	10	0,8	300	14,92
12,40	42,79	8	500	10	0,9	300	9,72
127,38	39,67	8	500	10	0,99	300	1,72
5,52	44,49	8	1000	10	0,75	300	14,08
6,82	45,01	8	1000	10	0,8	300	15,41
14,24	42,70	8	1000	10	0,9	300	9,49
149,46	39,69	8	1000	10	0,99	300	1,77
6,43	45,63	8	3000	10	0,75	300	17,00
8,38	44,09	8	3000	10	0,8	300	13,05
17,79	42,66	8	3000	10	0,9	300	9,38
183,27	39,70	8	3000	10	0,99	300	1,79
5,75	39,03	8	100	1	0,75	300	0,08
7,10	39,02	8	100	1	0,8	300	0,05

14,88	39,00	8	100	1	0,9	300	0,00
155,20	39,00	8	100	1	0,99	300	0,00
6,38	39,07	8	200	1	0,75	300	0,18
8,04	39,03	8	200	1	0,8	300	0,08
17,11	39,00	8	200	1	0,9	300	0,00
177,16	39,00	8	200	1	0,99	300	0,00
7,32	39,07	8	500	1	0,75	300	0,18
9,31	39,03	8	500	1	0,8	300	0,08
19,64	39,00	8	500	1	0,9	300	0,00
205,75	39,00	8	500	1	0,99	300	0,00
8,25	39,06	8	1000	1	0,75	300	0,15
10,30	39,06	8	1000	1	0,8	300	0,15
21,80	39,00	8	1000	1	0,9	300	0,00
227,43	39,00	8	1000	1	0,99	300	0,00
9,20	39,13	8	3000	1	0,75	300	0,33
11,82	39,02	8	3000	1	0,8	300	0,05
24,92	39,00	8	3000	1	0,9	300	0,00
262,24	39,00	8	3000	1	0,99	300	0,00
0,25	67,29	1	100	50	0,75	600	72,54
0,33	64,78	1	100	50	0,8	600	66,10
0,58	61,28	1	100	50	0,9	600	57,13
5,62	51,31	1	100	50	0,99	600	31,56
0,41	65,87	1	200	50	0,75	600	68,90
0,57	63,72	1	200	50	0,8	600	63,38
1,14	58,03	1	200	50	0,9	600	48,79
11,20	50,55	1	200	50	0,99	600	29,62
0,73	62,40	1	500	50	0,75	600	60,00
0,88	60,86	1	500	50	0,8	600	56,05
1,78	58,67	1	500	50	0,9	600	50,44
18,33	49,87	1	500	50	0,99	600	27,87
0,88	62,40	1	1000	50	0,75	600	60,00
1,12	61,35	1	1000	50	0,8	600	57,31
2,31	57,61	1	1000	50	0,9	600	47,72
23,72	48,48	1	1000	50	0,99	600	24,31
1,19	61,78	1	3000	50	0,75	600	58,41
1,51	60,71	1	3000	50	0,8	600	55,67
3,09	58,11	1	3000	50	0,9	600	49,00
32,15	48,53	1	3000	50	0,99	600	24,44
0,76	48,66	1	100	10	0,75	600	24,77
0,93	48,25	1	100	10	0,8	600	23,72
1,83	46,51	1	100	10	0,9	600	19,26
19,16	41,11	1	100	10	0,99	600	5,41
0,91	49,34	1	200	10	0,75	600	26,51
1,16	48,17	1	200	10	0,8	600	23,51
2,46	46,35	1	200	10	0,9	600	18,85

24,70	40,92	1	200	10	0,99	600	4,92
1,15	48,83	1	500	10	0,75	600	25,21
1,47	48,77	1	500	10	0,8	600	25,05
3,10	45,50	1	500	10	0,9	600	16,67
31,85	40,84	1	500	10	0,99	600	4,72
1,39	47,88	1	1000	10	0,75	600	22,77
1,74	48,65	1	1000	10	0,8	600	24,74
3,57	46,37	1	1000	10	0,9	600	18,90
37,16	41,10	1	1000	10	0,99	600	5,38
1,62	49,40	1	3000	10	0,75	600	26,67
2,10	49,29	1	3000	10	0,8	600	26,38
4,43	45,55	1	3000	10	0,9	600	16,79
45,66	41,04	1	3000	10	0,99	600	5,23
1,47	40,01	1	100	1	0,75	600	2,59
1,78	40,00	1	100	1	0,8	600	2,56
3,74	39,28	1	100	1	0,9	600	0,72
38,83	39,00	1	100	1	0,99	600	0,00
1,61	40,24	1	200	1	0,75	600	3,18
2,11	40,14	1	200	1	0,8	600	2,92
4,44	39,28	1	200	1	0,9	600	0,72
45,13	39,00	1	200	1	0,99	600	0,00
1,89	39,97	1	500	1	0,75	600	2,49
2,35	39,87	1	500	1	0,8	600	2,23
5,08	39,32	1	500	1	0,9	600	0,82
53,44	39,00	1	500	1	0,99	600	0,00
2,11	40,24	1	1000	1	0,75	600	3,18
2,59	39,75	1	1000	1	0,8	600	1,92
5,91	39,33	1	1000	1	0,9	600	0,85
58,53	39,00	1	1000	1	0,99	600	0,00
2,38	40,37	1	3000	1	0,75	600	3,51
3,01	39,92	1	3000	1	0,8	600	2,36
6,57	39,21	1	3000	1	0,9	600	0,54
68,42	39,00	1	3000	1	0,99	600	0,00
0,50	62,95	2	100	50	0,75	600	61,41
0,67	59,55	2	100	50	0,8	600	52,69
1,15	57,65	2	100	50	0,9	600	47,82
11,42	49,08	2	100	50	0,99	600	25,85
0,87	61,38	2	200	50	0,75	600	57,38
1,18	59,33	2	200	50	0,8	600	52,13
2,43	55,40	2	200	50	0,9	600	42,05
22,98	47,80	2	200	50	0,99	600	22,56
1,50	59,72	2	500	50	0,75	600	53,13
1,85	57,35	2	500	50	0,8	600	47,05
3,70	56,39	2	500	50	0,9	600	44,59
37,15	46,73	2	500	50	0,99	600	19,82

1,84	60,11	2	1000	50	0,75	600	54,13
2,30	57,44	2	1000	50	0,8	600	47,28
4,76	54,22	2	1000	50	0,9	600	39,03
49,33	46,95	2	1000	50	0,99	600	20,38
3,40	58,32	2	3000	50	0,75	600	49,54
3,63	56,09	2	3000	50	0,8	600	43,82
9,32	54,05	2	3000	50	0,9	600	38,59
72,60	46,52	2	3000	50	0,99	600	19,28
1,65	45,50	2	100	10	0,75	600	16,67
1,97	45,34	2	100	10	0,8	600	16,26
4,03	44,67	2	100	10	0,9	600	14,54
42,08	40,27	2	100	10	0,99	600	3,26
1,88	46,58	2	200	10	0,75	600	19,44
2,43	46,40	2	200	10	0,8	600	18,97
4,90	44,04	2	200	10	0,9	600	12,92
51,02	40,31	2	200	10	0,99	600	3,36
2,37	47,38	2	500	10	0,75	600	21,49
3,01	45,69	2	500	10	0,8	600	17,15
6,49	43,44	2	500	10	0,9	600	11,38
65,70	40,29	2	500	10	0,99	600	3,31
2,84	46,02	2	1000	10	0,75	600	18,00
3,49	46,04	2	1000	10	0,8	600	18,05
7,42	44,11	2	1000	10	0,9	600	13,10
76,59	40,26	2	1000	10	0,99	600	3,23
3,30	47,30	2	3000	10	0,75	600	21,28
4,31	46,62	2	3000	10	0,8	600	19,54
9,16	44,09	2	3000	10	0,9	600	13,05
94,13	40,20	2	3000	10	0,99	600	3,08
2,95	39,42	2	100	1	0,75	600	1,08
3,64	39,27	2	100	1	0,8	600	0,69
7,70	39,00	2	100	1	0,9	600	0,00
79,71	39,00	2	100	1	0,99	600	0,00
3,25	39,42	2	200	1	0,75	600	1,08
4,17	39,24	2	200	1	0,8	600	0,62
8,87	39,04	2	200	1	0,9	600	0,10
91,29	39,00	2	200	1	0,99	600	0,00
3,79	39,42	2	500	1	0,75	600	1,08
4,79	39,31	2	500	1	0,8	600	0,79
10,13	39,04	2	500	1	0,9	600	0,10
106,00	39,00	2	500	1	0,99	600	0,00
4,25	39,37	2	1000	1	0,75	600	0,95
5,25	39,30	2	1000	1	0,8	600	0,77
11,19	39,04	2	1000	1	0,9	600	0,10
117,15	39,00	2	1000	1	0,99	600	0,00
4,75	39,44	2	3000	1	0,75	600	1,13

6,11	39,20	2	3000	1	0,8	600	0,51
12,82	39,02	2	3000	1	0,9	600	0,05
134,64	39,00	2	3000	1	0,99	600	0,00
1,02	59,17	4	100	50	0,75	600	51,72
1,44	56,75	4	100	50	0,8	600	45,51
2,34	54,01	4	100	50	0,9	600	38,49
23,18	47,00	4	100	50	0,99	600	20,51
1,65	58,56	4	200	50	0,75	600	50,15
2,32	55,67	4	200	50	0,8	600	42,74
4,62	53,17	4	200	50	0,9	600	36,33
45,90	46,55	4	200	50	0,99	600	19,36
3,19	55,87	4	500	50	0,75	600	43,26
3,95	55,66	4	500	50	0,8	600	42,72
7,85	52,65	4	500	50	0,9	600	35,00
75,89	45,60	4	500	50	0,99	600	16,92
3,60	56,20	4	1000	50	0,75	600	44,10
4,57	55,32	4	1000	50	0,8	600	41,85
9,51	51,37	4	1000	50	0,9	600	31,72
97,64	45,62	4	1000	50	0,99	600	16,97
4,86	54,41	4	3000	50	0,75	600	39,51
6,16	54,27	4	3000	50	0,8	600	39,15
12,62	52,02	4	3000	50	0,9	600	33,38
132,42	45,55	4	3000	50	0,99	600	16,79
3,07	44,20	4	100	10	0,75	600	13,33
3,78	44,02	4	100	10	0,8	600	12,87
9,94	42,72	4	100	10	0,9	600	9,54
79,06	39,60	4	100	10	0,99	600	1,54
3,73	45,30	4	200	10	0,75	600	16,15
4,79	44,06	4	200	10	0,8	600	12,97
9,93	42,51	4	200	10	0,9	600	9,00
101,39	39,71	4	200	10	0,99	600	1,82
4,76	45,07	4	500	10	0,75	600	15,56
6,04	44,54	4	500	10	0,8	600	14,21
12,78	42,41	4	500	10	0,9	600	8,74
131,29	39,71	4	500	10	0,99	600	1,82
5,69	43,44	4	1000	10	0,75	600	11,38
6,94	44,56	4	1000	10	0,8	600	14,26
15,15	42,83	4	1000	10	0,9	600	9,82
153,17	39,66	4	1000	10	0,99	600	1,69
6,67	46,02	4	3000	10	0,75	600	18,00
8,60	44,68	4	3000	10	0,8	600	14,56
18,14	42,26	4	3000	10	0,9	600	8,36
187,83	39,56	4	3000	10	0,99	600	1,44
5,88	39,05	4	100	1	0,75	600	0,13
7,32	39,05	4	100	1	0,8	600	0,13

15,24	39,00	4	100	1	0,9	600	0,00
160,24	39,00	4	100	1	0,99	600	0,00
6,59	39,05	4	200	1	0,75	600	0,13
8,28	39,06	4	200	1	0,8	600	0,15
17,66	39,00	4	200	1	0,9	600	0,00
182,77	39,00	4	200	1	0,99	600	0,00
7,47	39,09	4	500	1	0,75	600	0,23
9,57	39,02	4	500	1	0,8	600	0,05
20,23	39,00	4	500	1	0,9	600	0,00
212,50	39,00	4	500	1	0,99	600	0,00
8,55	39,03	4	1000	1	0,75	600	0,08
10,59	39,02	4	1000	1	0,8	600	0,05
22,46	39,00	4	1000	1	0,9	600	0,00
234,32	39,00	4	1000	1	0,99	600	0,00
10,97	39,10	4	3000	1	0,75	600	0,26
13,07	39,08	4	3000	1	0,8	600	0,21
27,12	39,00	4	3000	1	0,9	600	0,00
290,47	39,00	4	3000	1	0,99	600	0,00
2,07	55,19	8	100	50	0,75	600	41,51
2,71	52,77	8	100	50	0,8	600	35,31
5,09	52,41	8	100	50	0,9	600	34,38
48,67	44,85	8	100	50	0,99	600	15,00
3,41	55,44	8	200	50	0,75	600	42,15
4,95	53,54	8	200	50	0,8	600	37,28
9,47	50,45	8	200	50	0,9	600	29,36
95,57	44,69	8	200	50	0,99	600	14,59
6,51	52,84	8	500	50	0,75	600	35,49
8,89	52,72	8	500	50	0,8	600	35,18
16,94	50,48	8	500	50	0,9	600	29,44
154,21	44,21	8	500	50	0,99	600	13,36
7,17	53,65	8	1000	50	0,75	600	37,56
9,17	52,25	8	1000	50	0,8	600	33,97
18,90	49,53	8	1000	50	0,9	600	27,00
195,30	43,95	8	1000	50	0,99	600	12,69
9,77	52,10	8	3000	50	0,75	600	33,59
12,33	51,40	8	3000	50	0,8	600	31,79
25,51	49,35	8	3000	50	0,9	600	26,54
266,41	43,60	8	3000	50	0,99	600	11,79
6,19	42,45	8	100	10	0,75	600	8,85
7,55	42,26	8	100	10	0,8	600	8,36
15,03	41,30	8	100	10	0,9	600	5,90
157,22	39,25	8	100	10	0,99	600	0,64
8,01	43,20	8	200	10	0,75	600	10,77
10,00	42,58	8	200	10	0,8	600	9,18
20,03	41,29	8	200	10	0,9	600	5,87

220,92	39,33	8	200	10	0,99	600	0,85
9,71	43,60	8	500	10	0,75	600	11,79
12,16	42,73	8	500	10	0,8	600	9,56
25,48	41,48	8	500	10	0,9	600	6,36
262,97	39,21	8	500	10	0,99	600	0,54
11,55	42,32	8	1000	10	0,75	600	8,51
14,51	42,91	8	1000	10	0,8	600	10,03
29,57	41,59	8	1000	10	0,9	600	6,64
313,45	39,34	8	1000	10	0,99	600	0,87
14,80	44,05	8	3000	10	0,75	600	12,95
18,78	43,17	8	3000	10	0,8	600	10,69
39,22	41,55	8	3000	10	0,9	600	6,54
393,88	39,32	8	3000	10	0,99	600	0,82
15,35	39,00	8	100	1	0,75	600	0,00
16,28	39,00	8	100	1	0,8	600	0,00
30,87	39,00	8	100	1	0,9	600	0,00
325,82	39,00	8	100	1	0,99	600	0,00
13,28	39,00	8	200	1	0,75	600	0,00
16,81	39,00	8	200	1	0,8	600	0,00
35,68	39,00	8	200	1	0,9	600	0,00
364,98	39,00	8	200	1	0,99	600	0,00
15,26	39,00	8	500	1	0,75	600	0,00
19,39	39,00	8	500	1	0,8	600	0,00
40,64	39,00	8	500	1	0,9	600	0,00
454,08	39,00	8	500	1	0,99	600	0,00
16,95	39,00	8	1000	1	0,75	600	0,00
20,90	39,00	8	1000	1	0,8	600	0,00
46,48	39,00	8	1000	1	0,9	600	0,00
549,34	39,00	8	1000	1	0,99	600	0,00
19,03	39,03	8	3000	1	0,75	600	0,08
24,69	39,00	8	3000	1	0,8	600	0,00
52,96	39,00	8	3000	1	0,9	600	0,00
557,48	39,00	8	3000	1	0,99	600	0,00

3.3.5.4. Tabu Search

Czas	Koszt	Restarty	Długość tabu	Iteracje	Błąd względny
[ms]	[1]	[1]	[1]	[1]	[%]
3,8	39,3	1	30	500	0,77
3,9	39,1	1	70	500	0,26
3,8	41,1	1	150	500	5,38
3,8	41,3	1	300	500	5,90
7,7	39,0	2	30	500	0,00
8,3	39,1	2	70	500	0,26
7,4	39,3	2	150	500	0,77
7,3	40,0	2	300	500	2,56

14,9	39,0	4	30	500	0,00
15,4	39,0	4	70	500	0,00
14,6	39,2	4	150	500	0,51
14,6	39,2	4	300	500	0,51
30,2	39,0	8	30	500	0,00
31,9	39,0	8	70	500	0,00
29,5	39,0	8	150	500	0,00
29,5	39,0	8	300	500	0,00
6,1	39,0	1	30	800	0,00
8,2	39,0	1	70	800	0,00
6,6	40,3	1	150	800	3,33
6,1	40,5	1	300	800	3,85
12,5	39,0	2	30	800	0,00
14,2	39,0	2	70	800	0,00
12,8	39,8	2	150	800	2,05
12,1	39,9	2	300	800	2,31
26,4	39,0	4	30	800	0,00
27,3	39,0	4	70	800	0,00
23,4	39,4	4	150	800	1,03
26,0	39,2	4	300	800	0,51
48,3	39,0	8	30	800	0,00
48,9	39,0	8	70	800	0,00
46,7	39,0	8	150	800	0,00
47,0	39,0	8	300	800	0,00
12,2	39,0	1	30	1500	0,00
12,5	39,1	1	70	1500	0,26
12,2	41,6	1	150	1500	6,67
11,8	41,2	1	300	1500	5,64
23,9	39,0	2	30	1500	0,00
23,2	39,0	2	70	1500	0,00
21,8	40,7	2	150	1500	4,36
23,8	40,3	2	300	1500	3,33
44,8	39,0	4	30	1500	0,00
49,7	39,0	4	70	1500	0,00
47,0	39,2	4	150	1500	0,51
44,3	39,0	4	300	1500	0,00
92,0	39,0	8	30	1500	0,00
101,5	39,0	8	70	1500	0,00
126,8	39,0	8	150	1500	0,00
88,3	39,2	8	300	1500	0,51

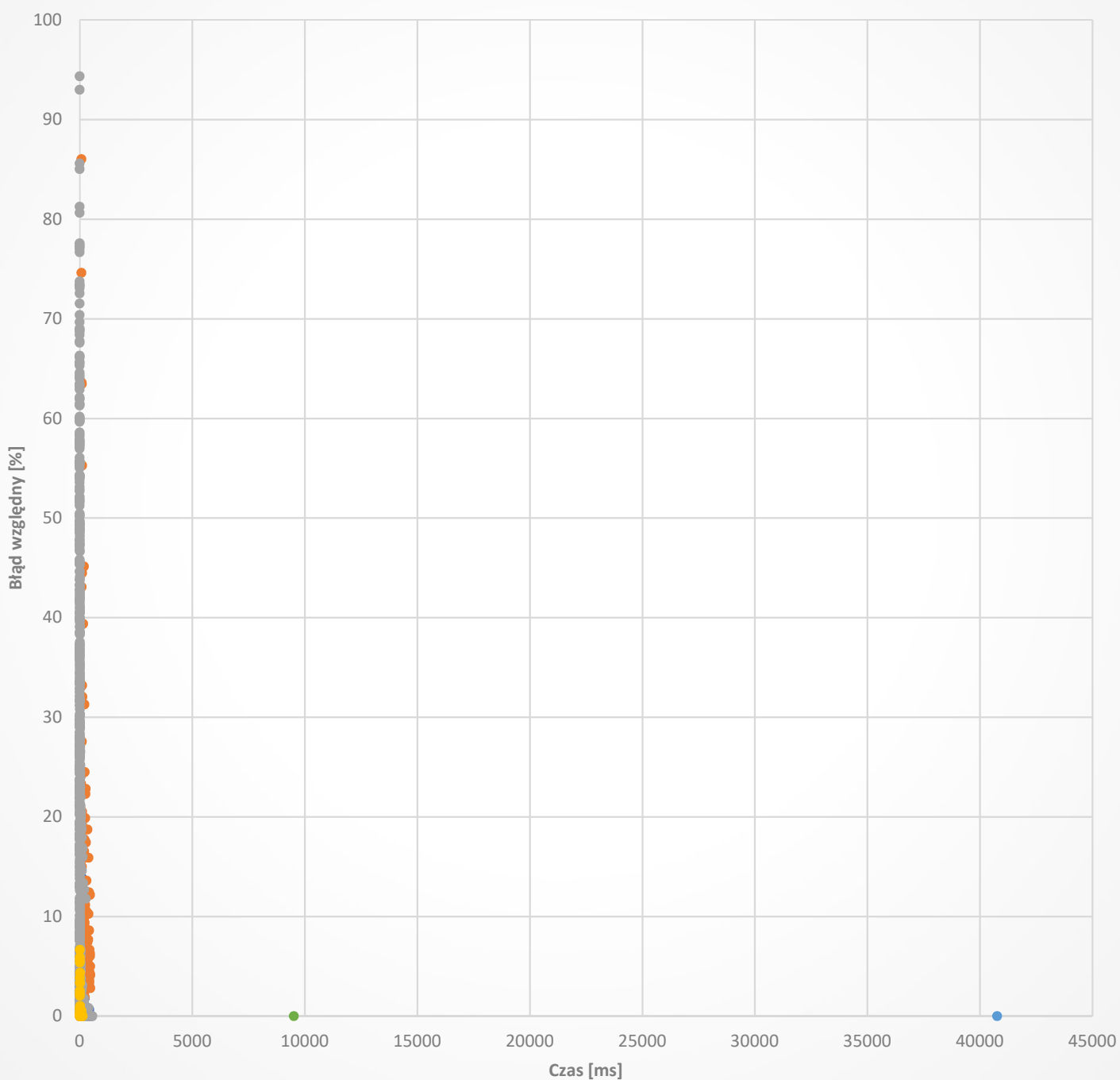
3.3.5.5. Algorytmy dokładne

Czas	Metoda	Błąd względny
[ms]	[-]	[%]
40766	BnB	0
9516	Held-Karp	0

3.3.5.6. Wykres – wszystkie algorytmy

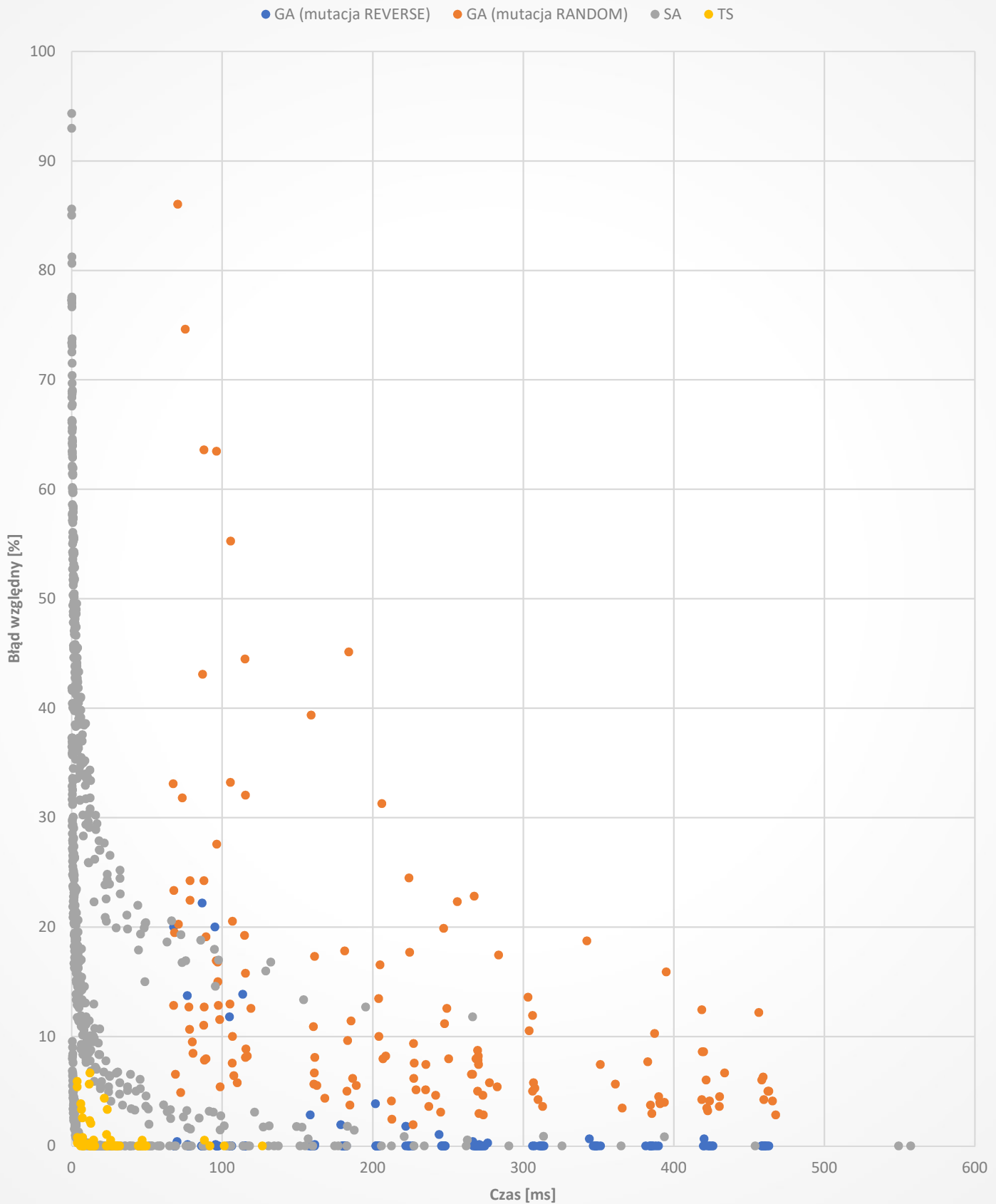
Zestawienie wszystkich algorytmów (dla br17.atsp)

● GA (mutacja REVERSE) ● GA (mutacja RANDOM) ● SA ● TS ● BnB ● Held-Karp



3.3.5.7. Wykres – algorytmy niedokładne

Zestawienie algorytmów niedokładnych (br17.atsp)



3.3.5.8. *Komentarz*

Na pierwszym wykresie widać, że algorytmy dokładne są o rzędy wielkości wolniejsze niż algorytmy niedokładne – a to tylko dla instancji o 17 wierzchołkach. Dla większych instancji różnica w czasie wykonania byłaby jeszcze większa.

Jednak szybkość algorytmów niedokładnych jest okupiona gorszą jakością rozwiązań – w skrajnym przypadku błąd przekracza 90% (dla symulowanego wyżarzania).

Oczywiście, dużo zależy od parametrów, ale widać pewne tendencje: generalnie dla tej instancji algorytm genetyczny działał wolniej i dawał gorsze wyniki niż TS czy SA.

Dla dobrze ustawionych parametrów, SA i TS uzyskiwały bardzo dobre, porównywalne wyniki (w okolicy początku układu współrzędnych na wykresie). Jednak dla gorzej ustawionych parametrów SA dawał wyniki bardzo odległe od optymalnego (choć w krótkim czasie); a z drugiej strony dawał bardzo dobre wyniki (pokrywające się z optymalnym), ale w czasie dużo dłuższym, niż TS.

3.3.6. Porównanie algorytmów niedokładnych – kro124.atp

Tak samo, jak wyżej – najpierw tabele, później wykresy.

3.3.6.1. Algorytm genetyczny – mutacja RANDOM

Czas	Populacja	Wsp. Krzyżowania	Wsp. Mutacji	Koszt	Błąd względny
[ms]	[1]	[-]	[-]	[1]	[%]
316,7	30	0,5	0,01	152964,1	322,2
322,9	30	0,5	0,05	139120,1	284,0
333,9	30	0,5	0,1	131834,4	263,9
323,3	30	0,5	0,2	124342,8	243,2
340,2	30	0,5	0,25	124301,8	243,1
322,0	30	0,5	0,3	121229,5	234,6
323,8	30	0,5	0,5	125450,3	246,3
342,2	30	0,5	0,7	139598,0	285,3
366,9	30	0,6	0,01	148306,4	309,3
474,7	30	0,6	0,05	139449,4	284,9
379,0	30	0,6	0,1	132158,3	264,8
380,0	30	0,6	0,2	124929,1	244,8
380,8	30	0,6	0,25	121396,7	235,1
384,3	30	0,6	0,3	119256,3	229,2
388,1	30	0,6	0,5	115956,3	220,1
388,9	30	0,6	0,7	134424,6	271,0
437,8	30	0,7	0,01	148360,5	309,5
434,3	30	0,7	0,05	138137,2	281,3
435,2	30	0,7	0,1	128513,1	254,7
442,3	30	0,7	0,2	121938,9	236,6
448,7	30	0,7	0,25	119211,5	229,0
440,4	30	0,7	0,3	118696,2	227,6
451,6	30	0,7	0,5	114592,1	216,3
446,7	30	0,7	0,7	127496,2	251,9
493,4	30	0,8	0,01	145588,2	301,8
492,9	30	0,8	0,05	138129,6	281,3
494,8	30	0,8	0,1	129552,4	257,6
502,2	30	0,8	0,2	123748,0	241,6
497,9	30	0,8	0,25	119375,3	229,5
497,1	30	0,8	0,3	118708,7	227,7
498,0	30	0,8	0,5	111840,1	208,7
500,8	30	0,8	0,7	124159,3	242,7
554,4	30	0,9	0,01	146851,3	305,3
556,1	30	0,9	0,05	136180,8	275,9
553,3	30	0,9	0,1	128853,7	255,7
553,4	30	0,9	0,2	122536,3	238,2
560,7	30	0,9	0,25	118434,7	226,9
555,5	30	0,9	0,3	117326,7	223,8
560,0	30	0,9	0,5	112842,7	211,5

566,9	30	0,9	0,7	118895,1	228,2
611,1	30	1	0,01	145375,3	301,3
612,0	30	1	0,05	133467,7	268,4
610,2	30	1	0,1	127890,6	253,0
628,6	30	1	0,2	121081,7	234,2
611,1	30	1	0,25	118660,3	227,5
624,7	30	1	0,3	117301,9	223,8
634,8	30	1	0,5	111703,4	208,3
617,9	30	1	0,7	115888,0	219,9
745,6	70	0,5	0,01	135619,9	274,3
762,3	70	0,5	0,05	127854,3	252,9
748,7	70	0,5	0,1	118385,3	226,8
747,3	70	0,5	0,2	111458,2	207,6
751,1	70	0,5	0,25	111268,1	207,1
747,8	70	0,5	0,3	108505,3	199,5
762,5	70	0,5	0,5	106231,8	193,2
764,6	70	0,5	0,7	128923,3	255,8
884,1	70	0,6	0,01	134542,1	271,4
882,8	70	0,6	0,05	123830,3	241,8
888,7	70	0,6	0,1	118331,6	226,6
889,9	70	0,6	0,2	113136,0	212,3
896,5	70	0,6	0,25	109300,0	201,7
892,5	70	0,6	0,3	108105,2	198,4
907,8	70	0,6	0,5	105063,7	190,0
904,6	70	0,6	0,7	119931,3	231,0
1015,2	70	0,7	0,01	134315,7	270,7
1017,2	70	0,7	0,05	123291,6	240,3
1019,0	70	0,7	0,1	117547,6	224,4
1026,8	70	0,7	0,2	112393,4	210,2
1030,3	70	0,7	0,25	107213,4	195,9
1029,2	70	0,7	0,3	105911,9	192,3
1036,1	70	0,7	0,5	101913,3	181,3
1045,6	70	0,7	0,7	111638,6	208,1
1151,6	70	0,8	0,01	133132,0	267,5
1147,2	70	0,8	0,05	123572,6	241,1
1149,5	70	0,8	0,1	118316,8	226,6
1159,4	70	0,8	0,2	109566,7	202,4
1156,5	70	0,8	0,25	110562,5	205,2
1124,6	70	0,8	0,3	105939,3	192,4
1171,7	70	0,8	0,5	100740,1	178,1
1179,2	70	0,8	0,7	105327,2	190,7
1297,1	70	0,9	0,01	133609,8	268,8
1287,3	70	0,9	0,05	121811,6	236,2
1299,6	70	0,9	0,1	116916,5	222,7
1283,0	70	0,9	0,2	109373,1	201,9

1263,7	70	0,9	0,25	106684,1	194,5
1251,7	70	0,9	0,3	105371,1	190,8
1257,0	70	0,9	0,5	99791,5	175,4
1262,5	70	0,9	0,7	101870,6	181,2
1387,0	70	1	0,01	127111,2	250,8
1464,0	70	1	0,05	120626,4	232,9
1411,3	70	1	0,1	116951,5	222,8
1401,3	70	1	0,2	108266,7	198,8
1405,8	70	1	0,25	108346,4	199,1
1410,3	70	1	0,3	105970,4	192,5
1414,8	70	1	0,5	99462,3	174,5
1427,5	70	1	0,7	99456,7	174,5
1256,5	120	0,5	0,01	130915,9	261,3
1262,4	120	0,5	0,05	116907,2	222,7
1267,9	120	0,5	0,1	111953,8	209,0
1277,3	120	0,5	0,2	104877,2	189,5
1273,8	120	0,5	0,25	106414,6	193,7
1260,8	120	0,5	0,3	101588,3	180,4
1271,4	120	0,5	0,5	99442,8	174,5
1290,1	120	0,5	0,7	118705,8	227,6
1499,3	120	0,6	0,01	129261,4	256,8
1489,8	120	0,6	0,05	117307,7	223,8
1498,3	120	0,6	0,1	111744,5	208,4
1501,7	120	0,6	0,2	104206,2	187,6
1522,5	120	0,6	0,25	101554,8	180,3
1502,7	120	0,6	0,3	99385,4	174,3
1534,1	120	0,6	0,5	96987,9	167,7
1515,8	120	0,6	0,7	110409,0	204,7
1713,3	120	0,7	0,01	125565,1	246,6
1745,1	120	0,7	0,05	116390,0	221,3
1934,1	120	0,7	0,1	111470,7	207,7
1941,0	120	0,7	0,2	103319,3	185,2
1939,9	120	0,7	0,25	103046,4	184,4
1982,9	120	0,7	0,3	98593,1	172,1
1929,7	120	0,7	0,5	94886,0	161,9
1889,9	120	0,7	0,7	102207,7	182,1
1986,0	120	0,8	0,01	123636,4	241,3
1986,7	120	0,8	0,05	113724,9	213,9
2158,4	120	0,8	0,1	108905,6	200,6
2108,0	120	0,8	0,2	103404,1	185,4
1981,2	120	0,8	0,25	100543,2	177,5
1987,3	120	0,8	0,3	98081,0	170,7
1915,8	120	0,8	0,5	92827,7	156,2
2004,6	120	0,8	0,7	94972,5	162,1
2172,6	120	0,9	0,01	122452,0	238,0

2171,5	120	0,9	0,05	112356,6	210,1
2176,0	120	0,9	0,1	109821,9	203,1
2178,4	120	0,9	0,2	100930,7	178,6
2198,9	120	0,9	0,25	99442,1	174,5
2192,6	120	0,9	0,3	97175,7	168,2
2196,5	120	0,9	0,5	92062,0	154,1
2212,4	120	0,9	0,7	91727,8	153,2
2413,7	120	1	0,01	117936,9	225,5
2405,7	120	1	0,05	107398,4	196,4
2415,6	120	1	0,1	107912,0	197,9
2417,6	120	1	0,2	103711,8	186,3
2412,9	120	1	0,25	97633,8	169,5
2416,4	120	1	0,3	97148,7	168,1
2440,6	120	1	0,5	90567,7	150,0
2440,8	120	1	0,7	89368,9	146,7

3.3.6.2. Algorytm genetyczny – mutacja REVERSE

Czas	Populacja	Wsp. Krzyżowania	Wsp. Mutacji	Koszt	Błąd względny
[ms]	[1]	[-]	[-]	[1]	[%]
315,8	30	0,5	0,01	131165,7	262,0
314,5	30	0,5	0,05	102359,2	182,5
314,9	30	0,5	0,1	91132,6	151,5
315,7	30	0,5	0,2	80839,3	123,1
315,8	30	0,5	0,25	80004,5	120,8
315,2	30	0,5	0,3	77225,8	113,2
315,4	30	0,5	0,5	79739,3	120,1
317,5	30	0,5	0,7	103125,7	184,6
373,3	30	0,6	0,01	132961,0	267,0
371,6	30	0,6	0,05	101382,6	179,8
371,0	30	0,6	0,1	89067,7	145,8
373,7	30	0,6	0,2	81721,3	125,6
371,8	30	0,6	0,25	74629,8	106,0
373,5	30	0,6	0,3	75058,3	107,2
374,1	30	0,6	0,5	73005,8	101,5
372,9	30	0,6	0,7	97263,9	168,5
428,5	30	0,7	0,01	127642,8	252,3
428,4	30	0,7	0,05	99466,5	174,5
428,3	30	0,7	0,1	90438,1	149,6
429,7	30	0,7	0,2	80172,6	121,3
430,7	30	0,7	0,25	77549,1	114,0
428,6	30	0,7	0,3	73930,3	104,1
430,8	30	0,7	0,5	71822,3	98,2
431,4	30	0,7	0,7	88710,1	144,9
486,4	30	0,8	0,01	129594,4	257,7
485,6	30	0,8	0,05	97368,2	168,8

489,1	30	0,8	0,1	89411,4	146,8
487,0	30	0,8	0,2	78993,1	118,0
488,3	30	0,8	0,25	77365,7	113,5
488,3	30	0,8	0,3	75442,4	108,2
487,8	30	0,8	0,5	69573,0	92,0
487,9	30	0,8	0,7	83289,3	129,9
545,8	30	0,9	0,01	128568,9	254,9
546,2	30	0,9	0,05	102361,4	182,5
543,6	30	0,9	0,1	89069,2	145,8
542,9	30	0,9	0,2	76385,5	110,8
544,2	30	0,9	0,25	76552,9	111,3
543,6	30	0,9	0,3	72065,0	98,9
545,8	30	0,9	0,5	69640,3	92,2
549,3	30	0,9	0,7	79050,0	118,2
602,1	30	1	0,01	126641,6	249,5
601,3	30	1	0,05	101048,9	178,9
611,2	30	1	0,1	87231,7	140,8
601,8	30	1	0,2	75813,7	109,3
602,3	30	1	0,25	76610,2	111,5
603,2	30	1	0,3	74891,7	106,7
602,9	30	1	0,5	70342,9	94,2
604,7	30	1	0,7	77039,2	112,6
734,7	70	0,5	0,01	109876,8	203,3
739,8	70	0,5	0,05	86245,6	138,1
737,6	70	0,5	0,1	75996,6	109,8
739,3	70	0,5	0,2	70420,7	94,4
737,0	70	0,5	0,25	67951,7	87,6
738,9	70	0,5	0,3	67587,9	86,6
737,0	70	0,5	0,5	75242,1	107,7
737,4	70	0,5	0,7	105880,1	192,2
867,2	70	0,6	0,01	108655,7	199,9
867,6	70	0,6	0,05	85278,0	135,4
864,4	70	0,6	0,1	76840,0	112,1
914,7	70	0,6	0,2	68677,7	89,6
868,2	70	0,6	0,25	67880,4	87,4
866,9	70	0,6	0,3	67049,3	85,1
867,6	70	0,6	0,5	67575,0	86,5
871,8	70	0,6	0,7	98855,4	172,9
1003,1	70	0,7	0,01	108662,8	199,9
999,9	70	0,7	0,05	83794,1	131,3
1000,9	70	0,7	0,1	74643,2	106,0
1002,3	70	0,7	0,2	69098,9	90,7
999,5	70	0,7	0,25	65214,6	80,0
1002,4	70	0,7	0,3	66240,5	82,8
1001,9	70	0,7	0,5	61918,8	70,9

1004,0	70	0,7	0,7	93225,3	157,3
1134,2	70	0,8	0,01	108137,2	198,5
1132,7	70	0,8	0,05	85245,3	135,3
1135,8	70	0,8	0,1	74684,0	106,1
1134,5	70	0,8	0,2	68576,9	89,3
1136,6	70	0,8	0,25	65497,4	80,8
1135,8	70	0,8	0,3	64422,2	77,8
1137,6	70	0,8	0,5	62801,2	73,3
1140,1	70	0,8	0,7	83129,4	129,4
1269,1	70	0,9	0,01	105682,2	191,7
1274,8	70	0,9	0,05	85193,7	135,1
1272,3	70	0,9	0,1	75133,6	107,4
1275,0	70	0,9	0,2	68867,3	90,1
1264,0	70	0,9	0,25	66772,9	84,3
1266,4	70	0,9	0,3	64274,4	77,4
1269,0	70	0,9	0,5	64119,7	77,0
1274,0	70	0,9	0,7	75133,8	107,4
1399,0	70	1	0,01	106471,9	193,9
1399,4	70	1	0,05	83580,6	130,7
1397,5	70	1	0,1	76133,2	110,1
1399,5	70	1	0,2	68865,9	90,1
1401,1	70	1	0,25	67462,1	86,2
1403,5	70	1	0,3	65674,6	81,3
1402,4	70	1	0,5	63160,0	74,3
1414,5	70	1	0,7	85436,2	135,8
1258,9	120	0,5	0,01	98641,4	172,3
1259,0	120	0,5	0,05	77693,1	114,4
1257,4	120	0,5	0,1	70834,6	95,5
1257,4	120	0,5	0,2	66250,0	82,9
1254,7	120	0,5	0,25	63118,5	74,2
1257,0	120	0,5	0,3	63334,8	74,8
1258,1	120	0,5	0,5	75138,9	107,4
1256,7	120	0,5	0,7	110089,0	203,9
1487,9	120	0,6	0,01	100969,9	178,7
1492,6	120	0,6	0,05	76479,8	111,1
1494,3	120	0,6	0,1	70411,9	94,3
1491,1	120	0,6	0,2	65755,9	81,5
1487,9	120	0,6	0,25	64284,9	77,4
1488,3	120	0,6	0,3	63278,4	74,7
1486,4	120	0,6	0,5	62758,4	73,2
1485,5	120	0,6	0,7	105423,5	191,0
1706,6	120	0,7	0,01	96777,2	167,1
1716,8	120	0,7	0,05	76139,3	110,2
1718,9	120	0,7	0,1	69500,0	91,8
1712,4	120	0,7	0,2	63357,7	74,9

1718,1	120	0,7	0,25	61662,5	70,2
1713,4	120	0,7	0,3	61807,8	70,6
1715,7	120	0,7	0,5	61059,8	68,5
1714,1	120	0,7	0,7	99600,4	174,9
1946,3	120	0,8	0,01	96051,0	165,1
1945,5	120	0,8	0,05	75934,3	109,6
1962,0	120	0,8	0,1	70647,7	95,0
1944,4	120	0,8	0,2	63386,8	75,0
1938,7	120	0,8	0,25	62600,0	72,8
1942,2	120	0,8	0,3	60555,3	67,1
1945,8	120	0,8	0,5	59520,0	64,3
1880,8	120	0,8	0,7	91791,8	153,4
2167,2	120	0,9	0,01	94231,1	160,1
2169,8	120	0,9	0,05	76601,1	111,4
2167,3	120	0,9	0,1	69189,5	91,0
2169,8	120	0,9	0,2	63456,6	75,1
2176,2	120	0,9	0,25	62900,9	73,6
2178,1	120	0,9	0,3	61530,5	69,8
2177,4	120	0,9	0,5	59850,0	65,2
2175,8	120	0,9	0,7	91719,5	153,2
2393,6	120	1	0,01	92116,7	154,3
2394,9	120	1	0,05	76589,5	111,4
2402,6	120	1	0,1	68432,4	88,9
2397,5	120	1	0,2	63266,8	74,6
2418,5	120	1	0,25	63072,8	74,1
2399,1	120	1	0,3	61992,7	71,1
2399,2	120	1	0,5	60415,6	66,8
2406,1	120	1	0,7	104002,1	187,1

3.3.6.3. Symulowane wyżarzanie

Czas	Restarty	Iteracje	Temp. Początkowa	Temp. Końcowa	Stała chłodzenia	Koszt	Błąd względny
[ms]	[1]	[1]	[-]	[-]	[-]	[1]	[%]
0,14	1	200	100	50	0,75	107151,6	195,8
0,18	1	200	100	50	0,8	102028,1	181,6
0,27	1	200	100	50	0,9	91866,5	153,6
2,15	1	200	100	50	0,99	64609,1	78,3
0,22	1	200	200	50	0,75	98062,2	170,7
0,28	1	200	200	50	0,8	91198,2	151,7
0,50	1	200	200	50	0,9	80484,2	122,1
5,57	1	200	200	50	0,99	58303,0	60,9
0,35	1	200	500	50	0,75	87040,2	140,2
0,43	1	200	500	50	0,8	83913,2	131,6
0,74	1	200	500	50	0,9	74239,0	104,9
6,95	1	200	500	50	0,99	52687,4	45,4
0,40	1	200	1000	50	0,75	84944,6	134,5

0,49	1	200	1000	50	0,8	80993,9	123,6
0,95	1	200	1000	50	0,9	71356,0	97,0
8,95	1	200	1000	50	0,99	52069,7	43,7
0,52	1	200	3000	50	0,75	83254,6	129,8
0,65	1	200	3000	50	0,8	80548,8	122,3
1,22	1	200	3000	50	0,9	71561,6	97,5
12,09	1	200	3000	50	0,99	51834,1	43,1
0,34	1	200	100	10	0,75	86967,8	140,0
0,40	1	200	100	10	0,8	84801,4	134,1
0,75	1	200	100	10	0,9	75711,1	109,0
7,01	1	200	100	10	0,99	59582,6	64,5
0,40	1	200	200	10	0,75	84327,5	132,8
0,49	1	200	200	10	0,8	80589,5	122,4
0,96	1	200	200	10	0,9	71713,1	97,9
9,10	1	200	200	10	0,99	55587,8	53,4
0,50	1	200	500	10	0,75	80202,7	121,4
0,61	1	200	500	10	0,8	77206,1	113,1
1,32	1	200	500	10	0,9	68145,3	88,1
12,63	1	200	500	10	0,99	51447,3	42,0
0,60	1	200	1000	10	0,75	77505,5	113,9
0,72	1	200	1000	10	0,8	74772,8	106,4
1,48	1	200	1000	10	0,9	66377,2	83,2
14,88	1	200	1000	10	0,99	50417,9	39,2
0,67	1	200	3000	10	0,75	77446,6	113,8
0,87	1	200	3000	10	0,8	73782,5	103,7
1,78	1	200	3000	10	0,9	65822,0	81,7
17,18	1	200	3000	10	0,99	49974,5	37,9
0,66	1	200	100	1	0,75	79071,1	118,2
0,76	1	200	100	1	0,8	76038,4	109,9
1,55	1	200	100	1	0,9	68686,0	89,6
15,55	1	200	100	1	0,99	59022,8	62,9
0,70	1	200	200	1	0,75	76784,1	111,9
0,87	1	200	200	1	0,8	74346,4	105,2
1,79	1	200	200	1	0,9	67593,5	86,6
17,76	1	200	200	1	0,99	55553,7	53,3
0,80	1	200	500	1	0,75	74216,8	104,8
0,98	1	200	500	1	0,8	71972,7	98,7
2,03	1	200	500	1	0,9	64292,3	77,5
20,56	1	200	500	1	0,99	51267,8	41,5
0,89	1	200	1000	1	0,75	72708,5	100,7
1,07	1	200	1000	1	0,8	70651,3	95,0
2,26	1	200	1000	1	0,9	62743,4	73,2
22,56	1	200	1000	1	0,99	50019,8	38,1
1,00	1	200	3000	1	0,75	72264,0	99,5
1,23	1	200	3000	1	0,8	69456,1	91,7

2,54	1	200	3000	1	0,9	62868,5	73,5
25,66	1	200	3000	1	0,99	50193,1	38,5
0,24	2	200	100	50	0,75	105594,4	191,5
0,29	2	200	100	50	0,8	99150,7	173,7
0,50	2	200	100	50	0,9	88899,0	145,4
4,27	2	200	100	50	0,99	62630,3	72,9
0,36	2	200	200	50	0,75	95415,2	163,4
0,48	2	200	200	50	0,8	89023,7	145,7
0,92	2	200	200	50	0,9	78840,7	117,6
8,43	2	200	200	50	0,99	56730,0	56,6
0,62	2	200	500	50	0,75	85070,3	134,8
0,74	2	200	500	50	0,8	81818,4	125,8
1,44	2	200	500	50	0,9	72133,0	99,1
13,98	2	200	500	50	0,99	51467,3	42,1
0,74	2	200	1000	50	0,75	82920,4	128,9
0,92	2	200	1000	50	0,8	79280,5	118,8
1,83	2	200	1000	50	0,9	69380,4	91,5
18,35	2	200	1000	50	0,99	50507,8	39,4
0,98	2	200	3000	50	0,75	82027,6	126,4
1,21	2	200	3000	50	0,8	78364,0	116,3
2,42	2	200	3000	50	0,9	69268,2	91,2
24,45	2	200	3000	50	0,99	50630,8	39,7
0,61	2	200	100	10	0,75	85541,9	136,1
0,75	2	200	100	10	0,8	81667,1	125,4
1,42	2	200	100	10	0,9	73394,2	102,6
14,17	2	200	100	10	0,99	57533,8	58,8
0,73	2	200	200	10	0,75	82368,2	127,3
0,92	2	200	200	10	0,8	78773,4	117,4
1,84	2	200	200	10	0,9	69557,8	92,0
18,32	2	200	200	10	0,99	53895,1	48,8
0,93	2	200	500	10	0,75	78024,0	115,4
1,18	2	200	500	10	0,8	74781,6	106,4
2,40	2	200	500	10	0,9	66283,6	83,0
23,93	2	200	500	10	0,99	49828,2	37,5
1,11	2	200	1000	10	0,75	75352,0	108,0
1,35	2	200	1000	10	0,8	72634,5	100,5
2,76	2	200	1000	10	0,9	64166,4	77,1
27,94	2	200	1000	10	0,99	49026,5	35,3
1,28	2	200	3000	10	0,75	75330,0	107,9
1,62	2	200	3000	10	0,8	72210,6	99,3
3,40	2	200	3000	10	0,9	63734,7	75,9
34,27	2	200	3000	10	0,99	49036,0	35,3
1,21	2	200	100	1	0,75	76695,2	111,7
1,48	2	200	100	1	0,8	74454,4	105,5
2,99	2	200	100	1	0,9	66971,0	84,8

33,71	2	200	100	1	0,99	56938,9	57,2
1,35	2	200	200	1	0,75	75015,7	107,1
1,70	2	200	200	1	0,8	72946,5	101,3
3,48	2	200	200	1	0,9	65198,2	80,0
35,81	2	200	200	1	0,99	54031,1	49,1
1,51	2	200	500	1	0,75	73049,5	101,6
1,96	2	200	500	1	0,8	70035,3	93,3
4,03	2	200	500	1	0,9	62583,5	72,7
41,37	2	200	500	1	0,99	49576,8	36,8
1,74	2	200	1000	1	0,75	71090,0	96,2
2,14	2	200	1000	1	0,8	68473,5	89,0
4,35	2	200	1000	1	0,9	61644,3	70,1
45,78	2	200	1000	1	0,99	48896,8	35,0
1,86	2	200	3000	1	0,75	70384,2	94,3
2,45	2	200	3000	1	0,8	67910,3	87,4
5,03	2	200	3000	1	0,9	61059,8	68,5
52,63	2	200	3000	1	0,99	48716,3	34,5
0,44	4	200	100	50	0,75	102773,6	183,7
0,57	4	200	100	50	0,8	97700,7	169,7
0,95	4	200	100	50	0,9	87471,0	141,4
8,73	4	200	100	50	0,99	61236,6	69,0
0,69	4	200	200	50	0,75	93033,9	156,8
0,93	4	200	200	50	0,8	87747,9	142,2
1,81	4	200	200	50	0,9	76724,5	111,8
17,34	4	200	200	50	0,99	55208,5	52,4
1,20	4	200	500	50	0,75	83262,6	129,8
1,42	4	200	500	50	0,8	80507,5	122,2
2,80	4	200	500	50	0,9	70967,5	95,9
28,41	4	200	500	50	0,99	50827,3	40,3
1,43	4	200	1000	50	0,75	81457,3	124,8
1,74	4	200	1000	50	0,8	77446,1	113,8
3,60	4	200	1000	50	0,9	68405,3	88,8
36,37	4	200	1000	50	0,99	49751,1	37,3
1,84	4	200	3000	50	0,75	79749,6	120,1
2,34	4	200	3000	50	0,8	76757,6	111,9
4,81	4	200	3000	50	0,9	67881,1	87,4
49,43	4	200	3000	50	0,99	49443,7	36,5
1,17	4	200	100	10	0,75	83515,1	130,5
1,44	4	200	100	10	0,8	80135,5	121,2
2,82	4	200	100	10	0,9	71492,5	97,3
28,49	4	200	100	10	0,99	55515,4	53,2
1,45	4	200	200	10	0,75	80176,1	121,3
1,79	4	200	200	10	0,8	77133,9	112,9
3,64	4	200	200	10	0,9	68390,9	88,8
36,84	4	200	200	10	0,99	52497,9	44,9

1,82	4	200	500	10	0,75	76809,7	112,0
2,32	4	200	500	10	0,8	73211,4	102,1
4,75	4	200	500	10	0,9	64628,8	78,4
46,95	4	200	500	10	0,99	48909,8	35,0
2,10	4	200	1000	10	0,75	74100,3	104,5
2,58	4	200	1000	10	0,8	70628,7	94,9
5,31	4	200	1000	10	0,9	63197,9	74,4
54,69	4	200	1000	10	0,99	48104,1	32,8
2,43	4	200	3000	10	0,75	74094,1	104,5
3,15	4	200	3000	10	0,8	70816,3	95,5
6,60	4	200	3000	10	0,9	62314,8	72,0
67,29	4	200	3000	10	0,99	47916,4	32,3
2,29	4	200	100	1	0,75	74517,8	105,7
2,82	4	200	100	1	0,8	72226,3	99,4
5,90	4	200	100	1	0,9	65603,7	81,1
61,00	4	200	100	1	0,99	55676,2	53,7
2,52	4	200	200	1	0,75	73289,9	102,3
3,17	4	200	200	1	0,8	70950,2	95,8
6,69	4	200	200	1	0,9	64101,2	76,9
68,84	4	200	200	1	0,99	52620,3	45,2
2,87	4	200	500	1	0,75	70994,9	96,0
3,64	4	200	500	1	0,8	68098,3	88,0
7,69	4	200	500	1	0,9	61470,7	69,7
80,03	4	200	500	1	0,99	48606,4	34,2
3,25	4	200	1000	1	0,75	69417,4	91,6
3,98	4	200	1000	1	0,8	66724,3	84,2
8,46	4	200	1000	1	0,9	59440,8	64,1
88,02	4	200	1000	1	0,99	47822,4	32,0
3,57	4	200	3000	1	0,75	69023,7	90,5
4,61	4	200	3000	1	0,8	66126,5	82,5
9,60	4	200	3000	1	0,9	59472,1	64,2
100,84	4	200	3000	1	0,99	47834,7	32,0
0,77	8	200	100	50	0,75	101307,5	179,6
1,01	8	200	100	50	0,8	95550,4	163,7
1,73	8	200	100	50	0,9	85700,9	136,5
16,47	8	200	100	50	0,99	59517,2	64,3
1,26	8	200	200	50	0,75	91526,3	152,6
1,73	8	200	200	50	0,8	85963,5	137,3
3,38	8	200	200	50	0,9	75355,5	108,0
33,00	8	200	200	50	0,99	53960,9	48,9
2,21	8	200	500	50	0,75	81919,0	126,1
2,69	8	200	500	50	0,8	78636,0	117,0
5,29	8	200	500	50	0,9	69577,0	92,0
54,61	8	200	500	50	0,99	49755,9	37,3
2,68	8	200	1000	50	0,75	79985,3	120,8

3,38	8	200	1000	50	0,8	76083,5	110,0
6,95	8	200	1000	50	0,9	67224,5	85,5
70,69	8	200	1000	50	0,99	48985,6	35,2
3,58	8	200	3000	50	0,75	78774,9	117,4
4,51	8	200	3000	50	0,8	75762,3	109,1
9,22	8	200	3000	50	0,9	66488,0	83,5
95,57	8	200	3000	50	0,99	48728,8	34,5
2,22	8	200	100	10	0,75	82046,2	126,5
2,69	8	200	100	10	0,8	79016,7	118,1
5,34	8	200	100	10	0,9	70269,2	94,0
55,39	8	200	100	10	0,99	54820,3	51,3
2,68	8	200	200	10	0,75	78725,6	117,3
3,41	8	200	200	10	0,8	75413,2	108,2
7,02	8	200	200	10	0,9	66843,6	84,5
72,51	8	200	200	10	0,99	52095,9	43,8
3,40	8	200	500	10	0,75	74972,1	106,9
4,36	8	200	500	10	0,8	71804,3	98,2
9,16	8	200	500	10	0,9	63379,8	74,9
93,86	8	200	500	10	0,99	47987,4	32,5
4,14	8	200	1000	10	0,75	72589,7	100,4
5,05	8	200	1000	10	0,8	70145,0	93,6
10,55	8	200	1000	10	0,9	62021,9	71,2
110,00	8	200	1000	10	0,99	47199,5	30,3
4,78	8	200	3000	10	0,75	72979,9	101,4
6,20	8	200	3000	10	0,8	69159,2	90,9
13,11	8	200	3000	10	0,9	61369,9	69,4
134,55	8	200	3000	10	0,99	47256,0	30,4
4,49	8	200	100	1	0,75	73274,9	102,2
5,52	8	200	100	1	0,8	70688,4	95,1
11,60	8	200	100	1	0,9	63763,6	76,0
121,35	8	200	100	1	0,99	54069,6	49,2
4,98	8	200	200	1	0,75	71815,8	98,2
6,24	8	200	200	1	0,8	69028,3	90,5
13,49	8	200	200	1	0,9	62153,5	71,6
137,42	8	200	200	1	0,99	51739,4	42,8
5,67	8	200	500	1	0,75	69461,6	91,7
7,21	8	200	500	1	0,8	66829,3	84,5
15,19	8	200	500	1	0,9	60095,0	65,9
159,88	8	200	500	1	0,99	47846,7	32,1
6,40	8	200	1000	1	0,75	68147,1	88,1
7,89	8	200	1000	1	0,8	65802,9	81,6
16,84	8	200	1000	1	0,9	58933,4	62,7
175,70	8	200	1000	1	0,99	46900,1	29,5
7,09	8	200	3000	1	0,75	67895,5	87,4
9,04	8	200	3000	1	0,8	65300,8	80,2

19,07	8	200	3000	1	0,9	58176,0	60,6
200,21	8	200	3000	1	0,99	46992,5	29,7
0,19	1	300	100	50	0,75	98977,8	173,2
0,24	1	300	100	50	0,8	93795,1	158,9
0,38	1	300	100	50	0,9	85280,9	135,4
3,16	1	300	100	50	0,99	62129,9	71,5
0,29	1	300	200	50	0,75	90834,1	150,7
0,38	1	300	200	50	0,8	85154,3	135,0
0,70	1	300	200	50	0,9	75081,6	107,2
6,26	1	300	200	50	0,99	56346,0	55,5
0,47	1	300	500	50	0,75	81011,3	123,6
0,56	1	300	500	50	0,8	78354,7	116,3
1,06	1	300	500	50	0,9	69845,5	92,8
10,35	1	300	500	50	0,99	50417,0	39,2
0,56	1	300	1000	50	0,75	79294,9	118,9
0,70	1	300	1000	50	0,8	75954,8	109,6
1,37	1	300	1000	50	0,9	66368,7	83,2
13,50	1	300	1000	50	0,99	50090,7	38,3
0,73	1	300	3000	50	0,75	78393,3	116,4
0,91	1	300	3000	50	0,8	75426,6	108,2
1,79	1	300	3000	50	0,9	66730,5	84,2
18,23	1	300	3000	50	0,99	49893,3	37,7
0,48	1	300	100	10	0,75	81993,4	126,3
0,57	1	300	100	10	0,8	78603,2	117,0
1,06	1	300	100	10	0,9	71598,1	97,6
10,47	1	300	100	10	0,99	58038,7	60,2
0,57	1	300	200	10	0,75	78335,6	116,2
0,70	1	300	200	10	0,8	74737,1	106,3
1,40	1	300	200	10	0,9	67997,2	87,7
13,54	1	300	200	10	0,99	54214,8	49,6
0,71	1	300	500	10	0,75	74903,9	106,7
0,89	1	300	500	10	0,8	70878,1	95,6
1,82	1	300	500	10	0,9	63879,4	76,3
17,62	1	300	500	10	0,99	49442,7	36,5
0,87	1	300	1000	10	0,75	72114,1	99,0
1,03	1	300	1000	10	0,8	70120,8	93,5
2,06	1	300	1000	10	0,9	62547,6	72,6
20,58	1	300	1000	10	0,99	48887,6	34,9
0,96	1	300	3000	10	0,75	72734,3	100,8
1,25	1	300	3000	10	0,8	69189,5	91,0
2,55	1	300	3000	10	0,9	61883,9	70,8
25,69	1	300	3000	10	0,99	48593,7	34,1
0,92	1	300	100	1	0,75	73994,5	104,2
1,10	1	300	100	1	0,8	71702,9	97,9
2,26	1	300	100	1	0,9	65728,5	81,4

22,88	1	300	100	1	0,99	57708,3	59,3
1,01	1	300	200	1	0,75	72738,2	100,8
1,28	1	300	200	1	0,8	69994,4	93,2
2,58	1	300	200	1	0,9	64570,3	78,2
25,93	1	300	200	1	0,99	54154,5	49,5
1,15	1	300	500	1	0,75	70101,8	93,5
1,42	1	300	500	1	0,8	67105,5	85,2
2,96	1	300	500	1	0,9	61467,6	69,7
29,93	1	300	500	1	0,99	49283,6	36,0
1,28	1	300	1000	1	0,75	68865,6	90,1
1,55	1	300	1000	1	0,8	66441,1	83,4
3,24	1	300	1000	1	0,9	59747,3	64,9
32,95	1	300	1000	1	0,99	48515,6	33,9
1,41	1	300	3000	1	0,75	67413,8	86,1
1,77	1	300	3000	1	0,8	65054,6	79,6
3,69	1	300	3000	1	0,9	60100,7	65,9
37,68	1	300	3000	1	0,99	48818,7	34,7
0,33	2	300	100	50	0,75	97268,4	168,5
0,42	2	300	100	50	0,8	92165,7	154,4
0,69	2	300	100	50	0,9	83058,3	129,3
6,24	2	300	100	50	0,99	60209,7	66,2
0,52	2	300	200	50	0,75	88010,9	142,9
0,69	2	300	200	50	0,8	82956,1	129,0
1,33	2	300	200	50	0,9	72446,2	100,0
12,57	2	300	200	50	0,99	54091,0	49,3
0,87	2	300	500	50	0,75	79166,9	118,5
1,06	2	300	500	50	0,8	75959,7	109,7
2,05	2	300	500	50	0,9	67653,6	86,7
20,56	2	300	500	50	0,99	49514,2	36,7
1,05	2	300	1000	50	0,75	76970,9	112,5
1,33	2	300	1000	50	0,8	74673,4	106,1
2,65	2	300	1000	50	0,9	65371,9	80,4
26,61	2	300	1000	50	0,99	48489,6	33,8
1,40	2	300	3000	50	0,75	76757,5	111,9
1,74	2	300	3000	50	0,8	73186,0	102,0
3,51	2	300	3000	50	0,9	65060,4	79,6
38,07	2	300	3000	50	0,99	48911,5	35,0
0,89	2	300	100	10	0,75	79575,6	119,6
1,06	2	300	100	10	0,8	76408,1	110,9
2,07	2	300	100	10	0,9	69136,0	90,8
20,85	2	300	100	10	0,99	55922,2	54,4
1,06	2	300	200	10	0,75	76531,9	111,2
1,34	2	300	200	10	0,8	73432,2	102,7
2,69	2	300	200	10	0,9	65584,2	81,0
27,03	2	300	200	10	0,99	52373,2	44,6

1,33	2	300	500	10	0,75	73019,6	101,5
1,79	2	300	500	10	0,8	70154,4	93,6
3,81	2	300	500	10	0,9	62424,3	72,3
35,58	2	300	500	10	0,99	48074,4	32,7
1,62	2	300	1000	10	0,75	70340,8	94,2
1,95	2	300	1000	10	0,8	67860,7	87,3
4,04	2	300	1000	10	0,9	60584,5	67,2
41,33	2	300	1000	10	0,99	47633,3	31,5
1,85	2	300	3000	10	0,75	70237,8	93,9
2,38	2	300	3000	10	0,8	67771,6	87,1
4,98	2	300	3000	10	0,9	60330,2	66,5
50,60	2	300	3000	10	0,99	47299,0	30,6
1,75	2	300	100	1	0,75	71643,4	97,7
2,15	2	300	100	1	0,8	69188,2	91,0
4,45	2	300	100	1	0,9	64369,7	77,7
45,81	2	300	100	1	0,99	55637,7	53,6
1,92	2	300	200	1	0,75	70186,3	93,7
2,40	2	300	200	1	0,8	68274,5	88,4
5,06	2	300	200	1	0,9	62073,2	71,3
51,75	2	300	200	1	0,99	52784,8	45,7
2,19	2	300	500	1	0,75	68548,0	89,2
2,77	2	300	500	1	0,8	66467,2	83,5
5,74	2	300	500	1	0,9	59502,6	64,2
59,98	2	300	500	1	0,99	47932,2	32,3
2,46	2	300	1000	1	0,75	66462,9	83,4
3,01	2	300	1000	1	0,8	63939,1	76,5
6,44	2	300	1000	1	0,9	58254,6	60,8
65,70	2	300	1000	1	0,99	47605,1	31,4
2,70	2	300	3000	1	0,75	66442,4	83,4
3,46	2	300	3000	1	0,8	64145,7	77,1
7,24	2	300	3000	1	0,9	57688,6	59,2
75,74	2	300	3000	1	0,99	47225,5	30,3
0,60	4	300	100	50	0,75	95230,3	162,8
0,78	4	300	100	50	0,8	90397,7	149,5
1,31	4	300	100	50	0,9	81092,4	123,8
12,40	4	300	100	50	0,99	58276,3	60,9
0,95	4	300	200	50	0,75	85531,2	136,1
1,31	4	300	200	50	0,8	80598,6	122,5
2,57	4	300	200	50	0,9	71395,3	97,1
24,68	4	300	200	50	0,99	52980,6	46,2
1,69	4	300	500	50	0,75	76967,2	112,4
2,04	4	300	500	50	0,8	74286,3	105,0
4,04	4	300	500	50	0,9	66367,0	83,2
41,09	4	300	500	50	0,99	48465,6	33,8
2,02	4	300	1000	50	0,75	75447,0	108,2

2,57	4	300	1000	50	0,8	72182,8	99,2
5,23	4	300	1000	50	0,9	63917,0	76,4
54,36	4	300	1000	50	0,99	47938,6	32,3
2,81	4	300	3000	50	0,75	74316,0	105,1
3,63	4	300	3000	50	0,8	71600,4	97,6
7,15	4	300	3000	50	0,9	63916,0	76,4
74,65	4	300	3000	50	0,99	47690,4	31,6
1,86	4	300	100	10	0,75	77809,5	114,8
2,25	4	300	100	10	0,8	74892,7	106,7
4,14	4	300	100	10	0,9	67164,8	85,4
41,57	4	300	100	10	0,99	54726,1	51,1
2,07	4	300	200	10	0,75	74506,7	105,6
2,59	4	300	200	10	0,8	72093,9	99,0
5,29	4	300	200	10	0,9	64794,1	78,8
53,88	4	300	200	10	0,99	51798,1	43,0
2,58	4	300	500	10	0,75	71192,0	96,5
3,30	4	300	500	10	0,8	68150,3	88,1
6,90	4	300	500	10	0,9	60745,4	67,7
70,57	4	300	500	10	0,99	47212,4	30,3
3,12	4	300	1000	10	0,75	69022,7	90,5
3,87	4	300	1000	10	0,8	66515,9	83,6
7,94	4	300	1000	10	0,9	59203,0	63,4
82,28	4	300	1000	10	0,99	46715,4	28,9
3,62	4	300	3000	10	0,75	68746,0	89,7
4,70	4	300	3000	10	0,8	65942,5	82,0
9,85	4	300	3000	10	0,9	58640,7	61,9
101,36	4	300	3000	10	0,99	46593,8	28,6
3,42	4	300	100	1	0,75	70594,7	94,9
4,19	4	300	100	1	0,8	68138,8	88,1
8,82	4	300	100	1	0,9	62175,0	71,6
91,25	4	300	100	1	0,99	54628,7	50,8
3,75	4	300	200	1	0,75	68900,4	90,2
4,72	4	300	200	1	0,8	66587,5	83,8
10,09	4	300	200	1	0,9	61104,6	68,7
104,29	4	300	200	1	0,99	51208,0	41,3
4,28	4	300	500	1	0,75	66289,3	83,0
5,44	4	300	500	1	0,8	63966,5	76,6
11,47	4	300	500	1	0,9	58026,3	60,2
119,91	4	300	500	1	0,99	47287,7	30,5
4,91	4	300	1000	1	0,75	65251,5	80,1
5,97	4	300	1000	1	0,8	62780,7	73,3
12,96	4	300	1000	1	0,9	56691,7	56,5
132,29	4	300	1000	1	0,99	46330,8	27,9
5,32	4	300	3000	1	0,75	64640,0	78,4
6,86	4	300	3000	1	0,8	62467,3	72,4

14,57	4	300	3000	1	0,9	56525,8	56,0
150,73	4	300	3000	1	0,99	46562,7	28,5
1,13	8	300	100	50	0,75	93367,4	157,7
1,49	8	300	100	50	0,8	87728,8	142,1
2,57	8	300	100	50	0,9	79633,2	119,8
24,74	8	300	100	50	0,99	57320,6	58,2
1,85	8	300	200	50	0,75	84701,6	133,8
2,57	8	300	200	50	0,8	79318,8	118,9
5,06	8	300	200	50	0,9	70338,1	94,1
49,20	8	300	200	50	0,99	51859,2	43,1
3,28	8	300	500	50	0,75	75457,9	108,3
3,99	8	300	500	50	0,8	72629,6	100,5
7,90	8	300	500	50	0,9	64604,2	78,3
81,95	8	300	500	50	0,99	47627,7	31,5
3,97	8	300	1000	50	0,75	74227,6	104,9
5,03	8	300	1000	50	0,8	70849,8	95,6
10,39	8	300	1000	50	0,9	62666,9	73,0
106,23	8	300	1000	50	0,99	46902,2	29,5
5,35	8	300	3000	50	0,75	73090,8	101,7
6,75	8	300	3000	50	0,8	70325,0	94,1
13,76	8	300	3000	50	0,9	62292,1	71,9
144,28	8	300	3000	50	0,99	46642,5	28,7
3,31	8	300	100	10	0,75	76047,5	109,9
4,05	8	300	100	10	0,8	73623,7	103,2
7,96	8	300	100	10	0,9	65826,3	81,7
83,36	8	300	100	10	0,99	53471,4	47,6
4,01	8	300	200	10	0,75	73171,3	102,0
5,17	8	300	200	10	0,8	69958,3	93,1
10,50	8	300	200	10	0,9	62672,2	73,0
107,58	8	300	200	10	0,99	50158,1	38,4
5,08	8	300	500	10	0,75	69816,3	92,7
6,50	8	300	500	10	0,8	66926,1	84,7
13,74	8	300	500	10	0,9	59456,4	64,1
140,65	8	300	500	10	0,99	46210,4	27,5
6,16	8	300	1000	10	0,75	67780,3	87,1
7,68	8	300	1000	10	0,8	65309,0	80,3
15,82	8	300	1000	10	0,9	58057,4	60,2
164,91	8	300	1000	10	0,99	45966,8	26,9
7,14	8	300	3000	10	0,75	67949,4	87,6
9,28	8	300	3000	10	0,8	64646,4	78,4
19,57	8	300	3000	10	0,9	57698,8	59,3
201,85	8	300	3000	10	0,99	45717,1	26,2
6,72	8	300	100	1	0,75	68615,8	89,4
8,29	8	300	100	1	0,8	66803,7	84,4
17,38	8	300	100	1	0,9	61100,1	68,6

181,56	8	300	100	1	0,99	52893,5	46,0
7,47	8	300	200	1	0,75	67757,9	87,0
9,36	8	300	200	1	0,8	65093,8	79,7
19,89	8	300	200	1	0,9	59221,9	63,5
206,63	8	300	200	1	0,99	50237,1	38,7
8,49	8	300	500	1	0,75	65524,8	80,9
10,90	8	300	500	1	0,8	62787,6	73,3
22,69	8	300	500	1	0,9	57028,8	57,4
238,99	8	300	500	1	0,99	46248,0	27,7
9,60	8	300	1000	1	0,75	63102,1	74,2
11,82	8	300	1000	1	0,8	61516,2	69,8
25,23	8	300	1000	1	0,9	55721,8	53,8
264,24	8	300	1000	1	0,99	45742,8	26,3
10,55	8	300	3000	1	0,75	63720,4	75,9
13,53	8	300	3000	1	0,8	61138,7	68,8
28,78	8	300	3000	1	0,9	55017,5	51,9
300,27	8	300	3000	1	0,99	45770,1	26,3
0,33	1	600	100	50	0,75	88121,6	143,2
0,43	1	600	100	50	0,8	82883,4	128,8
0,70	1	600	100	50	0,9	75471,8	108,3
6,24	1	600	100	50	0,99	58367,0	61,1
0,53	1	600	200	50	0,75	80007,8	120,8
0,70	1	600	200	50	0,8	75409,0	108,1
1,33	1	600	200	50	0,9	67999,2	87,7
12,38	1	600	200	50	0,99	52441,5	44,7
0,88	1	600	500	50	0,75	71692,3	97,9
1,06	1	600	500	50	0,8	70013,9	93,2
2,05	1	600	500	50	0,9	62152,9	71,6
20,79	1	600	500	50	0,99	47374,3	30,8
1,07	1	600	1000	50	0,75	69533,1	91,9
1,33	1	600	1000	50	0,8	67696,9	86,9
2,66	1	600	1000	50	0,9	60730,7	67,6
26,66	1	600	1000	50	0,99	47278,9	30,5
1,40	1	600	3000	50	0,75	69628,7	92,2
1,75	1	600	3000	50	0,8	67551,4	86,5
3,54	1	600	3000	50	0,9	60347,7	66,6
35,96	1	600	3000	50	0,99	47261,7	30,4
0,90	1	600	100	10	0,75	72769,4	100,9
1,08	1	600	100	10	0,8	71371,2	97,0
2,07	1	600	100	10	0,9	65245,7	80,1
21,25	1	600	100	10	0,99	56081,1	54,8
1,07	1	600	200	10	0,75	70271,3	94,0
1,34	1	600	200	10	0,8	68205,5	88,3
2,90	1	600	200	10	0,9	62306,8	72,0
27,20	1	600	200	10	0,99	51695,5	42,7

1,35	1	600	500	10	0,75	66770,6	84,3
1,70	1	600	500	10	0,8	64381,3	77,7
3,52	1	600	500	10	0,9	58227,2	60,7
35,16	1	600	500	10	0,99	46780,7	29,1
1,61	1	600	1000	10	0,75	64616,9	78,4
1,96	1	600	1000	10	0,8	62426,6	72,3
4,03	1	600	1000	10	0,9	56864,3	57,0
41,38	1	600	1000	10	0,99	46513,3	28,4
1,86	1	600	3000	10	0,75	64797,1	78,8
2,40	1	600	3000	10	0,8	62331,3	72,0
4,99	1	600	3000	10	0,9	56689,2	56,5
50,48	1	600	3000	10	0,99	46437,1	28,2
1,77	1	600	100	1	0,75	68009,7	87,7
2,18	1	600	100	1	0,8	66956,4	84,8
4,42	1	600	100	1	0,9	62073,0	71,3
45,64	1	600	100	1	0,99	55807,8	54,0
2,09	1	600	200	1	0,75	66892,1	84,6
2,54	1	600	200	1	0,8	65015,4	79,5
5,60	1	600	200	1	0,9	60107,3	65,9
53,21	1	600	200	1	0,99	51352,3	41,7
2,22	1	600	500	1	0,75	64288,1	77,4
2,94	1	600	500	1	0,8	62043,9	71,3
5,96	1	600	500	1	0,9	56807,8	56,8
61,35	1	600	500	1	0,99	47076,7	29,9
2,53	1	600	1000	1	0,75	62026,8	71,2
3,10	1	600	1000	1	0,8	60146,9	66,0
6,81	1	600	1000	1	0,9	55487,0	53,2
66,62	1	600	1000	1	0,99	46702,6	28,9
2,77	1	600	3000	1	0,75	62034,2	71,2
3,71	1	600	3000	1	0,8	60055,6	65,8
7,70	1	600	3000	1	0,9	54617,9	50,8
76,70	1	600	3000	1	0,99	46624,2	28,7
0,62	2	600	100	50	0,75	85751,7	136,7
0,80	2	600	100	50	0,8	80527,7	122,3
1,35	2	600	100	50	0,9	73391,5	102,6
12,86	2	600	100	50	0,99	56541,6	56,1
1,02	2	600	200	50	0,75	77498,3	113,9
1,41	2	600	200	50	0,8	72981,8	101,4
2,71	2	600	200	50	0,9	65492,3	80,8
26,19	2	600	200	50	0,99	50905,5	40,5
1,77	2	600	500	50	0,75	69621,8	92,2
2,10	2	600	500	50	0,8	67646,3	86,7
4,17	2	600	500	50	0,9	60454,6	66,9
45,44	2	600	500	50	0,99	46680,1	28,8
2,32	2	600	1000	50	0,75	68304,2	88,5

2,71	2	600	1000	50	0,8	65866,4	81,8
5,40	2	600	1000	50	0,9	58787,1	62,3
55,79	2	600	1000	50	0,99	46108,2	27,3
3,18	2	600	3000	50	0,75	67832,8	87,2
6,60	2	600	3000	50	0,8	65781,7	81,6
8,69	2	600	3000	50	0,9	58734,8	62,1
77,78	2	600	3000	50	0,99	46194,2	27,5
1,90	2	600	100	10	0,75	71167,6	96,4
2,28	2	600	100	10	0,8	69452,7	91,7
4,53	2	600	100	10	0,9	63330,9	74,8
46,91	2	600	100	10	0,99	54736,3	51,1
2,14	2	600	200	10	0,75	68860,0	90,1
2,68	2	600	200	10	0,8	66322,6	83,1
5,81	2	600	200	10	0,9	60562,7	67,2
55,79	2	600	200	10	0,99	50033,6	38,1
2,68	2	600	500	10	0,75	64572,7	78,2
3,39	2	600	500	10	0,8	62222,3	71,7
7,13	2	600	500	10	0,9	56522,8	56,0
72,34	2	600	500	10	0,99	45924,6	26,8
3,21	2	600	1000	10	0,75	62968,3	73,8
3,93	2	600	1000	10	0,8	61045,2	68,5
8,32	2	600	1000	10	0,9	55105,6	52,1
84,88	2	600	1000	10	0,99	45231,8	24,8
3,71	2	600	3000	10	0,75	63272,0	74,6
4,89	2	600	3000	10	0,8	60554,3	67,1
10,22	2	600	3000	10	0,9	55324,6	52,7
103,87	2	600	3000	10	0,99	45663,2	26,0
3,52	2	600	100	1	0,75	65346,5	80,4
4,31	2	600	100	1	0,8	64347,3	77,6
9,00	2	600	100	1	0,9	60015,7	65,7
93,77	2	600	100	1	0,99	54261,0	49,8
3,94	2	600	200	1	0,75	63582,0	75,5
4,87	2	600	200	1	0,8	62488,1	72,5
10,33	2	600	200	1	0,9	58621,9	61,8
106,64	2	600	200	1	0,99	49809,2	37,5
4,43	2	600	500	1	0,75	61607,9	70,0
5,59	2	600	500	1	0,8	59743,8	64,9
11,88	2	600	500	1	0,9	54749,1	51,1
122,97	2	600	500	1	0,99	45536,2	25,7
4,98	2	600	1000	1	0,75	59766,4	65,0
6,19	2	600	1000	1	0,8	58343,8	61,0
13,03	2	600	1000	1	0,9	53908,9	48,8
135,64	2	600	1000	1	0,99	45497,4	25,6
5,49	2	600	3000	1	0,75	60479,6	66,9
7,09	2	600	3000	1	0,8	58074,5	60,3

14,95	2	600	3000	1	0,9	53875,5	48,7
157,51	2	600	3000	1	0,99	45395,6	25,3
1,17	4	600	100	50	0,75	83192,6	129,6
1,56	4	600	100	50	0,8	79510,4	119,5
2,64	4	600	100	50	0,9	71493,8	97,3
25,40	4	600	100	50	0,99	55165,3	52,3
1,90	4	600	200	50	0,75	75750,0	109,1
2,64	4	600	200	50	0,8	71501,0	97,4
5,21	4	600	200	50	0,9	64470,9	77,9
51,31	4	600	200	50	0,99	49609,6	36,9
3,68	4	600	500	50	0,75	68284,8	88,5
4,41	4	600	500	50	0,8	66015,6	82,2
8,24	4	600	500	50	0,9	59115,4	63,2
84,66	4	600	500	50	0,99	45712,8	26,2
4,10	4	600	1000	50	0,75	67289,2	85,7
5,24	4	600	1000	50	0,8	64756,9	78,7
10,81	4	600	1000	50	0,9	57638,1	59,1
110,01	4	600	1000	50	0,99	45392,3	25,3
5,47	4	600	3000	50	0,75	66424,4	83,3
6,92	4	600	3000	50	0,8	64159,5	77,1
14,26	4	600	3000	50	0,9	57750,3	59,4
147,86	4	600	3000	50	0,99	45298,2	25,0
3,46	4	600	100	10	0,75	69083,7	90,7
4,14	4	600	100	10	0,8	67548,4	86,4
8,25	4	600	100	10	0,9	62077,3	71,3
86,79	4	600	100	10	0,99	52996,3	46,3
4,12	4	600	200	10	0,75	67126,8	85,3
5,24	4	600	200	10	0,8	64594,5	78,3
10,84	4	600	200	10	0,9	58732,8	62,1
110,67	4	600	200	10	0,99	48692,6	34,4
5,24	4	600	500	10	0,75	63406,2	75,0
6,71	4	600	500	10	0,8	61014,2	68,4
14,16	4	600	500	10	0,9	55327,1	52,7
144,60	4	600	500	10	0,99	44917,2	24,0
6,37	4	600	1000	10	0,75	61531,4	69,8
7,80	4	600	1000	10	0,8	59631,3	64,6
16,37	4	600	1000	10	0,9	54060,1	49,2
169,74	4	600	1000	10	0,99	44747,3	23,5
7,49	4	600	3000	10	0,75	61780,8	70,5
9,55	4	600	3000	10	0,8	59900,0	65,3
20,28	4	600	3000	10	0,9	54188,6	49,6
207,87	4	600	3000	10	0,99	44401,1	22,6
7,04	4	600	100	1	0,75	64012,8	76,7
8,60	4	600	100	1	0,8	62315,7	72,0
18,92	4	600	100	1	0,9	58446,1	61,3

187,79	4	600	100	1	0,99	53029,9	46,4
7,70	4	600	200	1	0,75	62476,2	72,4
9,81	4	600	200	1	0,8	61800,1	70,6
20,65	4	600	200	1	0,9	56897,2	57,0
212,76	4	600	200	1	0,99	48869,2	34,9
8,80	4	600	500	1	0,75	60335,2	66,5
11,14	4	600	500	1	0,8	58276,1	60,9
23,55	4	600	500	1	0,9	53857,1	48,7
248,21	4	600	500	1	0,99	44953,7	24,1
9,91	4	600	1000	1	0,75	58744,0	62,1
12,25	4	600	1000	1	0,8	57018,5	57,4
26,21	4	600	1000	1	0,9	52424,1	44,7
289,23	4	600	1000	1	0,99	44842,5	23,8
11,70	4	600	3000	1	0,75	58351,8	61,1
14,85	4	600	3000	1	0,8	56319,1	55,4
31,86	4	600	3000	1	0,9	52613,4	45,2
321,15	4	600	3000	1	0,99	44682,4	23,3
2,36	8	600	100	50	0,75	82016,4	126,4
3,45	8	600	100	50	0,8	77507,4	113,9
5,71	8	600	100	50	0,9	70349,3	94,2
54,49	8	600	100	50	0,99	53906,1	48,8
4,13	8	600	200	50	0,75	74349,8	105,2
5,53	8	600	200	50	0,8	69900,8	92,9
10,61	8	600	200	50	0,9	62724,8	73,1
107,14	8	600	200	50	0,99	48465,8	33,8
7,54	8	600	500	50	0,75	66962,6	84,8
8,91	8	600	500	50	0,8	64873,2	79,1
16,50	8	600	500	50	0,9	57899,2	59,8
169,15	8	600	500	50	0,99	45015,7	24,2
8,09	8	600	1000	50	0,75	65425,4	80,6
10,36	8	600	1000	50	0,8	62799,9	73,3
21,21	8	600	1000	50	0,9	56456,1	55,8
219,08	8	600	1000	50	0,99	44600,4	23,1
10,94	8	600	3000	50	0,75	65051,1	79,6
13,86	8	600	3000	50	0,8	62838,5	73,4
28,39	8	600	3000	50	0,9	56638,5	56,3
296,51	8	600	3000	50	0,99	44508,7	22,9
6,76	8	600	100	10	0,75	67892,7	87,4
8,23	8	600	100	10	0,8	66448,1	83,4
16,31	8	600	100	10	0,9	60560,0	67,2
177,37	8	600	100	10	0,99	52076,6	43,7
8,92	8	600	200	10	0,75	65202,3	80,0
10,85	8	600	200	10	0,8	63399,3	75,0
25,06	8	600	200	10	0,9	57742,0	59,4
244,56	8	600	200	10	0,99	48289,8	33,3

10,50	8	600	500	10	0,75	62055,9	71,3
13,38	8	600	500	10	0,8	59816,8	65,1
28,26	8	600	500	10	0,9	54368,9	50,1
304,05	8	600	500	10	0,99	44193,9	22,0
12,83	8	600	1000	10	0,75	60157,1	66,0
15,63	8	600	1000	10	0,8	58613,0	61,8
34,82	8	600	1000	10	0,9	53043,0	46,4
395,91	8	600	1000	10	0,99	43868,3	21,1
23,84	8	600	3000	10	0,75	60631,3	67,4
22,68	8	600	3000	10	0,8	58399,4	61,2
42,57	8	600	3000	10	0,9	52711,1	45,5
466,94	8	600	3000	10	0,99	43938,5	21,3
16,10	8	600	100	1	0,75	62345,3	72,1
17,61	8	600	100	1	0,8	61436,2	69,6
36,69	8	600	100	1	0,9	57134,8	57,7
384,01	8	600	100	1	0,99	51699,7	42,7
15,64	8	600	200	1	0,75	61435,5	69,6
19,72	8	600	200	1	0,8	59756,4	64,9
42,04	8	600	200	1	0,9	56023,6	54,6
442,59	8	600	200	1	0,99	47945,4	32,3
18,22	8	600	500	1	0,75	59267,9	63,6
22,37	8	600	500	1	0,8	56694,2	56,5
55,84	8	600	500	1	0,9	52754,9	45,6
510,35	8	600	500	1	0,99	44208,1	22,0
21,58	8	600	1000	1	0,75	57545,9	58,8
25,09	8	600	1000	1	0,8	55844,0	54,1
56,21	8	600	1000	1	0,9	51708,4	42,7
563,46	8	600	1000	1	0,99	44010,2	21,5
22,36	8	600	3000	1	0,75	57418,2	58,5
28,99	8	600	3000	1	0,8	55792,4	54,0
61,62	8	600	3000	1	0,9	51461,5	42,0
648,08	8	600	3000	1	0,99	44002,8	21,5

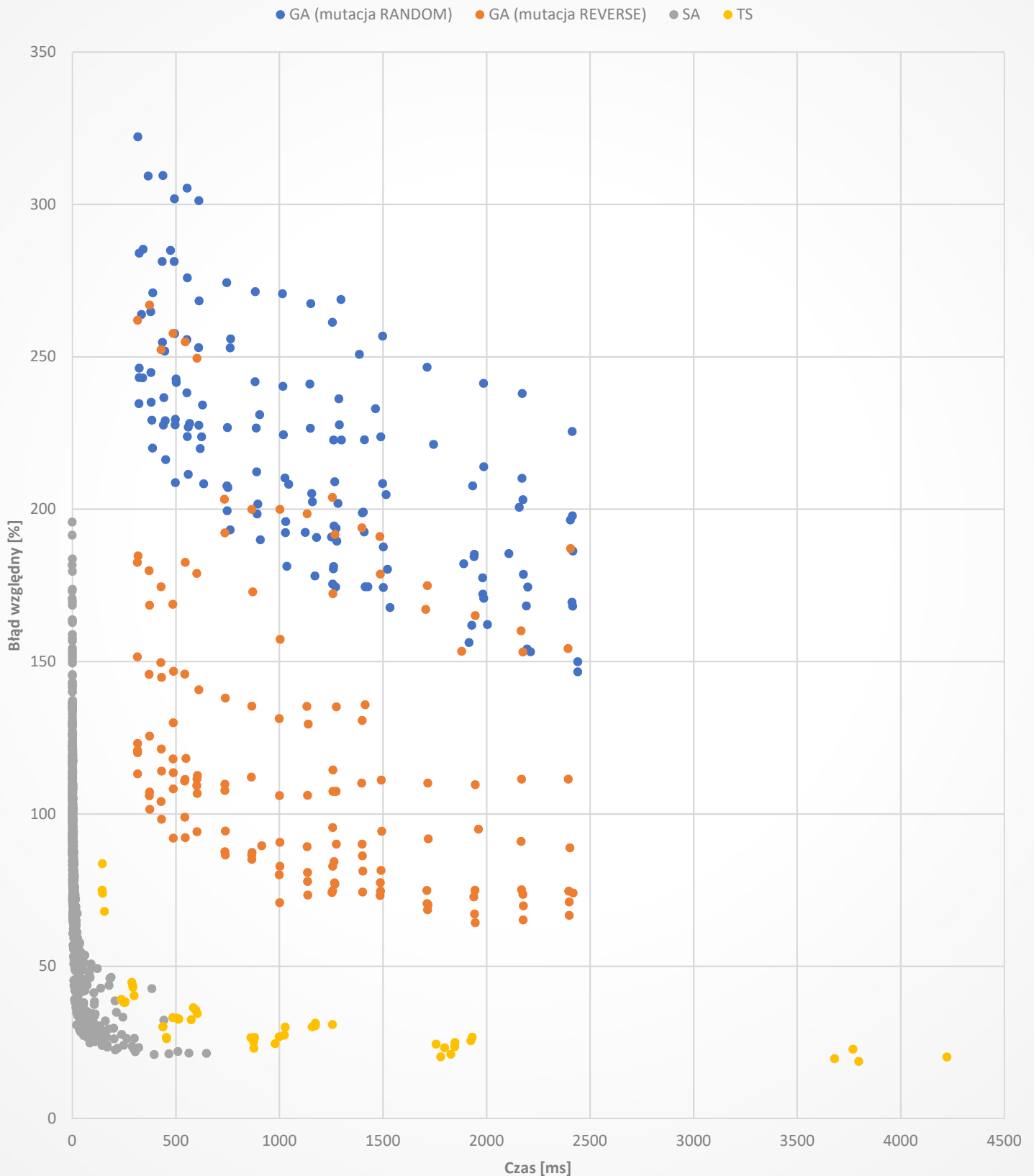
3.3.6.4. Tabu search

Czas	Koszt	Restarty	Długość tabu	Iteracje	Błąd względny
[ms]	[1]	[1]	[1]	[1]	[%]
144,4	63395,7	1	30	500	75,0
145,2	66527,3	1	70	500	83,6
147,0	63040,1	1	150	500	74,0
155,1	60863,7	1	300	500	68,0
288,0	52424,1	2	30	500	44,7
299,0	50845,7	2	70	500	40,3
293,6	51843,1	2	150	500	43,1
292,1	52087,6	2	300	500	43,8
596,5	49132,8	4	30	500	35,6

574,8	47999,5	4	70	500	32,5
604,1	48736,4	4	150	500	34,5
584,8	49421,6	4	300	500	36,4
1173,9	47579,5	8	30	500	31,3
1158,9	47155,1	8	70	500	30,2
1174,6	47275,2	8	150	500	30,5
1255,8	47423,4	8	300	500	30,9
254,8	50044,0	1	30	800	38,1
255,3	50125,4	1	70	800	38,4
236,3	50416,2	1	150	800	39,2
248,2	50078,7	1	300	800	38,2
511,0	48038,8	2	30	800	32,6
515,0	48087,0	2	70	800	32,7
485,6	48237,2	2	150	800	33,1
505,9	48179,4	2	300	800	33,0
1028,8	47123,0	4	30	800	30,1
979,2	45156,1	4	70	800	24,6
1023,8	46148,6	4	150	800	27,4
999,8	45964,6	4	300	800	26,9
1925,2	45504,7	8	30	800	25,6
1847,3	44783,0	8	70	800	23,6
1848,4	45274,8	8	150	800	25,0
1931,8	45914,4	8	300	800	26,7
437,7	47141,7	1	30	1500	30,1
454,8	45873,8	1	70	1500	26,6
455,6	45735,3	1	150	1500	26,2
438,2	47185,9	1	300	1500	30,2
875,6	45358,9	2	30	1500	25,2
862,4	45865,1	2	70	1500	26,6
877,5	44604,1	2	150	1500	23,1
880,1	45883,4	2	300	1500	26,6
1797,8	44658,3	4	30	1500	23,3
1779,2	43580,1	4	70	1500	20,3
1828,1	43893,4	4	150	1500	21,2
1757,1	45093,4	4	300	1500	24,5
3680,7	43354,2	8	30	1500	19,7
3797,5	43028,7	8	70	1500	18,8
4223,6	43544,2	8	150	1500	20,2
3769,3	44475,7	8	300	1500	22,8

3.3.6.5. Wykres

Zestawienie algorytmów niedokładnych (instancja kro124.atsp)



3.3.6.6. *Komentarz*

Na wykresie widać, że z tak dużą instancją najlepiej sobie radzi dobrze dostrojony algorytm SA. TS daje wprawdzie bardzo porównywalne wyniki, ale potrzebuje na to znacznie więcej czasu. Najślabiej sobie radzi algorytm genetyczny – nawet dobrze dostrojony nie działa dużo szybciej, niż bardzo wyśrubowany SA, a błąd daje kilkukrotnie większy.

Wyśrubowany GA działa wprawdzie szybciej, niż wyśrubowany TS, jednak daje błąd na poziomie 75%, podczas gdy przy TS mówimy o 25%.

3.3.7. Zależność od rozmiaru instancji

			GA		SA		TS	
			Czas	Błąd względny	Czas	Błąd względny	Czas	Błąd względny
Instancja	Koszt optymalny	Rozmiar	[ms]	[%]	[ms]	[%]	[ms]	[%]
br17.atsp	39	17	460,4	0,00	262,2	0,00	46,7	0,00
ftv33.atsp	1286	34	788,2	45,84	275,0	9,87	210,8	11,37
ftv35.atsp	1473	36	841,6	49,32	275,8	8,41	232,8	10,55
ftv38.atsp	1530	39	916,7	54,68	274,8	9,39	273,3	9,82
p43.atsp	5620	43	1023,0	0,33	276,1	0,23	331,9	0,30
ftv44.atsp	1613	45	1069,6	74,04	275,0	12,70	382,1	13,12
ftv47.atsp	1776	48	1144,7	71,43	274,6	13,80	416,5	14,92
ry48p.atsp	14422	48	1152,1	17,47	294,3	5,47	417,1	8,06
ft53.atsp	6905	53	1253,3	78,25	284,9	17,14	517,6	17,00
ftv55.atsp	1608	56	1321,2	103,61	275,9	18,16	593,4	15,94
ftv64.atsp	1839	65	1525,8	109,25	274,0	23,63	780,2	21,79
ft70.atsp	38673	70	1643,0	34,20	287,3	8,26	896,7	6,69
ftv70.atsp	1950	71	1675,4	126,04	274,1	27,03	943,3	21,10
kro124p.atsp	36230	100	2399,1	71,11	300,3	26,33	1848,4	24,96

3.3.7.1. *Parametry*3.3.7.1.1. *GA*

- Populacja: 120
- Współczynnik krzyżowania: 1
- Współczynnik mutacji: 0.3
- Rodzaj mutacji: reverse
- Pokolenia: 400

3.3.7.1.2. *SA*

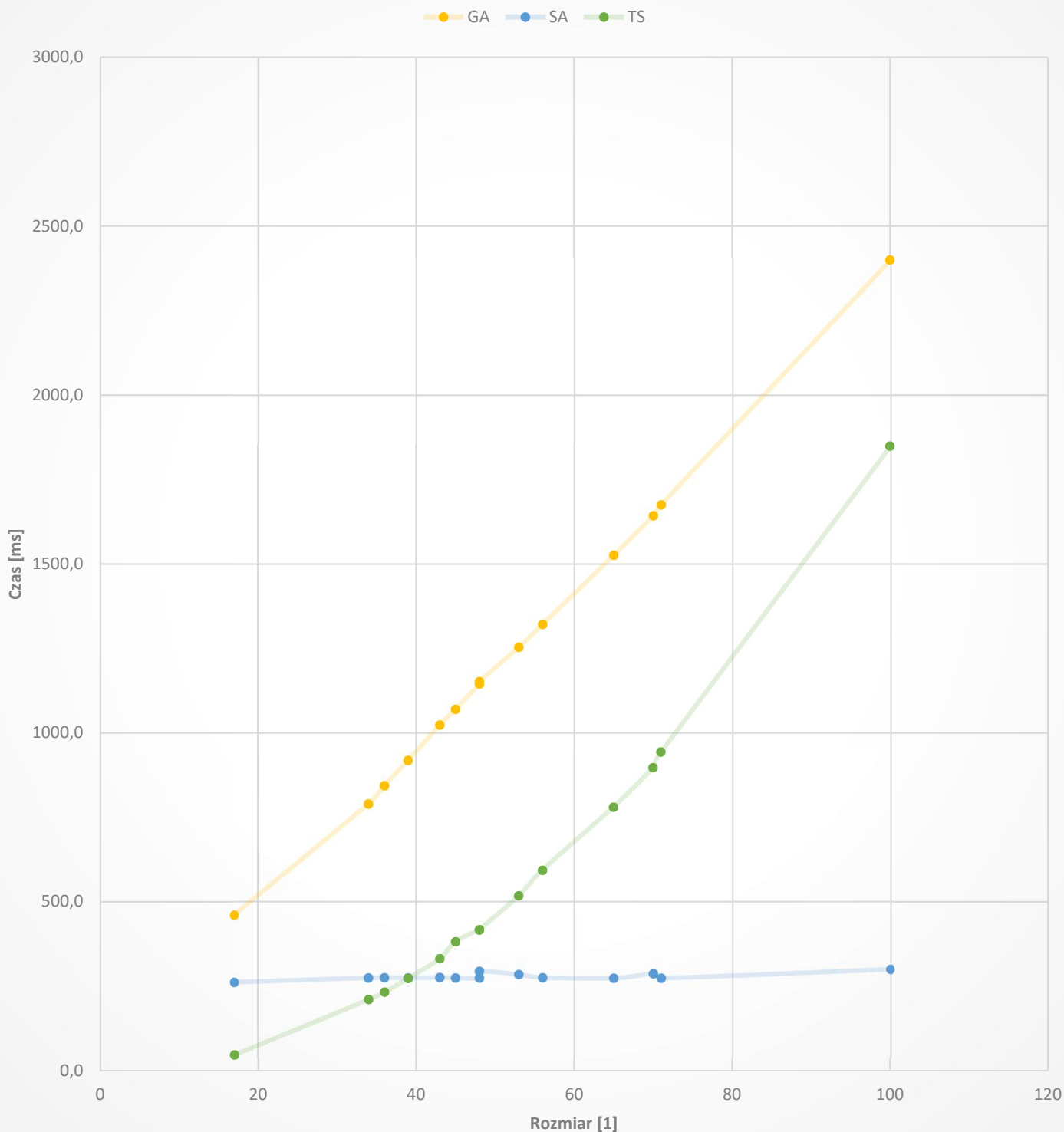
- Próby: 8
- Temperatura początkowa: 3000
- Temperatura minimalna: 1
- Stała chłodzenia: 0.99
- Iteracje: 300

3.3.7.1.3. TS

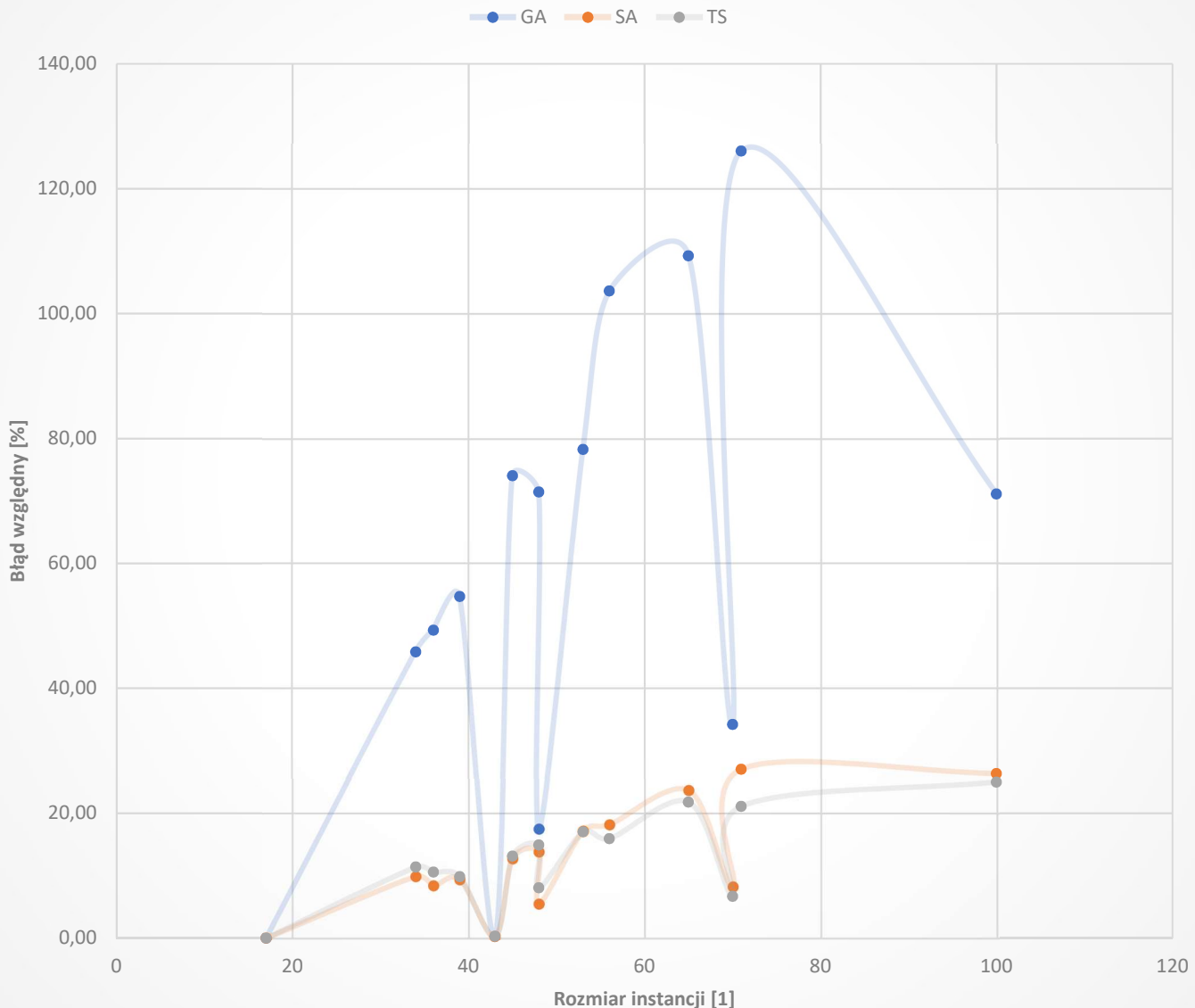
- Próby: 8
- Długość tabu: 150
- Iteracje: 800

3.3.7.2. Wykresy

Porównanie zależności czasu od rozmiaru instancji



Porównanie zależności błędu od rozmiaru instancji



3.3.7.3. Komentarz

Jak widać na pierwszym wykresie, czas wykonania algorytmu genetycznego zależy liniowo od rozmiaru instancji; z kolei Tabu Search przypomina bardziej funkcję kwadratową. Dla małych instancji najszybciej działa TS, dla 40 miast wyprzedza go symulowane wyżarzanie. Najpewniej, dla jeszcze większych instancji GA działałby szybciej niż TS (GA zależy od rozmiaru liniowo, a TS kwadratowo). Najbardziej interesujące jest zachowanie symulowanego wyżarzania, które wygląda niemal jak funkcja stała (wartości w tabeli zdradzają, że czas wykonania SA rośnie wraz z rozmiarem instancji, ale bardzo powoli).

Z kolei w przypadku zależności błędności od rozmiaru instancji – na podstawie tych pomiarów nie da się stwierdzić nic sensownego. Ogólna tendencja dla błędów jest rosnąca, ale przede wszystkim błąd zależy od charakteru konkretnej instancji.

4. Wnioski i uwagi końcowe

W przypadku prezentowanych implementacji SA i TS są dużo efektywniejsze od GA, zarówno czasowo, jak i pod względem jakości zwracanych wyników.

Najlepiej z rozmiarem instancji skaluje się symulowane wyżarzanie.

Algorytmy, które sprawdzają się dobrze w przypadku dużych instancji przeważnie dla małych (poniżej 10 miast) dają wynik znacznie wolniej niż proste algorytmy (takie jak brute-force). Oprócz tego, w przypadku algorytmów niedokładnych nie dają gwarancji optymalnego rozwiązania.

Oznacza to, że nie ma jednego rozwiązania dobrego do wszystkiego i należy dobrać algorytm zależnie od instancji i pożądanego efektu; w przypadku algorytmów niedokładnych należy również dobrać parametry zależnie od pożądanego efektu.

Słaba jakość rozwiązań zwracanych przez GA może wynikać z dużych problemów ze skonstruowaniem dobrego operatora krzyżowania dla permutacji. W przypadku TSP informacja jest przywiązana do krawędzi, a zastosowany operator (PMX) nie radzi sobie z zagwarantowaniem, że krawędź występująca u obu rodziców musi znaleźć się u potomka, a krawędź u potomka musi występować przynajmniej w jednym z rodziców.

Metoda przeglądu zupełnego przestaje sobie radzić (w zastosowanej implementacji na wykorzystywanym sprzęcie) w okolicy 14 miast.

Metody programowania dynamicznego i podziału i ograniczeń przestają dawać wynik w sensownym czasie w okolicy dwudziestu kilku miast.

Poniżej 15 miast lepiej jest używać programowania dynamicznego, które daje gwarancje zarówno czasu wykonania jak i optymalnego rozwiązania.

Dla instancji powyżej 20 miast najlepiej (spośród prezentowanych implementacji) korzystać z symulowanego wyżarzania, tylko trzeba dobrze dobrać parametry.

5. Spis treści

1. Polecenie.....	1
1.1. Dodatkowe wymagania.....	1
2. Wstęp teoretyczny.....	2
2.1. Algorytmy genetyczne	2
2.2. Konstruowanie algorytmu genetycznego	2
2.3. Opis implementacji	2
2.3.1. Kodowanie	2
2.3.2. Funkcja oceny.....	2
2.3.3. Metoda selekcji	2
2.3.4. Operator krzyżowania	3
2.3.5. Operatory mutacji.....	3
2.3.6. Parametry.....	3
2.3.7. Wybór rodziców do krzyżowania	3
2.3.8. Zastosowane struktury.....	3
2.4. Przykład praktyczny	3
3. Eksperyment	8
3.1. Instancje	8
3.2. Plan eksperymentu	8
3.2.1. Testowane wartości parametrów (GA)	8
3.3. Wyniki	9
3.3.1. Wpływ wielkości populacji na wyniki (dla pliku ft70.atsp)	9
3.3.2. Wpływ metody mutacji na wyniki (na przykładzie pomiarów dla ftv70.atsp).....	13
3.3.3. Wpływ współczynnika mutacji na uzyskane wyniki (kro124.atsp)	17
3.3.4. Wpływ współczynnika krzyżowania na uzyskane wyniki (kro124.atsp).....	24
3.3.5. Zestawienie wszystkich algorytmów (br17.atsp).....	33
3.3.6. Porównanie algorytmów niedokładnych – kro124.atsp	60
3.3.7. Zależność od rozmiaru instancji	85
4. Wnioski i uwagi końcowe.....	88
5. Spis treści	89