

# Rozwiązanie problemu komiwojażera z wykorzystaniem algorytmu genetycznego

Piotr Karaś, Tomasz Kawiak, Mateusz Mazur

13 listopada 2024

Rozwiązanie  
problemu  
komiwojażera  
z wykorzystaniem  
algorytmu  
genetycznego

Piotr Karaś,  
Tomasz Kawiak,  
Mateusz Mazur

Przegląd projektu

Programowanie i  
algorytmy  
genetyczne

Problem  
komiwojażera

Kamień milowy 1 -  
Pierwsza wersja  
projektu

Dziękujemy za  
uwagę

Bibliografia

Rozwiązanie  
problemu  
komivożacza  
z wykorzystaniem  
algorytmu  
genetycznego

Piotr Karaś,  
Tomasz Kawiak,  
Mateusz Mazur

# Przegląd projektu

Przegląd projektu

Programowanie i  
algorytmy  
genetyczne

Problem  
komivożacza

Kamień milowy 1 -  
Pierwsza wersja  
projektu

Dziękujemy za  
uwagę

Bibliografia

# Przegląd projektu

**Temat:** Rozwiązanie problemu komiwojażera z wykorzystaniem algorytmu genetycznego

## Cele:

- ▶ Opracowanie bliskiego optimum rozwiązania problemu komiwojażera
- ▶ Implementacja algorytmu w Pythonie przy użyciu PyGAD i wizualizacja wyników
- ▶ Ocena i walidacja rozwiązania, porównanie z innymi metodami optymalizacji

**Stos technologiczny:** Python [6], PyGAD [2]

Rozwiązanie  
problemu  
komiwojażera  
z wykorzystaniem  
algorytmu  
genetycznego

Piotr Karaś,  
Tomasz Kawiak,  
Mateusz Mazur

Przegląd projektu

Programowanie i  
algorytmy  
genetyczne

Problem  
komiwojażera

Kamień milowy 1 -  
Pierwsza wersja  
projektu

Dziękujemy za  
uwagę

Bibliografia

Rozwiązanie  
problemu  
komivożacza  
z wykorzystaniem  
algorytmu  
genetycznego

Piotr Karaś,  
Tomasz Kawiak,  
Mateusz Mazur

# Programowanie i algorytmy genetyczne

Przegląd projektu

Programowanie i  
algorytmy  
genetyczne

Problem  
komivożacza

Kamień milowy 1 -  
Pierwsza wersja  
projektu

Dziękujemy za  
uwagę

Bibliografia

# Programowanie genetyczne

Rozwiązanie  
problemu  
kominiwożera  
z wykorzystaniem  
algorytmu  
genetycznego

Piotr Karaś,  
Tomasz Kawiak,  
Mateusz Mazur

## Programowanie genetyczne, GP (ang. *genetic programming*)

Zautomatyzowana metoda mająca na celu tworzenie programów komputerowych w oparciu o ogólną definicję problemu. Innymi słowy programowanie genetyczne pozwala, w oparciu o wysokopoziomową definicję mówiącą co ma być zrobione, automatycznie stworzyć program, który owo zagadnienie rozwiąże.

Informacje i wskazówki dotyczące programowania genetycznego zaczerpnęliśmy m.in. z [5], [3] oraz [1].

Przegląd projektu

Programowanie i  
algorytmy  
genetyczne

Problem  
kominiwożera

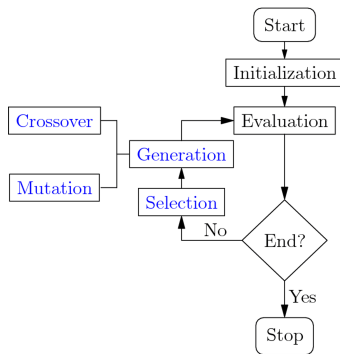
Kamień milowy 1 -  
Pierwsza wersja  
projektu

Dziękujemy za  
uwagę

Bibliografia

# Algorytmy genetyczne

Algorytmy genetyczne to rodzaj algorytmów inspirowanych zasadami biologicznej ewolucji, które są wykorzystywane do rozwiązywania problemów optymalizacyjnych i poszukiwania rozwiązań w dużych przestrzeniach stanów. Działają one poprzez symulowanie procesu selekcji naturalnej, krzyżowania i mutacji, co pozwala na tworzenie coraz lepszych rozwiązań.



Rysunek 1: Algorytm genetyczny.

Proces działania algorytmu genetycznego przedstawia rysunek 1 oraz może być opisany następująco:

- ▶ Inicjalizacja – na początku generuje się populację losowych rozwiązań (nazywanych osobnikami).
- ▶ Selekcja – wybiera się najlepsze osobniki na podstawie funkcji oceny, która określa ich jakość.
- ▶ Krzyżowanie (Crossover) – łączy się wybrane osobniki, tworząc nowe rozwiązania poprzez wymianę ich “genów”.
- ▶ Mutacja – wprowadza się drobne, losowe zmiany do potomków, aby zapewnić różnorodność w populacji.
- ▶ Ewolucja – proces selekcji, krzyżowania i mutacji powtarza się wielokrotnie, aż do osiągnięcia zadowalającego rozwiązania.

Algorytmy genetyczne są szeroko stosowane w różnych dziedzinach, takich jak optymalizacja logistyczna, projektowanie, uczenie maszynowe, robotyka, a nawet sztuka. Pomimo że mogą wymagać dużej mocy obliczeniowej, są w stanie znaleźć dobre przybliżenia do rozwiązań nawet dla bardzo skomplikowanych problemów.

Rozwiązanie  
problemu  
komiwojażera  
z wykorzystaniem  
algorytmu  
genetycznego

Piotr Karaś,  
Tomasz Kawiak,  
Mateusz Mazur

# Problem komiwojażera

Przegląd projektu

Programowanie i  
algorytmy  
genetyczne

**Problem  
komiwojażera**

Kamień milowy 1 -  
Pierwsza wersja  
projektu

Dziękujemy za  
uwagę

Bibliografia



# Problem komiwojażera

Rozwiązanie  
problemu  
komiwojażera  
z wykorzystaniem  
algorytmu  
genetycznego

Piotr Karaś,  
Tomasz Kawiak,  
Mateusz Mazur

## Problem komiwojażera (ang. Travelling Salesman Problem, TSP)

Klasyczny problem optymalizacyjny, który polega na znalezieniu najkrótszej możliwej trasy, jaką musi pokonać komiwojażer (sprzedawca), aby odwiedzić każde z zadanych miast dokładnie raz i wrócić do punktu początkowego.

Formalnie, mając dany zbiór miast oraz odległości między każdą parą miast, należy wyznaczyć najkrótszy cykl Hamiltona w grafie, który reprezentuje połączenia między miastami. Przykładowe rozwiązanie prezentuje rysunek 2. Problem komiwojażera jest zaliczany do klasy problemów NP-trudnych, co oznacza, że dla dużych zbiorów miast jego dokładne rozwiązanie staje się bardzo czasochłonne.

Przegląd projektu

Programowanie i  
algorytmy  
genetyczne

Problem  
komiwojażera

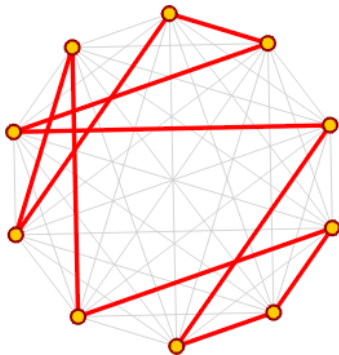
Kamień milowy 1 -  
Pierwsza wersja  
projektu

Dziękujemy za  
uwagę

Bibliografia

## Zastosowanie

Problem ten znajduje zastosowanie m.in. w logistyce, planowaniu tras transportowych i optymalizacji procesów produkcyjnych. Do jego rozwiązywania stosuje się różne podejścia, w tym algorytmy dokładne, przybliżone oraz heurystyczne, takie jak algorytmy genetyczne czy symulowane wyżarzanie.



Rysunek 2: Przykładowe rozwiązanie problemu komiwożacza

Rozwiązanie  
problemu  
komiwożacza  
z wykorzystaniem  
algorytmu  
genetycznego

Piotr Karaś,  
Tomasz Kawiak,  
Mateusz Mazur

Przegląd projektu

Programowanie i  
algorytmy  
genetyczne

Problem  
komiwożacza

Kamień milowy 1 -  
Pierwsza wersja  
projektu

Dziękujemy za  
uwagę

Bibliografia

# Kamień milowy 1 - Pierwsza wersja projektu

Przegląd projektu

Programowanie i  
algorytmy  
genetyczne

Problem  
komivożera

Kamień milowy 1 -  
Pierwsza wersja  
projektu

Dziękujemy za  
uwagę

Bibliografia

# Kamień milowy 1 - Pierwsza wersja projektu

Rozwiązanie  
problemu  
komiwojażera  
z wykorzystaniem  
algorytmu  
genetycznego

Piotr Karaś,  
Tomasz Kawiak,  
Mateusz Mazur

W ramach pierwszego kamienia milowego zaimplementowaliśmy algorytm genetyczny w Pythonie przy użyciu biblioteki PyGAD.

Algorytm genetyczny został zastosowany do rozwiązania problemu komiwojażera dla 2 zestawów miast o zadanych współrzędnych.

Dla porównania wyników zaimplementowaliśmy również algorytm zachłanny [4].

Porównanie rozwiązań prezentuje tabela 21.

Przegląd projektu

Programowanie i  
algorytmy  
genetyczne

Problem  
komiwojażera

Kamień milowy 1 -  
Pierwsza wersja  
projektu

Dziękujemy za  
uwagę

Bibliografia

# Zestaw prosty - 6 miast

Rysunek 3 przedstawia dane wejściowe zestawu prostego, a rysunek 4 poprawne rozwiązanie tego zestawu. Rozwiązanie uzyskane za pomocą algorytmu genetycznego prezentuje rysunek 5.

## Rozwiązanie

- ▶ **TSP:** easy
- ▶ **Cities:** 6
- ▶ **Edge weight type:** EUC\_2D
- ▶ **Best distance:** 12.17008732545826
- ▶ **Best solution:** [0 1 2 3 4 5]
- ▶ **Execution time:** 0.0719 seconds

Rozwiązanie  
problemu  
komiwojażera  
z wykorzystaniem  
algorytmu  
genetycznego

Piotr Karaś,  
Tomasz Kawiak,  
Mateusz Mazur

Przegląd projektu

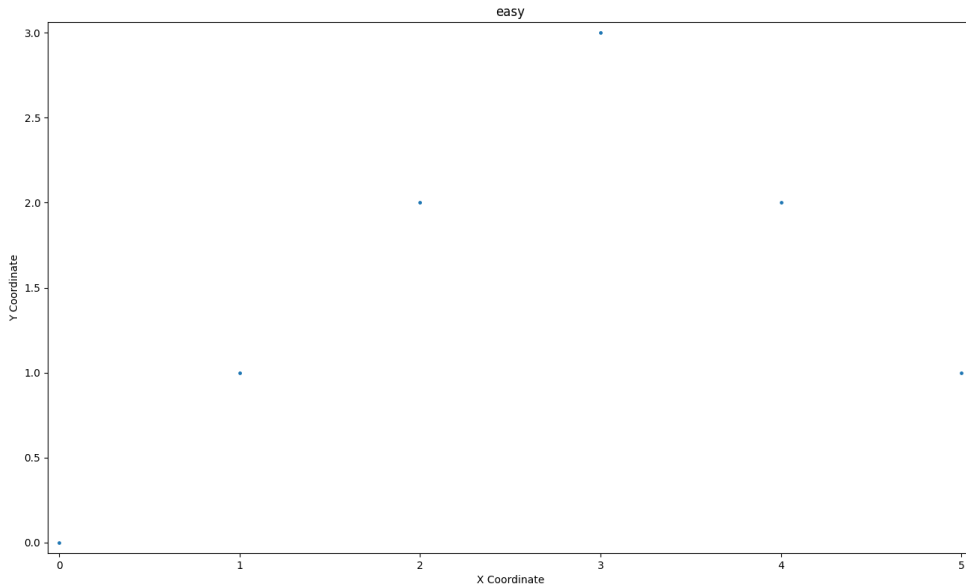
Programowanie i  
algorytmy  
genetyczne

Problem  
komiwojażera

Kamień milowy 1 -  
Pierwsza wersja  
projektu

Dziękujemy za  
uwagę

Bibliografia



Rysunek 3: Dane wejściowe zestawu prostego.

Rozwiązanie  
problemu  
komiwojażera  
z wykorzystaniem  
algorytmu  
genetycznego

Piotr Karaś,  
Tomasz Kawiak,  
Mateusz Mazur

Przegląd projektu

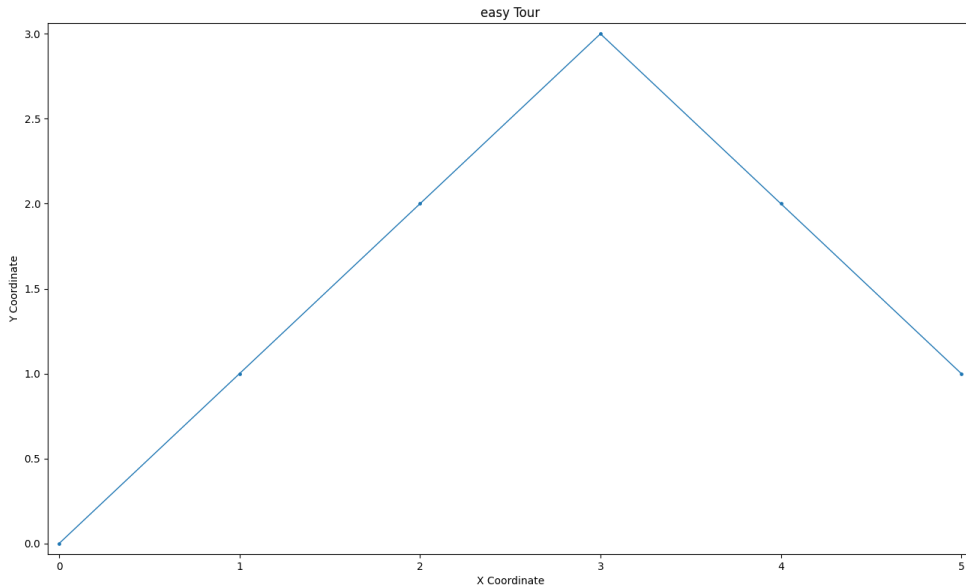
Programowanie i  
algorytmy  
genetyczne

Problem  
komiwojażera

Kamień milowy 1 -  
Pierwsza wersja  
projektu

Dziękujemy za  
uwagę

Bibliografia



Rysunek 4: Poprawne rozwiązanie zestawu prostego.

Rozwiązanie  
problemu  
komiwożacza  
z wykorzystaniem  
algorytmu  
genetycznego

Piotr Karaś,  
Tomasz Kawiak,  
Mateusz Mazur

Przegląd projektu

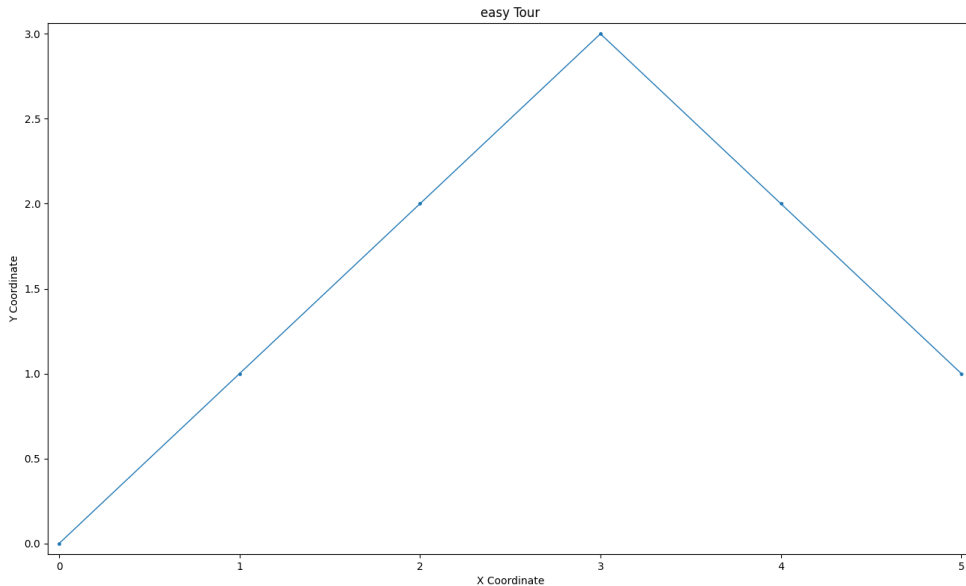
Programowanie i  
algorytmy  
genetyczne

Problem  
komiwożacza

Kamień milowy 1 -  
Pierwsza wersja  
projektu

Dziękujemy za  
uwagę

Bibliografia



Rysunek 5: Rozwiązanie zestawu prostego.

Rozwiązanie  
problemu  
komiwożera  
z wykorzystaniem  
algorytmu  
genetycznego

Piotr Karaś,  
Tomasz Kawiak,  
Mateusz Mazur

Przegląd projektu

Programowanie i  
algorytmy  
genetyczne

Problem  
komiwożera

Kamień milowy 1 -  
Pierwsza wersja  
projektu

Dziękujemy za  
uwagę

Bibliografia



## Zestaw xqf131 - 131 miast

Rysunek 6 przedstawia dane wejściowe zestawu xqf131, a rysunek 7 poprawne rozwiązanie tego zestawu. Rozwiązanie uzyskane za pomocą algorytmu genetycznego prezentuje rysunek 8.

- ▶ **TSP:** xqf131
- ▶ **Cities:** 131
- ▶ **Edge weight type:** EUC\_2D
- ▶ **Best distance:** 1475.3859107381754
- ▶ **Best solution:** [ 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22  
23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 59 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46  
47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 36 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70  
71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 102 93 94  
95 96 97 98 99 100 101 92 103 104 105 106 107 108 109 110 111 112 113  
114 115 116 117 118 119 120 121 122 123 124 125 126 127 128 129 130]
- ▶ **Execution time:** 1.7319 seconds

Rozwiązanie  
problemu  
komiwojażera  
z wykorzystaniem  
algorytmu  
genetycznego

Piotr Karaś,  
Tomasz Kawiak,  
Mateusz Mazur

Przegląd projektu

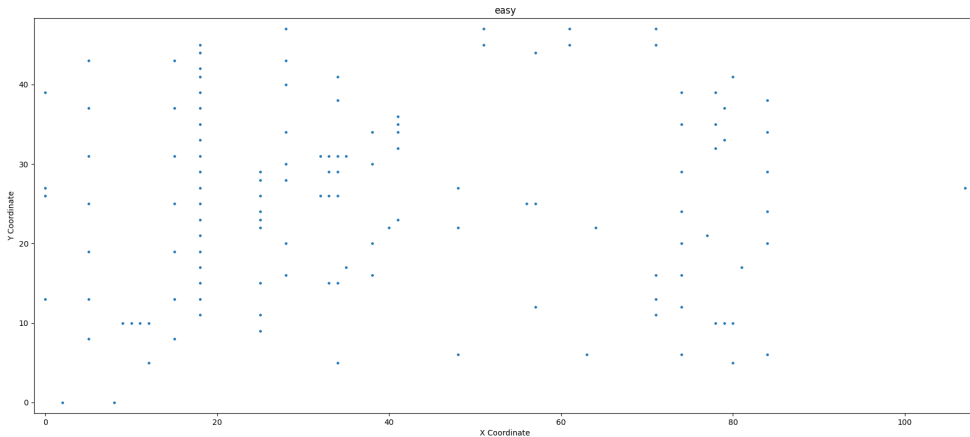
Programowanie i  
algorytmy  
genetyczne

Problem  
komiwojażera

Kamień milowy 1 -  
Pierwsza wersja  
projektu

Dziękujemy za  
uwagę

Bibliografia



Rysunek 6: Dane wejściowe zestawu xqf131.

Rozwiązanie  
problemu  
komiwojażera  
z wykorzystaniem  
algorytmu  
genetycznego

Piotr Karaś,  
Tomasz Kawiak,  
Mateusz Mazur

Przegląd projektu

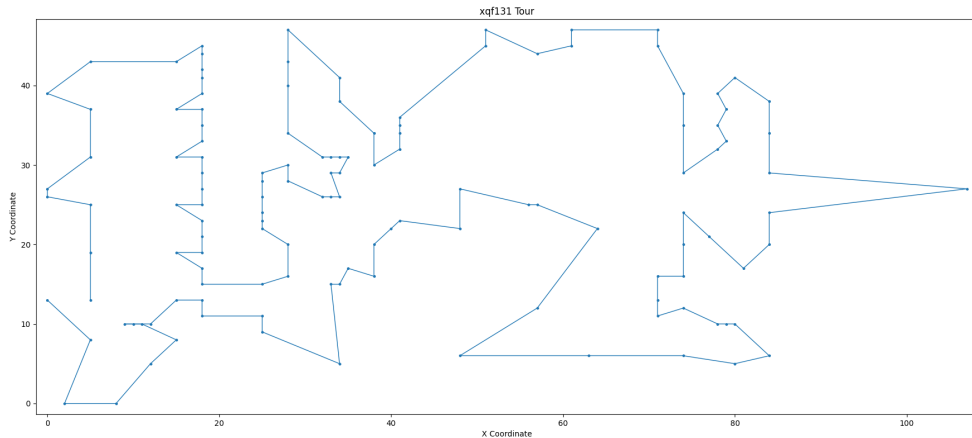
Programowanie i  
algorytmy  
genetyczne

Problem  
komiwojażera

Kamień milowy 1 -  
Pierwsza wersja  
projektu

Dziękujemy za  
uwagę

Bibliografia



Rysunek 7: Poprawne rozwiązanie zestawu xqf131.

Rozwiązanie  
problemu  
komiwojażera  
z wykorzystaniem  
algorytmu  
genetycznego

Piotr Karaś,  
Tomasz Kawiak,  
Mateusz Mazur

Przegląd projektu

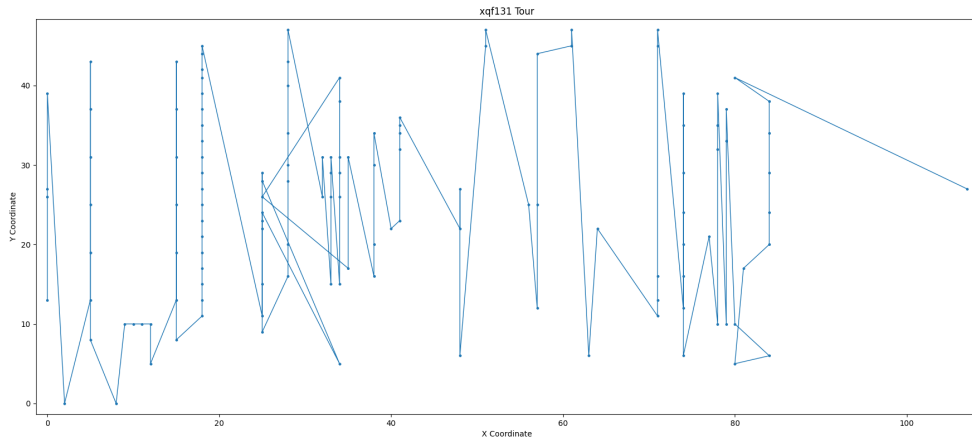
Programowanie i  
algorytmy  
genetyczne

Problem  
komiwojażera

Kamień milowy 1 -  
Pierwsza wersja  
projektu

Dziękujemy za  
uwagę

Bibliografia



Rysunek 8: Rozwiązanie zestawu xqf131.

Rozwiązanie  
problemu  
komiwojażera  
z wykorzystaniem  
algorytmu  
genetycznego

Piotr Karaś,  
Tomasz Kawiak,  
Mateusz Mazur

Przegląd projektu

Programowanie i  
algorytmy  
genetyczne

Problem  
komiwojażera

Kamień milowy 1 -  
Pierwsza wersja  
projektu

Dziękujemy za  
uwagę

Bibliografia

# Porównanie wyników

Rozwiązanie  
problemu  
komivożacza  
z wykorzystaniem  
algorytmu  
genetycznego

Piotr Karaś,  
Tomasz Kawiak,  
Mateusz Mazur

Tabela 21: Porównanie wyników

Zestaw (ilość miast)	Rozwiązanie	Odległość	Czas wykonania [s]
Prosty (6)	Optymalne	12.17	-
Prosty (6)	Alg. Zachłanny	12.17	0.0003
Prosty (6)	Alg. Genetyczny	12.17	0.0719
xqf131 (131)	Optymalne	564	-
xqf131 (131)	Alg. Zachłanny	*	*
xqf131 (131)	Alg. Genetyczny	1475.39	1.7319

Przegląd projektu

Programowanie i  
algorytmy  
genetyczne

Problem  
komivożacza

Kamień milowy 1 -  
Pierwsza wersja  
projektu

Dziękujemy za  
uwagę

Bibliografia

\* algorytm nie zwrócił wyniku w ciągu 10 godzin

- ▶ Dla zestawu prostego uzyskaliśmy wynik identyczny z algorytmem zachłannym, co oznacza, że algorytm genetyczny znalazł optymalne rozwiązanie. Stało się to jednak kosztem czasu wykonania, który był znacznie dłuższy.
- ▶ Dla zestawu xqf131 uzyskaliśmy wynik gorszy od optymalnego, ale w odróżnieniu od algorytmu zachłannego, algorytm genetyczny był w stanie znaleźć rozwiązanie w rozsądnym czasie.

**Wyniki pokazują, że algorytm genetyczny jest w stanie znaleźć dobre przybliżenia dla problemów optymalizacyjnych, które są trudne do rozwiązania za pomocą innych metod.**

Dziękujemy za uwagę

Przegląd projektu

Programowanie i  
algorytmy  
genetyczne

Problem  
komivożacza

Kamień milowy 1 -  
Pierwsza wersja  
projektu

Dziękujemy za  
uwagę

Bibliografia

# Bibliografia

Przegląd projektu

Programowanie i  
algorytmy  
genetyczne

Problem  
komivojażera

Kamień milowy 1 -  
Pierwsza wersja  
projektu

Dziękujemy za  
uwagę

**Bibliografia**



# Bibliografia

- [1] AnalytixLabs, B. 2024. A complete guide to genetic algorithm — advantages, limitations & more. <https://medium.com/@byanalytixlabs/a-complete-guide-to-genetic-algorithm-advantages-limitations-more-738e87427dbb>.
- [2] Gad, A.F. 2023. Pygad: An intuitive genetic algorithm python library. *Multimedia Tools and Applications*. (2023), 1–14.
- [3] GeeksforGeeks 2024. Genetic algorithms. <https://www.geeksforgeeks.org/genetic-algorithms/>.
- [4] GeeksforGeeks 2023. Traveling salesman problem (TSP) implementation. <https://www.geeksforgeeks.org/traveling-salesman-problem-tsp-implementation/>.
- [5] Rutkowski, L. 2012. *Metody i techniki sztucznej inteligencji*. PWN.
- [6] Van Rossum, G. and Drake, F.L. 2009. *Python 3 reference manual*. CreateSpace.

Rozwiązanie  
problemu  
komivożacza  
z wykorzystaniem  
algorytmu  
genetycznego

Piotr Karaś,  
Tomasz Kawiak,  
Mateusz Mazur

Przegląd projektu

Programowanie i  
algorytmy  
genetyczne

Problem  
komivożacza

Kamień milowy 1 -  
Pierwsza wersja  
projektu

Dziękujemy za  
uwagę

Bibliografia