

Podstawy sztucznej inteligencji

Laboratorium C1

Cel laboratorium

Zadanie laboratoryjne polega na zbadaniu działania algorytmu poszukiwania harmonii na podstawie problemu poszukiwania minimum funkcji dwóch zmiennych. W tym celu przebadane zostały funkcje Rastragrina i Rosenbrocka przy pomocy programu Acordeon.

Spis treści

Cel laboratorium	1
Wstęp teoretyczny	1
Badanie funkcji Rastragrina	1
Sposób pomiarów.....	2
Ustawienia standardowe	2
Wizualizacja działania algorytmu po danej liczbie iteracji	2

Wstęp teoretyczny

Algorytm poszukiwania harmonii jest iteracyjnym algorytmem optymalizacyjnym. W swoim działaniu przypomina algorytmy genetyczne jednak prezentuje odrębne podejście. Inspiracją do działania algorytmu jest podejście muzyków jazzowych do grania w zespole.

Algorytm korzysta z pamięci o określonej wielkości, która przechowuje daną ilość parametrów dających najlepsze wyniki. W każdym kroku generowane jest nowe zestawienie parametrów zwane harmonią. W zależności od wyników losowań nowa harmonia składa się z parametrów losowo wybranych z pamięci, które mogą być ewentualnie dostrojone lub nowych losowo wybranych wartości. Nowa harmonia jest dodawana do uporządkowanej listy harmonii (pamięci) a najsłabsze rozwiązanie jest usuwane. Dzięki temu wielkość pamięci jest stała.

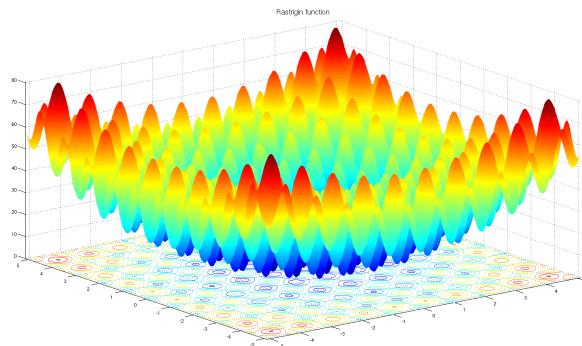
Badanie funkcji Rastragrina

Funkcja Rastragina jest typowym przykładem wielomodalne funkcji dwóch zmiennych. Często znajduje zastosowanie przy testowaniu algorytmów optymalizacyjnych.

Cechą charakterystyczną tej funkcji jest występowanie wielu ekstermów lokalnych ale tylko jednego globalnego, co może stanowić wyzwanie dla algorytmów optymalizacyjnych.

W uogólnieniu funkcja ta opisana jest wzorem

$$f(x) = An + \sum_{i=1}^n [x_i^2 - A \cos(2\pi x_i)]$$



Rysunek 1 - Wizualizacja funkcji Rastrigina
Źródło: Wikipedia

Sposób pomiarów

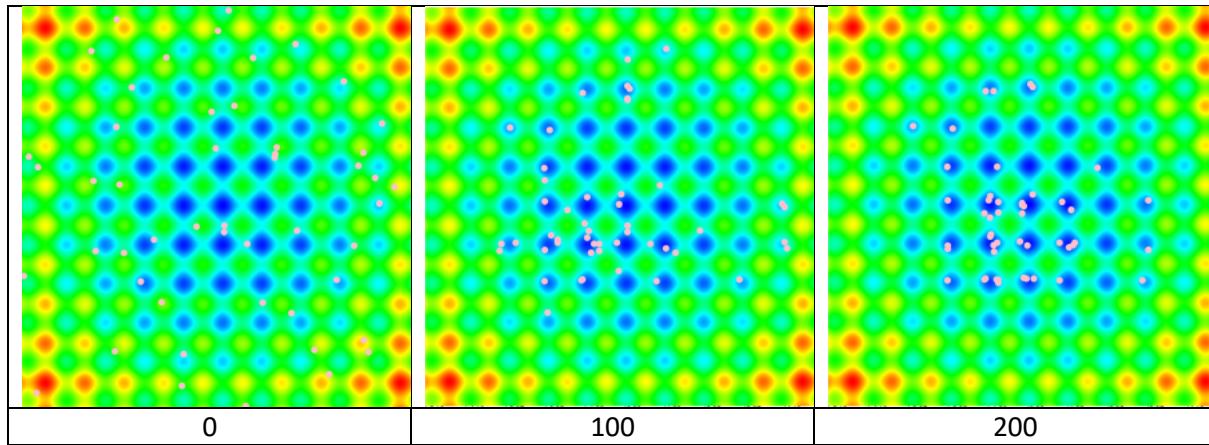
Podczas badań skupiłem się głównie na sprawdzeniu wpływu parametrów HMS, HMCR i wsp. dostosowania na działanie algorytmu.

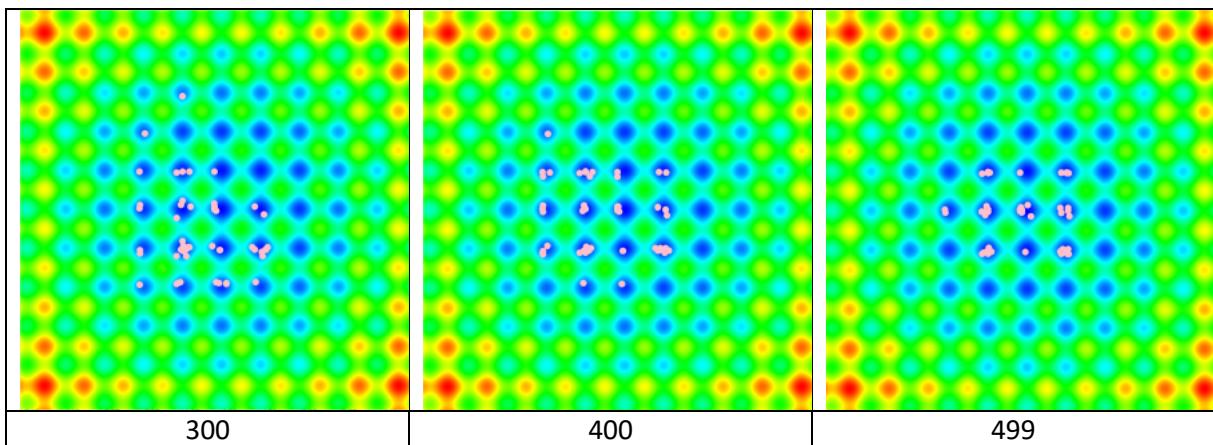
Ustawienia standardowe

Zbadanie działania algorytmu harmonii przy domyślnych parametrach. W tym badaniu parametry algorytmu zostały ustawione następująco.

Zakres:	[-5,12, 5,12]
Liczba improwizacji:	500
Rozmiar pamięci (HMS):	50
Wsp. odwołań do pamięci (HMCR)	0,95
Wsp. dostosowania	0,7
Promień dostosowania	1.0

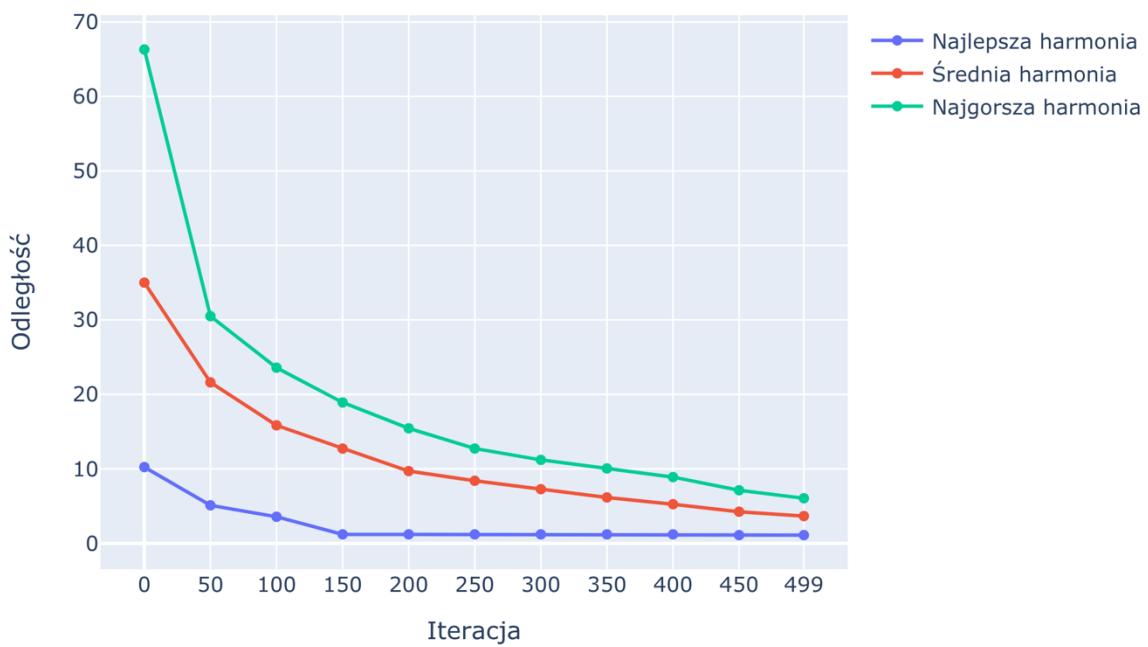
Wizualizacja działania algorytmu po danej liczbie iteracji





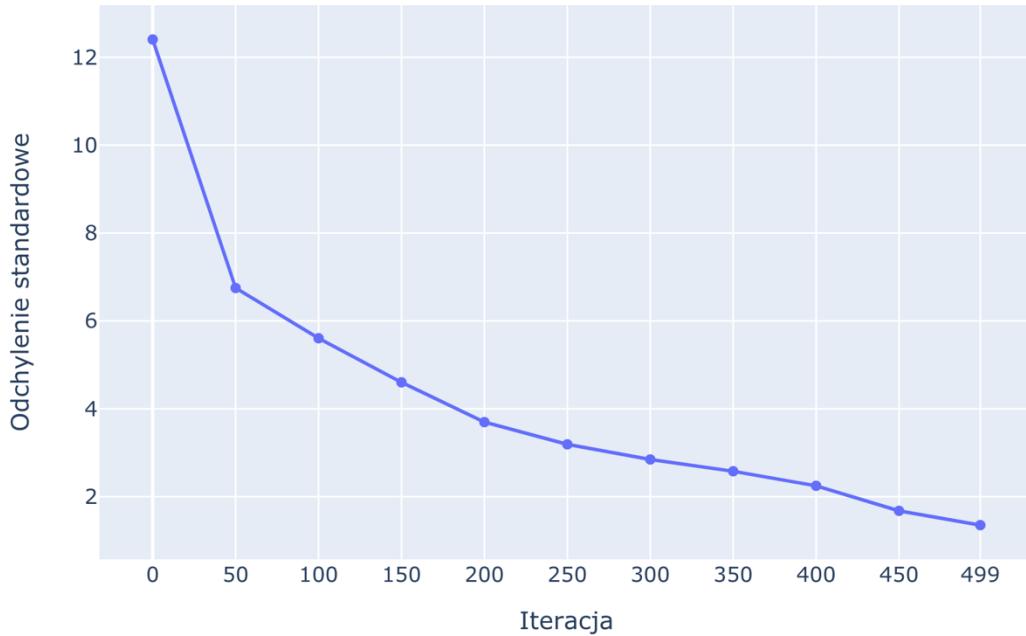
Osiąganie minimum globalnego

Odległość od minimum

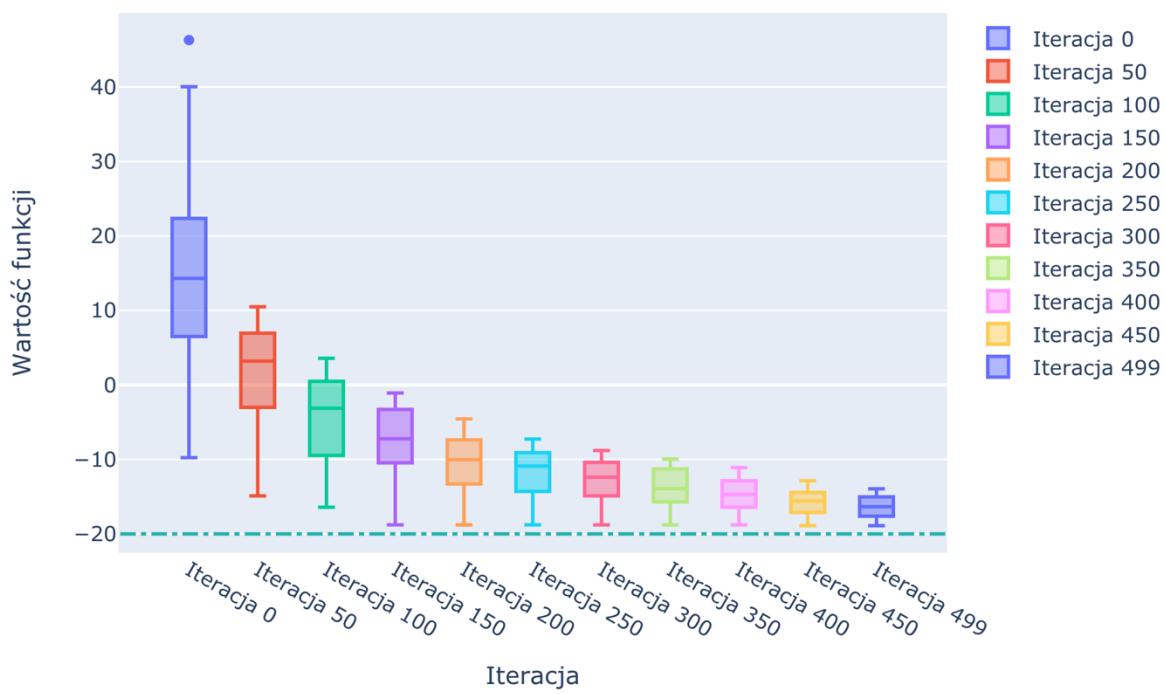


Skupienie harmonii

Skupienie harmonii



Wykresy pudełkowe dla danej iteracji



Wnioski

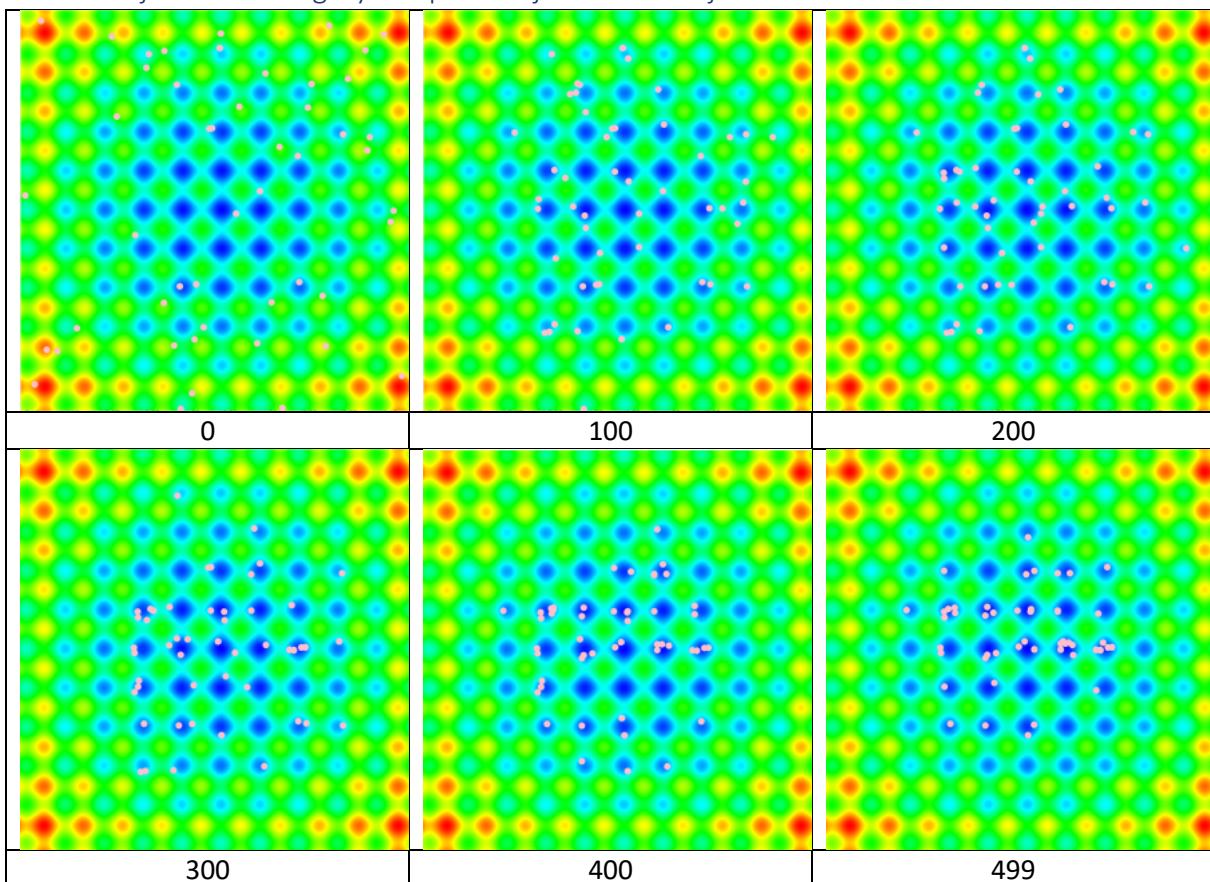
Standardowe ustawienia algorytmu już po niewielkiej liczbie iteracji pozwala na osiągnięci bliskiego przybliżenia minimum globalnego. Jednak pozostałe harmonie łatwo trafiają na minima lokalne. Dopiero wraz z kolejnymi iteracjami rośnie skupienie harmonii w okolicy ekstremum globalnego, jednak mimo tego nawet pod koniec symulacji większość harmonii została w ekstremach lokalnych.

Większa losowość

Losowość powstawania nowych harmonii została zwiększena poprzez obniżenie współczynnika odwołań do pamięci.

Zakres:	[-5,12, 5,12]
Liczba improwizacji:	500
Rozmiar pamięci (HMS):	50
Wsp. odwołań do pamięci (HMCR)	0,45
Wsp. dostosowania	0,7
Promień dostosowania	1.0

Wizualizacja działania algorytmu po danej liczbie iteracji

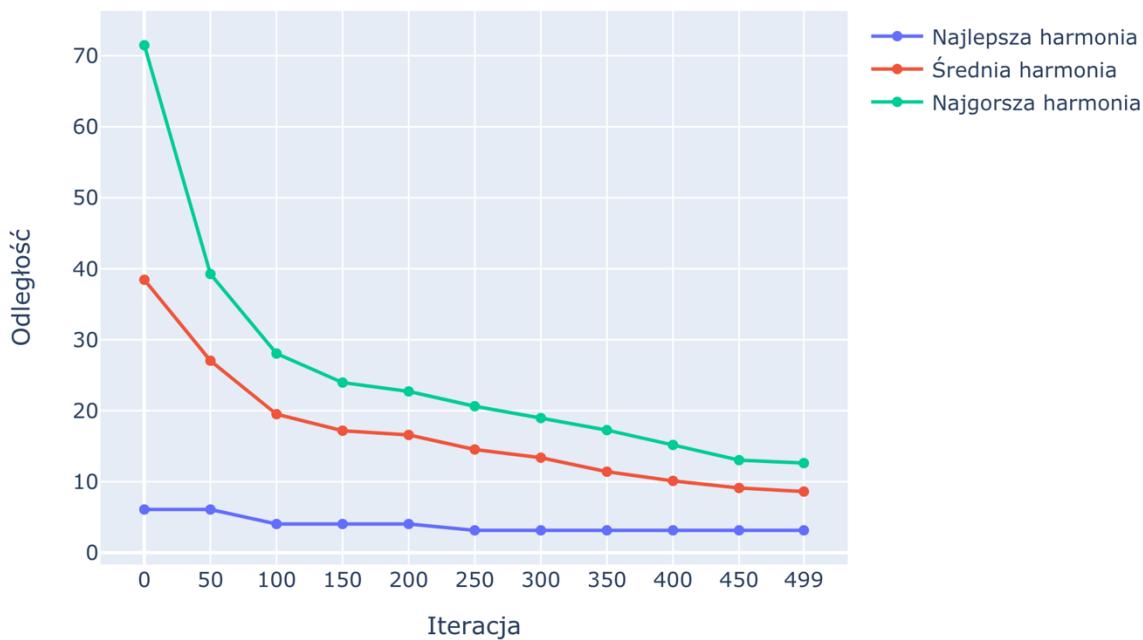


Osiąganie

minimum

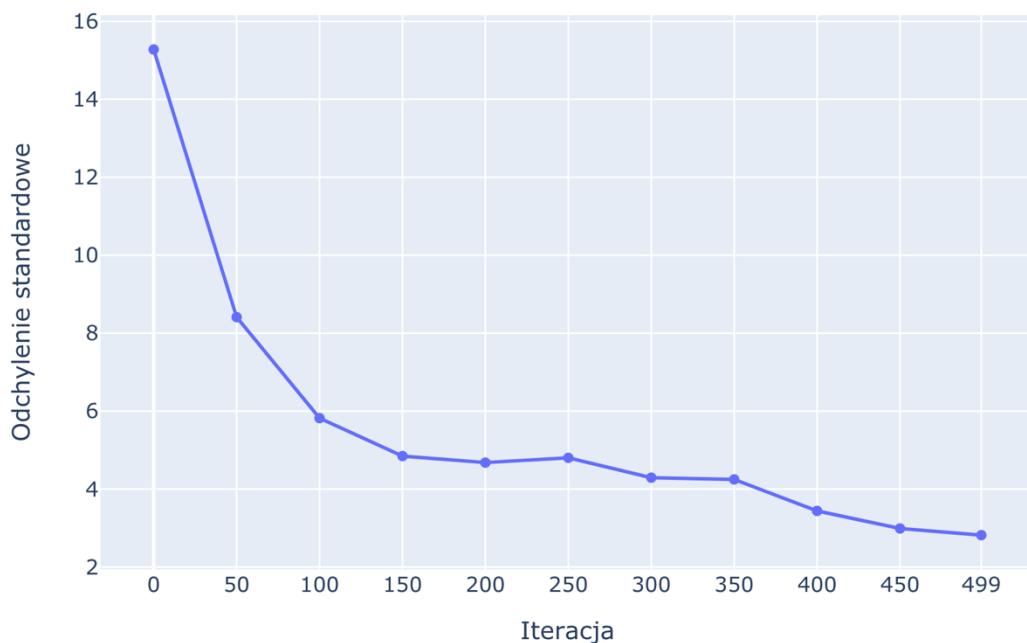
globalnego

Odległość od minimum

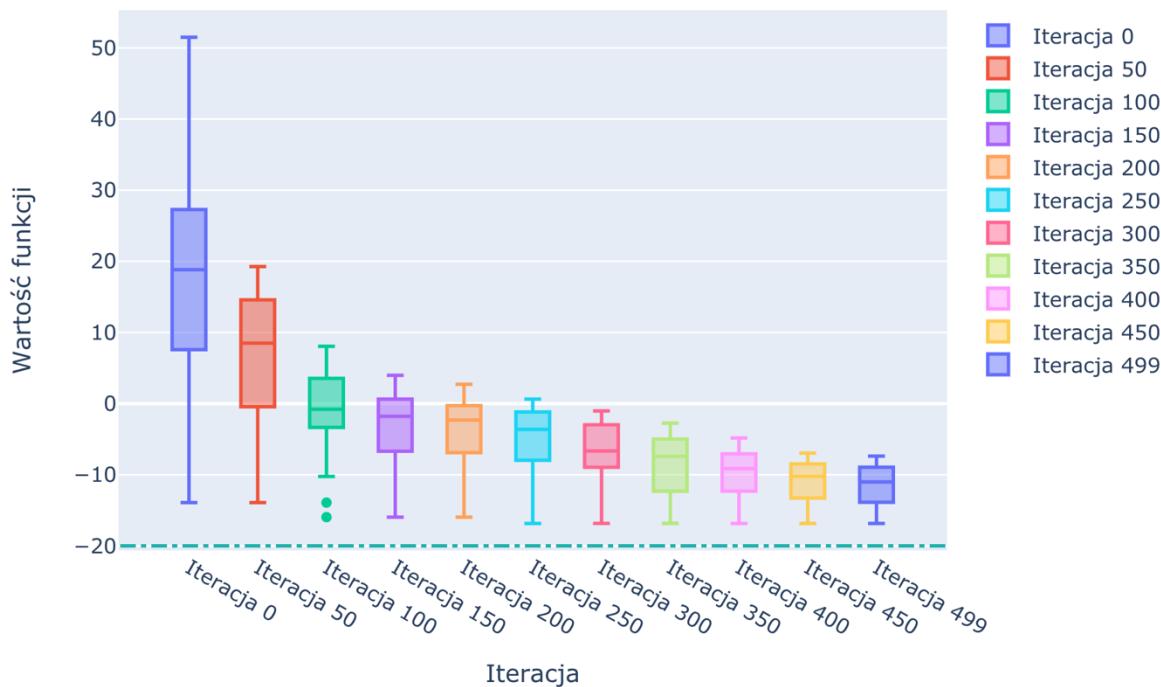


Skupienie harmonii

Skupienie harmonii



Wykresy pudełkowe dla danej iteracji



Wnioski

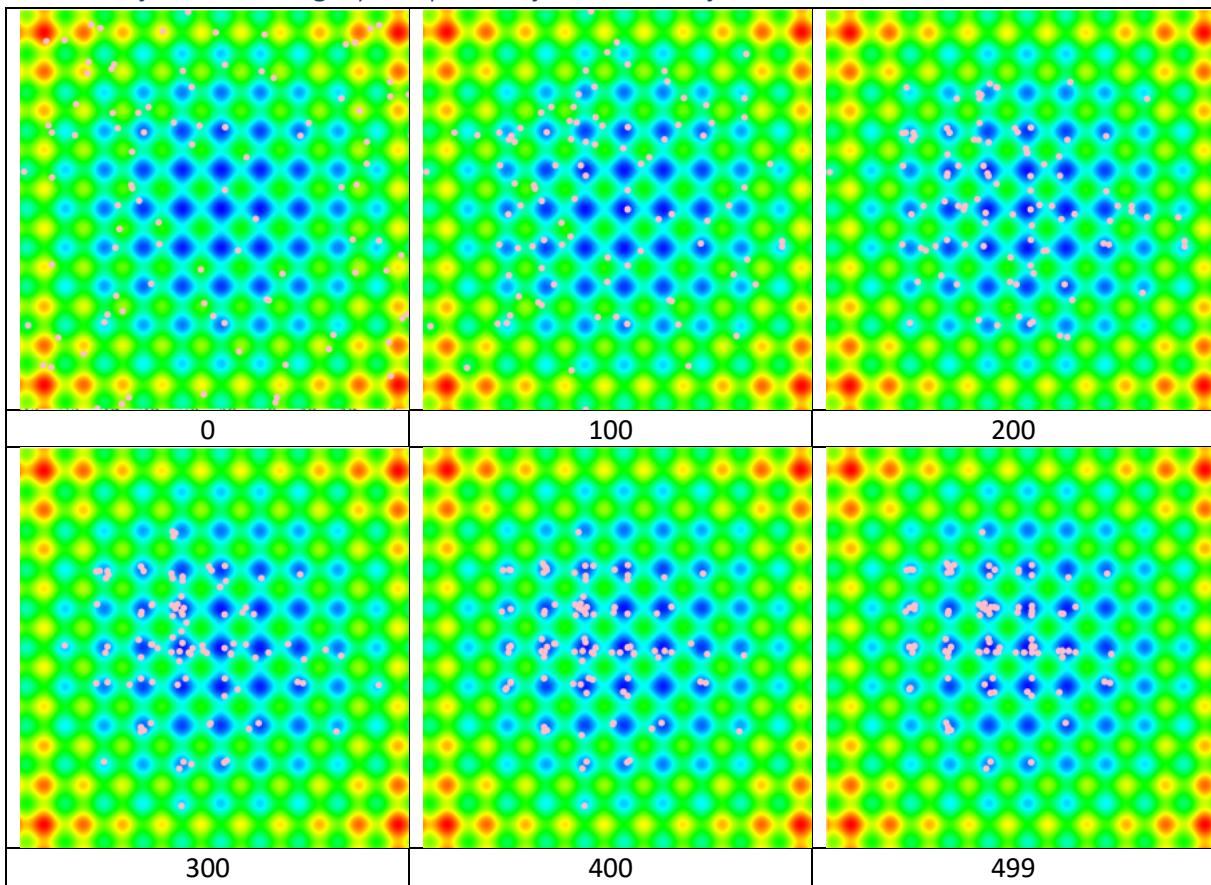
Większa losowość nowo powstających harmonii przyczynia się do wolniejszego spadku średniej wartości. Jest to szczególnie widoczne w początkowych iteracjach. Mimo wylosowania wartości bardzo blisko ekstremum globalnego wartości harmonii wolno się do niego zbliżały. Wynika to z za dużej losowości nowych harmonii, przez co nie są wykorzystane już odkryte poprawne współrzędne.

Większa pamięć

Badanie zachowania algorytmu przy dwukrotnym zwiększeniu liczby harmonii.

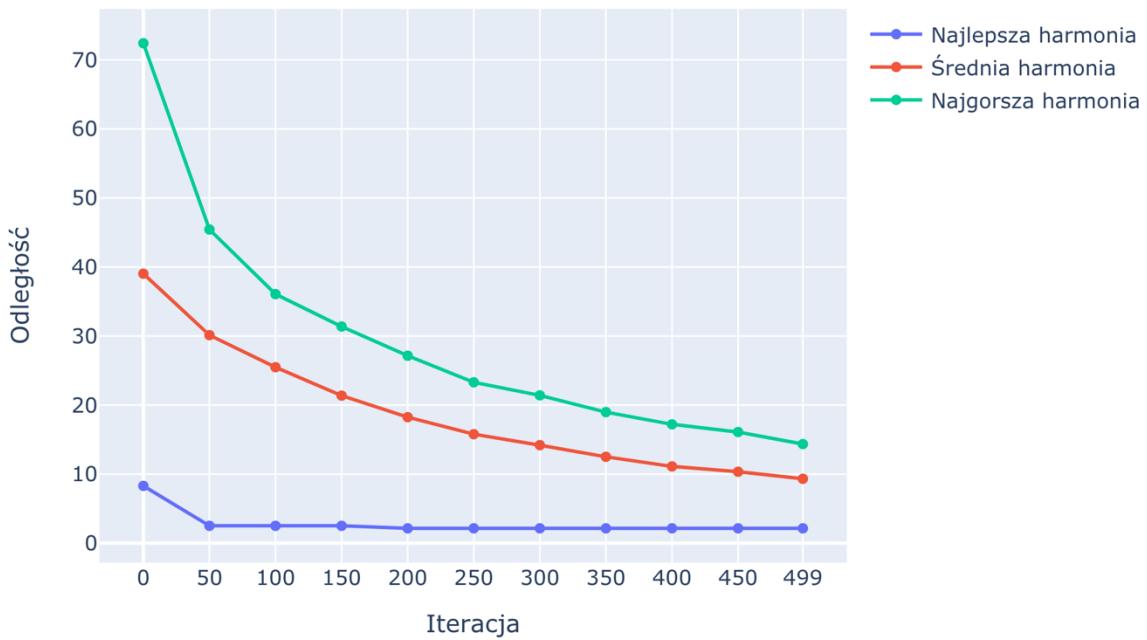
Zakres:	[-5,12, 5,12]
Liczba improwizacji:	500
Rozmiar pamięci (HMS):	100
Wsp. odwołań do pamięci (HMCR)	0,95
Wsp. dostosowania	0,7
Promień dostosowania	1.0

Wizualizacja działania algorytmu po danej liczbie iteracji



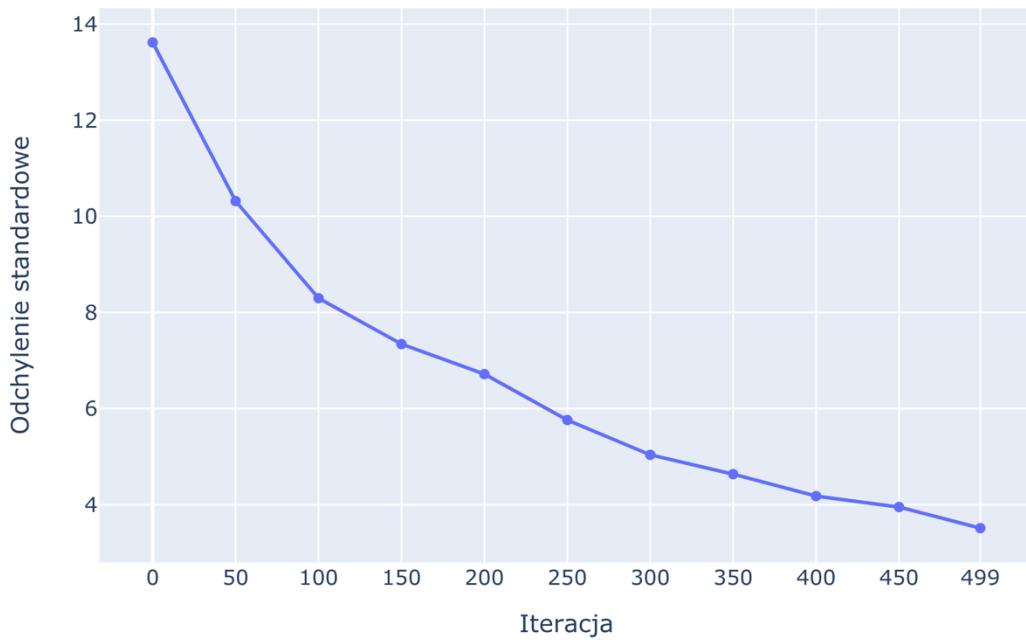
Osiąganie minimum globalnego

Odległość od minimum

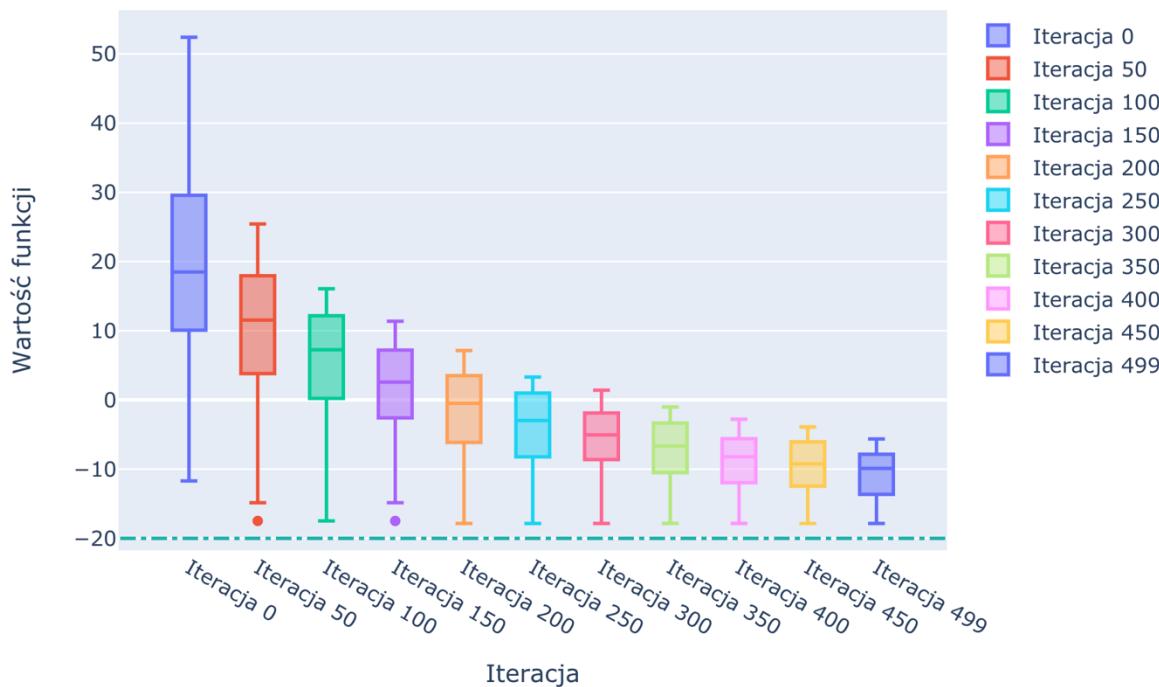


Skupienie harmonii

Skupienie harmonii



Wykresy pudełkowe dla danej iteracji



Wnioski

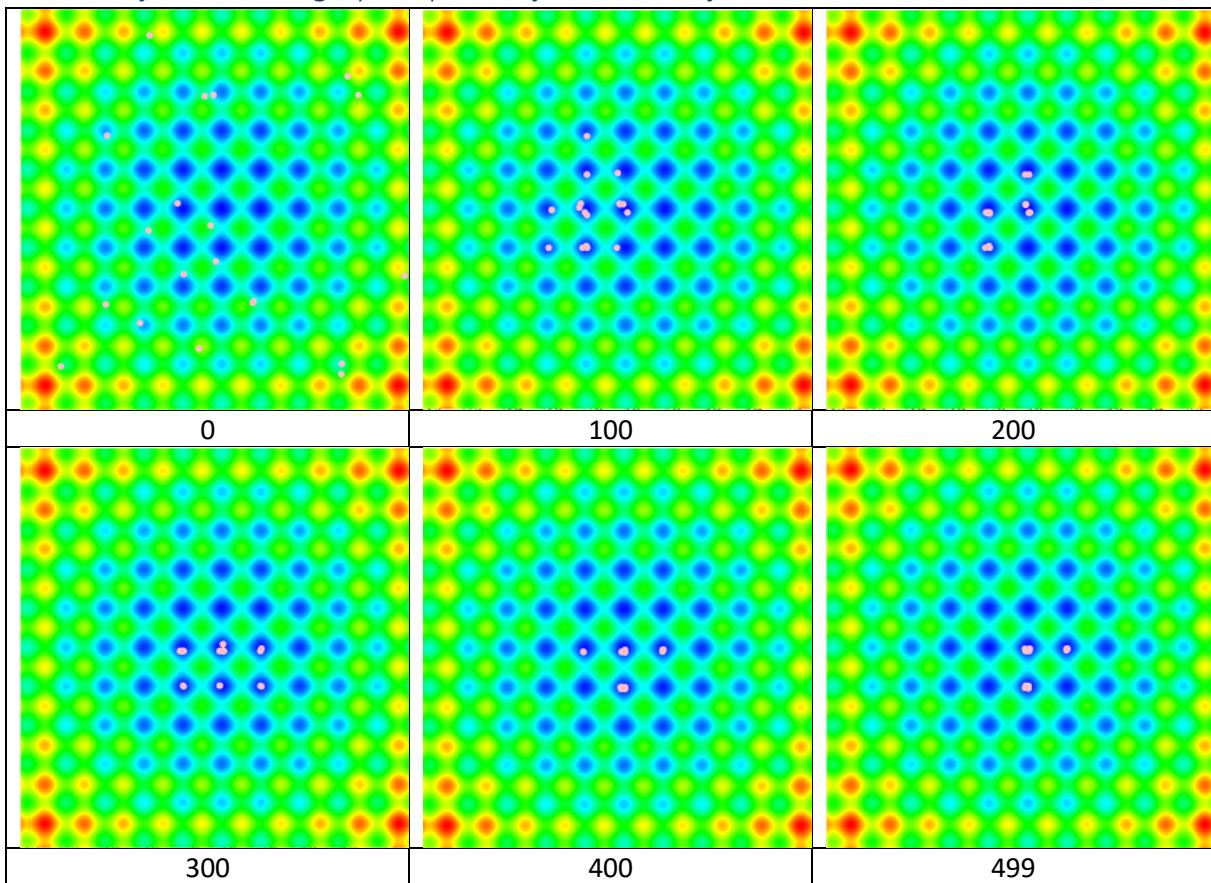
Zwiększenie liczby harmonii wyraźnie spowalnia proces skupiania się harmonii. Dobrze obrazuje to wykres zmiany odchylenia standardowego. Powodem takiego zachowania algorytmu jest fakt, że w każdej iteracji zmianie ulega maksymalnie jedna harmonia. Większa liczba harmonii wymaga więc większej liczby iteracji by odejść od początkowych wartości losowych.

Mniejsza pamięć

Badanie zachowania algorytmu przy znacznie zmniejszonej liczbie harmonii.

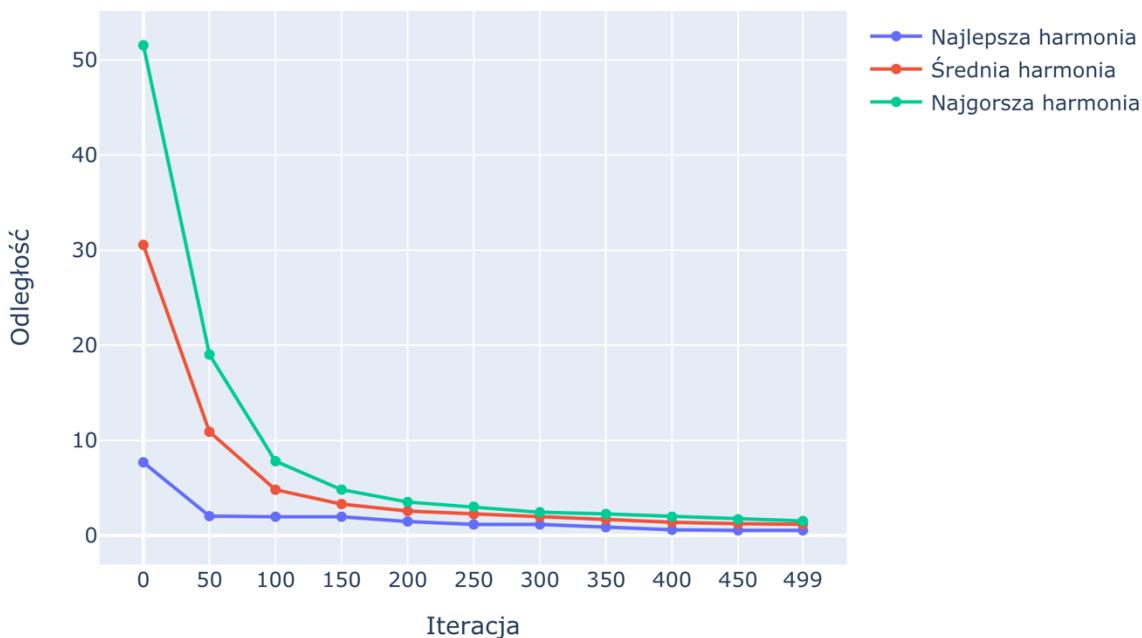
Zakres:	[-5,12, 5,12]
Liczba improwizacji:	500
Rozmiar pamięci (HMS):	20
Wsp. odwołań do pamięci (HMCR)	0,95
Wsp. dostosowania	0,7
Promień dostosowania	1.0

Wizualizacja działania algorytmu po danej liczbie iteracji



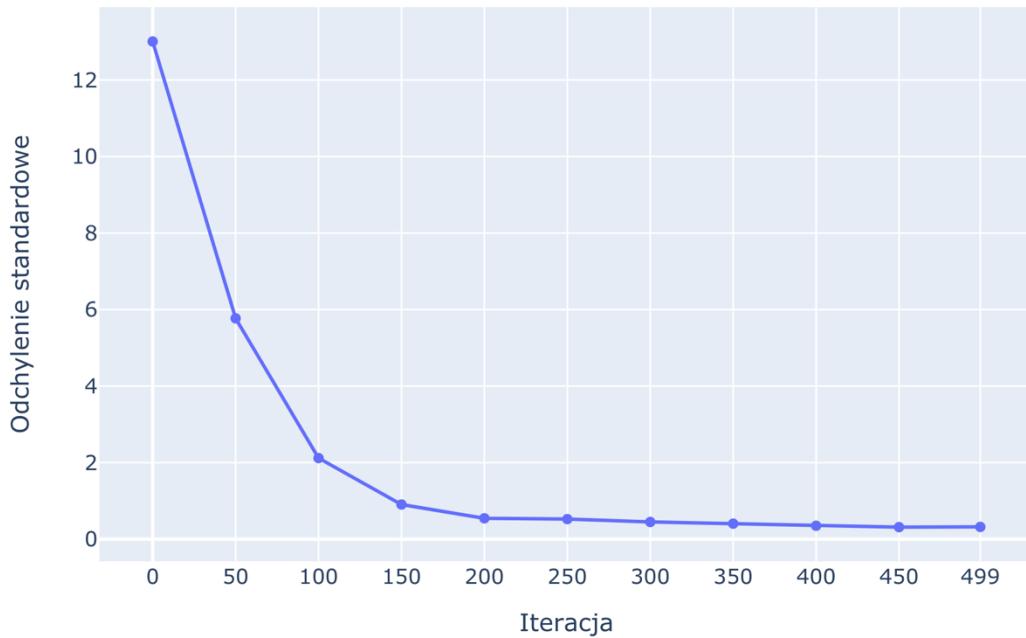
Osiąganie minimum globalnego

Odległość od minimum

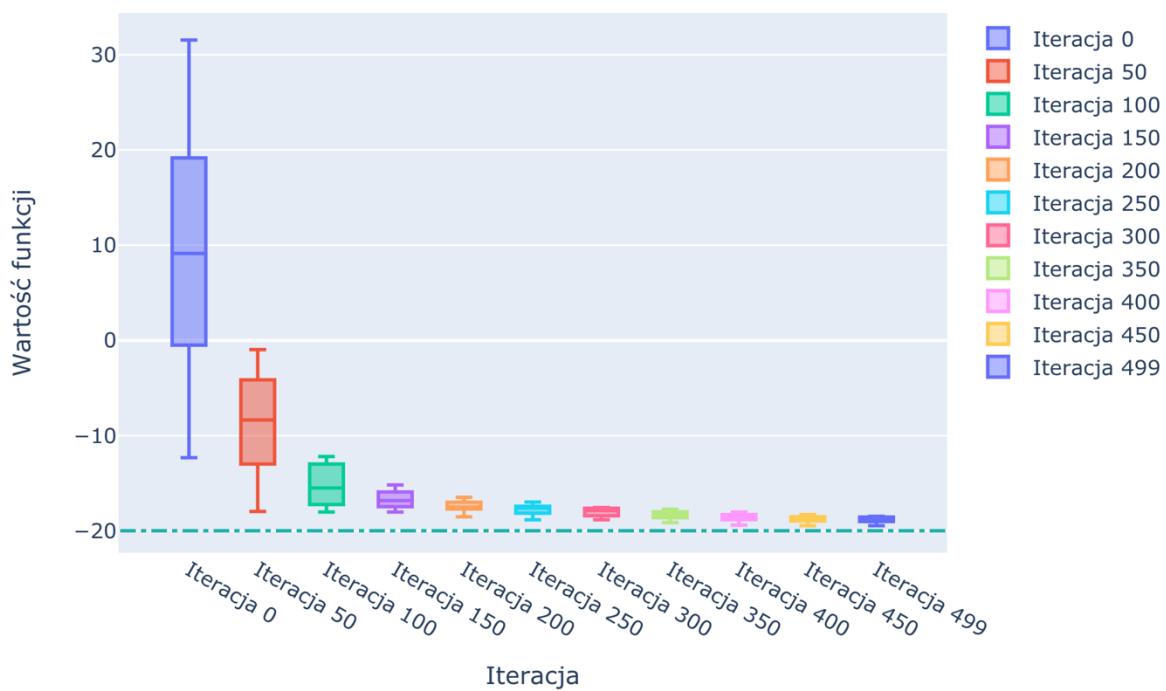


Skupienie harmonii

Skupienie harmonii



Wykresy pudełkowe dla danej iteracji



Wnioski

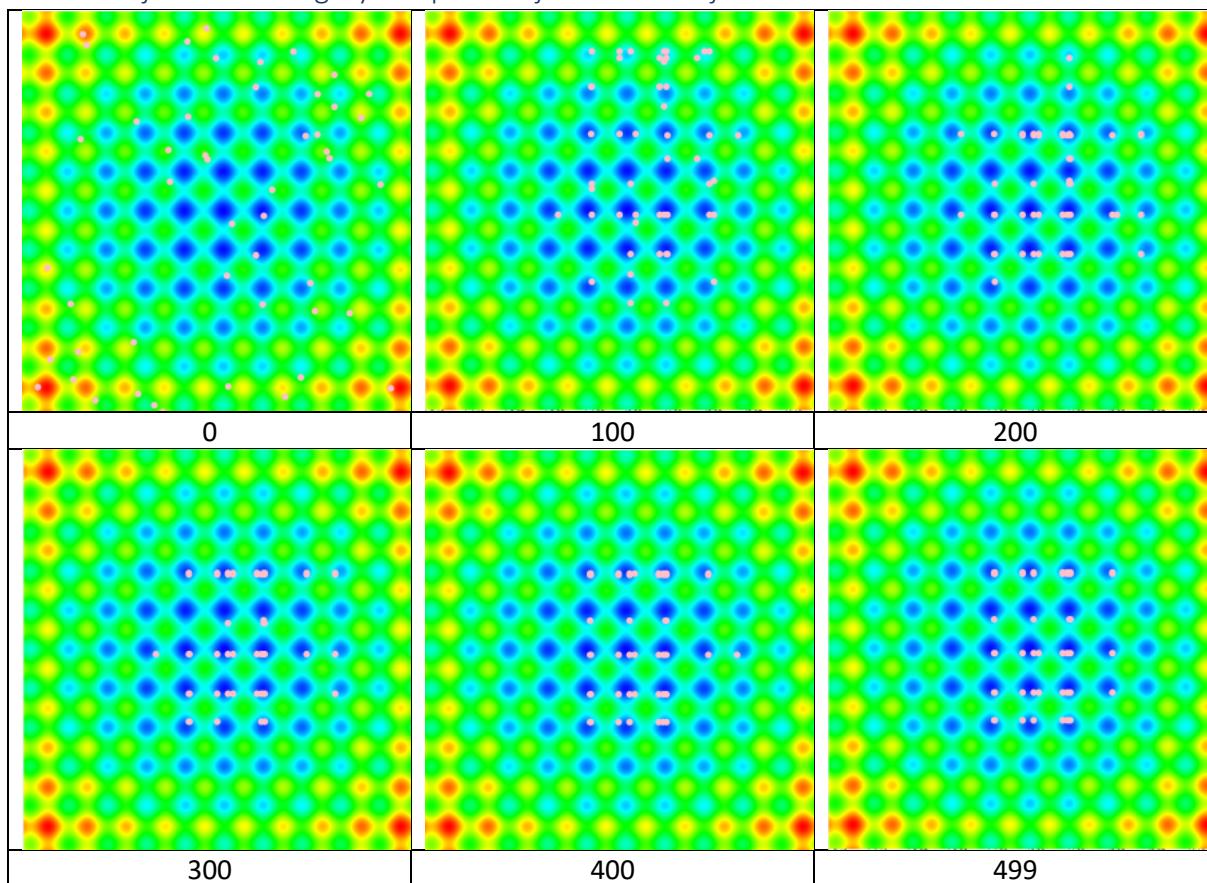
Mała ilość harmonii pozwoliła znacznie szybciej osiągnąć skupienie znacznej części harmonii wokół ekstremum globalnego. Zmiana ta wpłynęła bardzo korzystnie na działanie algorytmu. Może to sugerować, że domyślna wartość liczby harmonii jest zbyt duża.

Brak losowych współrzędnych

Nowe harmonie powstają wyłącznie z puli współrzędnych wylosowanych na początku.

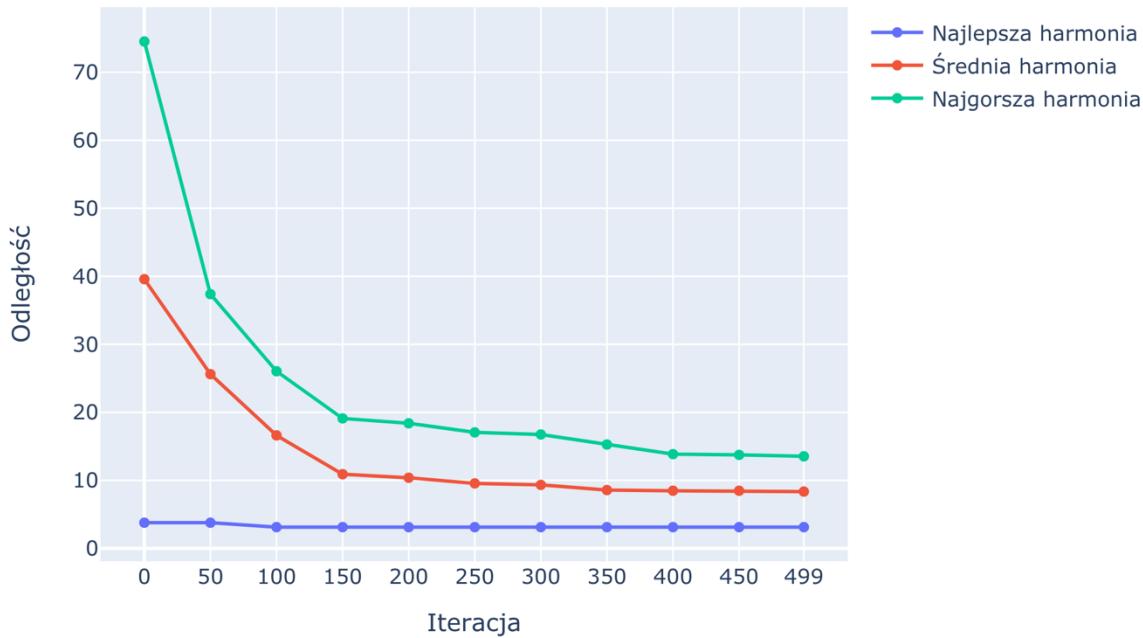
Zakres:	[-5,12, 5,12]
Liczba improwizacji:	500
Rozmiar pamięci (HMS):	50
Wsp. odwołań do pamięci (HMCR)	1.0
Wsp. dostosowania	0
Promień dostosowania	1.0

Wizualizacja działania algorytmu po danej liczbie iteracji



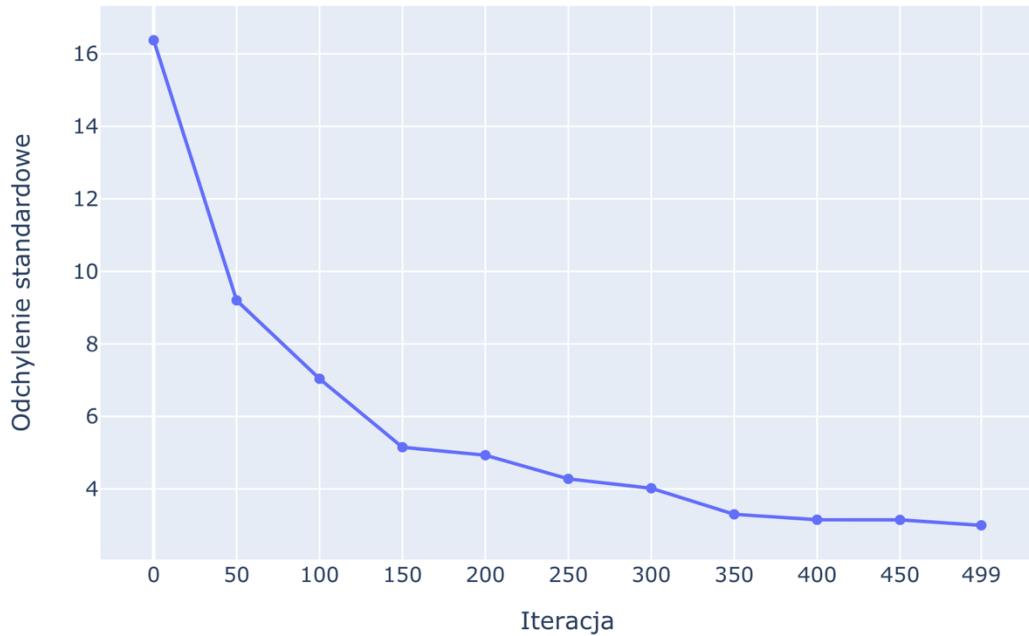
Osiąganie minimum globalnego

Odległość od minimum

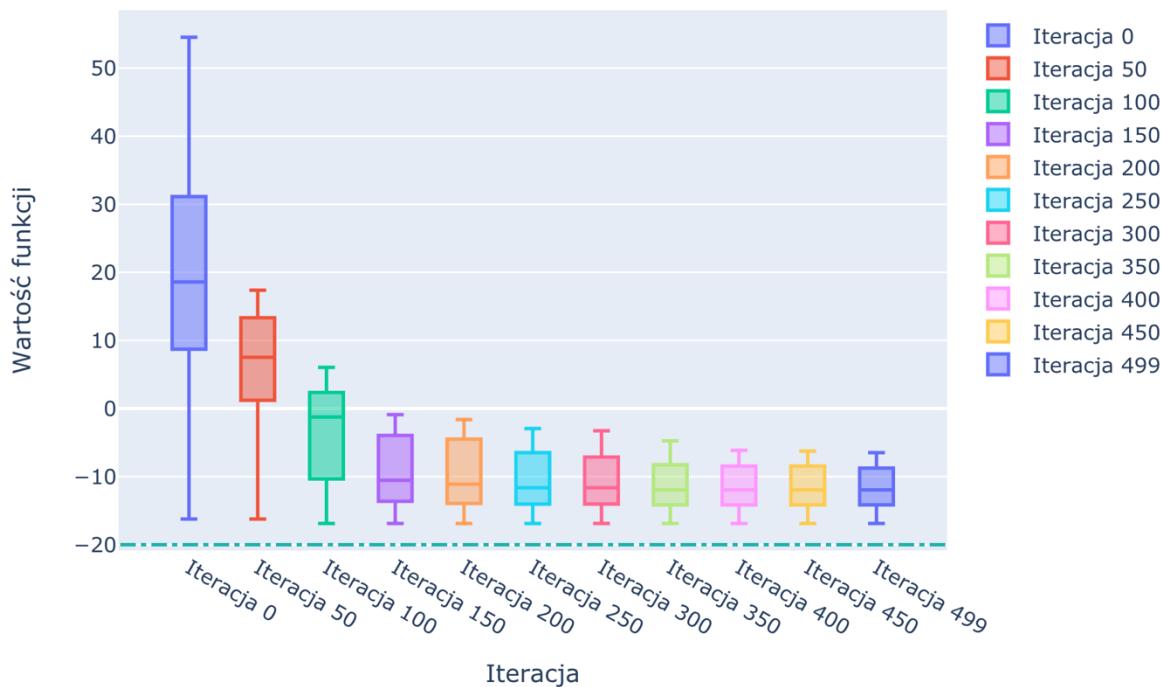


Skupienie harmonii

Skupienie harmonii



Wykresy pudełkowe dla danej iteracji



Wnioski

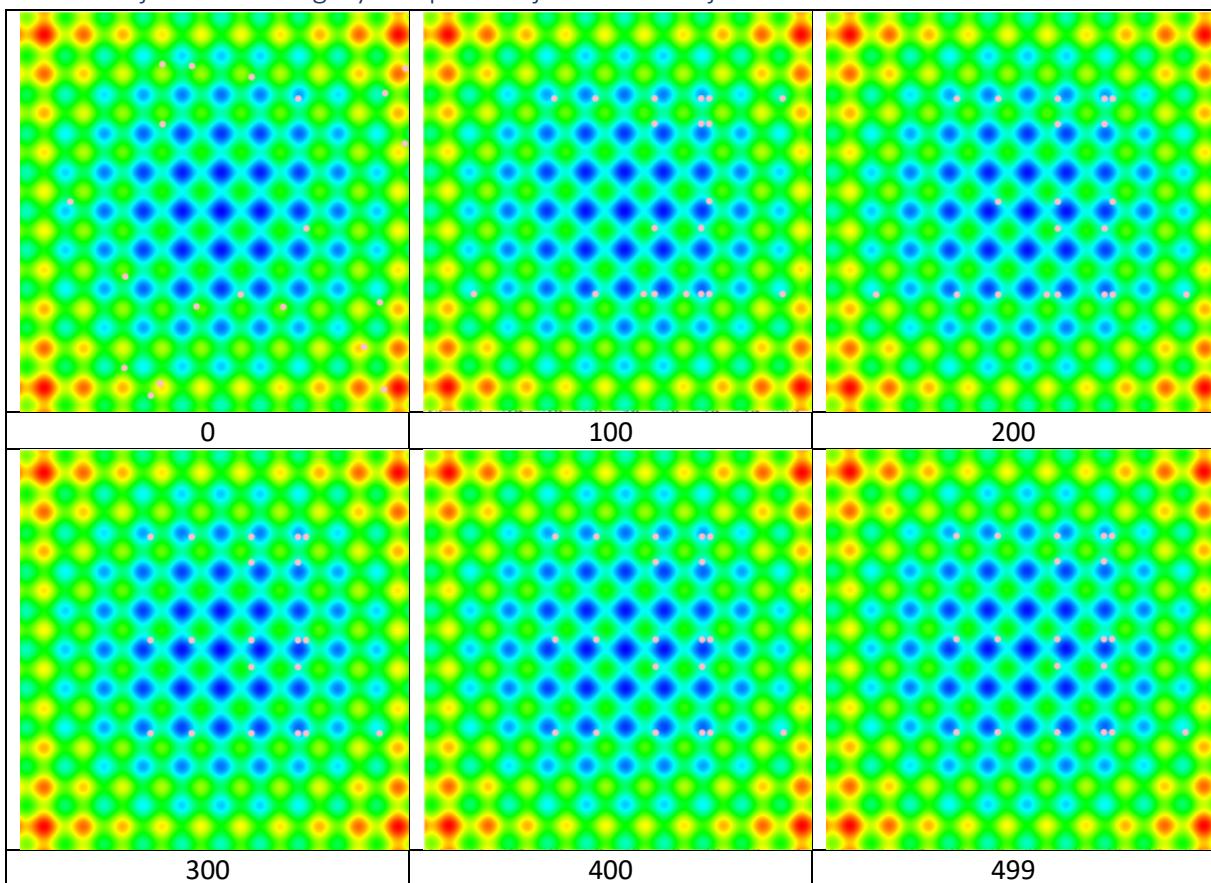
Brak losowości w działaniu algorytmu nie wpłynął zbyt mocno na jego skuteczność. Możliwe, że powodem takiego zachowania jest wylosowanie korzystnego ułożenia początkowych harmonii.

Brak losowych współrzędnych i mniejsza pamięć

W celu podjęcia próby upośledzenia działania algorytmu jednocześnie została ustawiona mała pamięć oraz wyeliminowane zostało generowanie nowych współrzędnych.

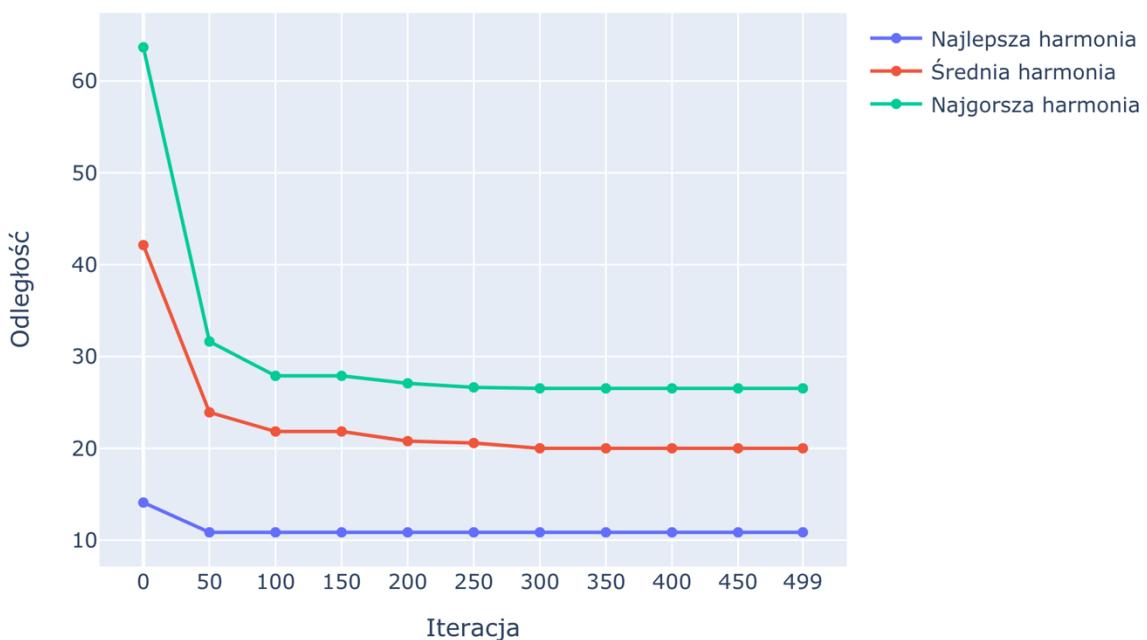
Zakres:	[-5,12, 5,12]
Liczba improwizacji:	500
Rozmiar pamięci (HMS):	20
Wsp. odwołań do pamięci (HMCR)	1.0
Wsp. dostosowania	0
Promień dostosowania	1.0

Wizualizacja działania algorytmu po danej liczbie iteracji



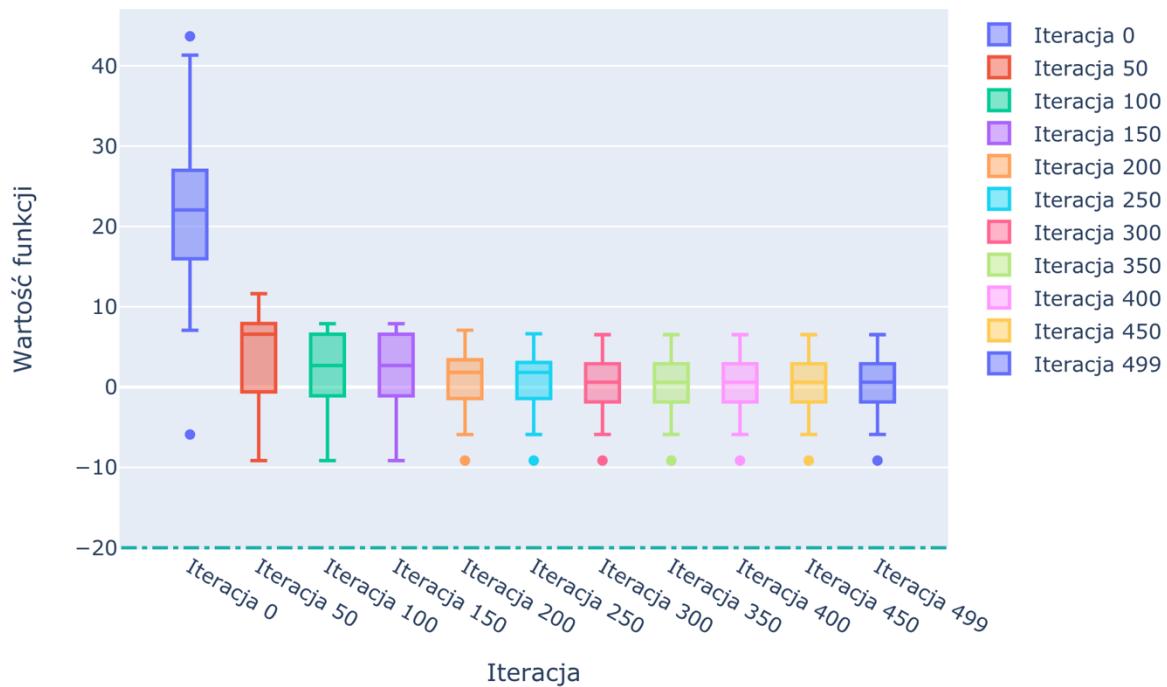
Osiąganie minimum globalnego

Odległość od minimum

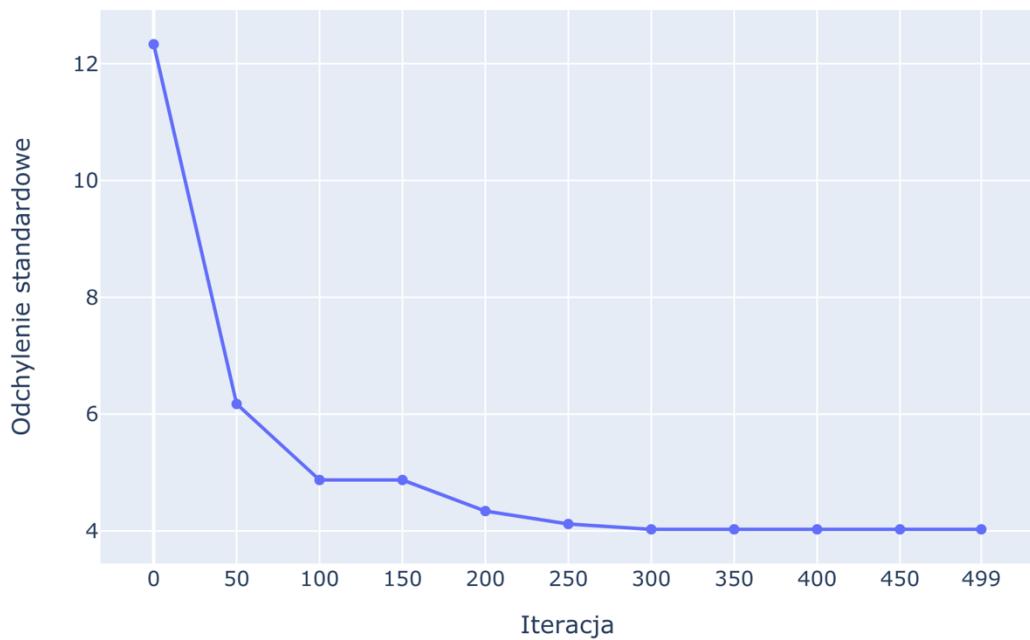


Skupienie harmonii

Wykresy pudełkowe dla danej iteracji



Skupienie harmonii



Wnioski

Wykorzystane ustawienie parametrów skutecznie upośledza działanie algorytmu. Po kilkuset pierwszych iteracjach algorytm nie był już w stanie poprawić wyniku, który pozostał w okolicy -10, mimo, że minimum globalnym funkcji jest -20.

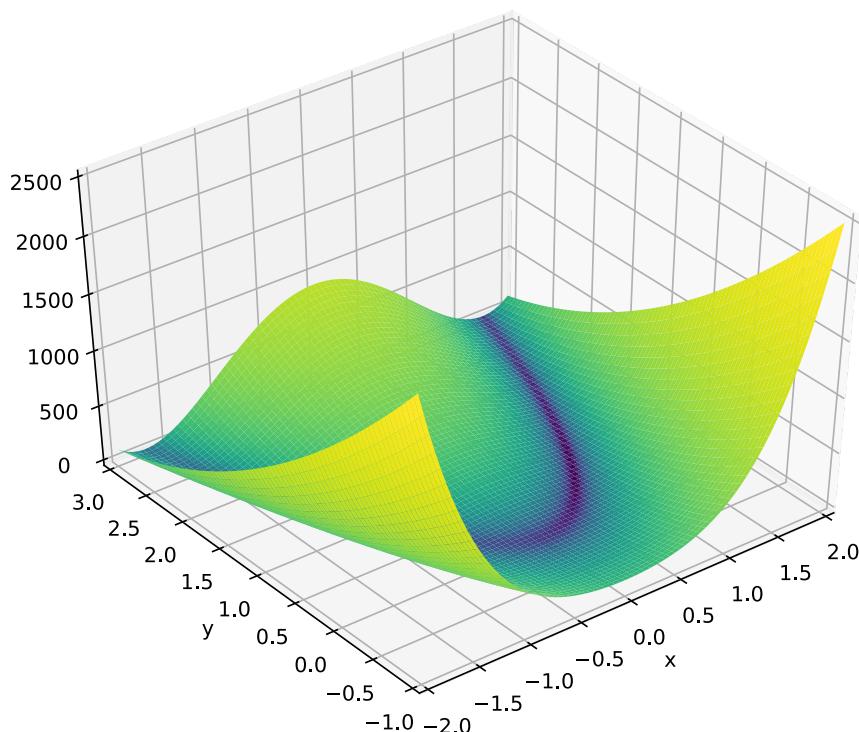
Badanie funkcji Rosenbrocka

Funkcja Rosenbrocka jest parametryzowaną funkcją dwóch zmiennych. Jej wykres przypomina kanion wyżłobiony przez górski strumień. Funkcja ta jest często wykorzystywana przy testowaniu algorytmów optymalizacyjnych. Bardzo łatwo znaleźć jest jej dolinę, jednak dojście do minimum globalnego jest nietrywialne.

Funkcja dana jest poniższym wzorem:

$$f(x, y) = (a - x)^2 + b(y - x^2)^2$$

Typowo funkcja ta jest stosowana z parametrami $a = 1$ i $b = 100$



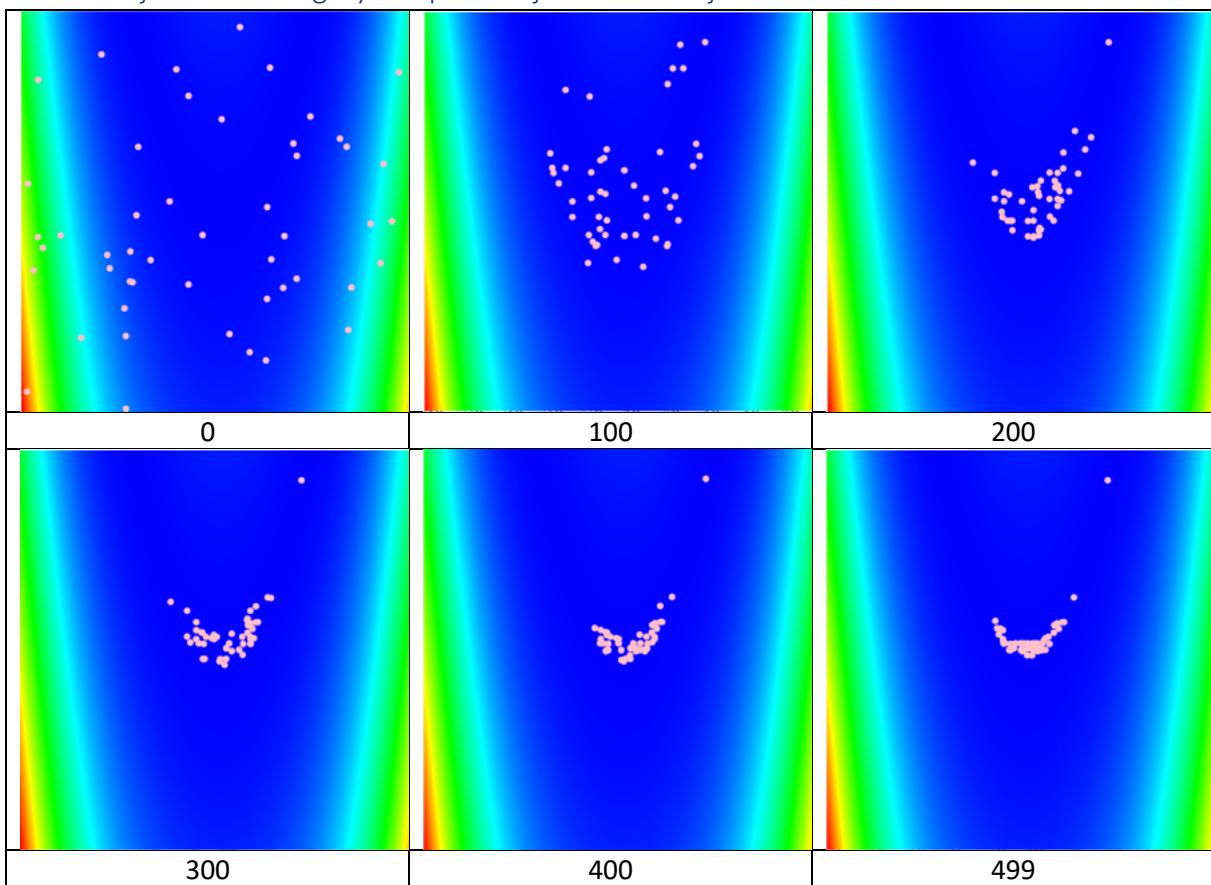
Rysunek 2 - Wykres funkcji Rosenbrocka dla standardowych parametrów
 Źródło: Wikipedia

Domyślne parametry

Badanie działania algorytmu dla domyślnych parametrów.

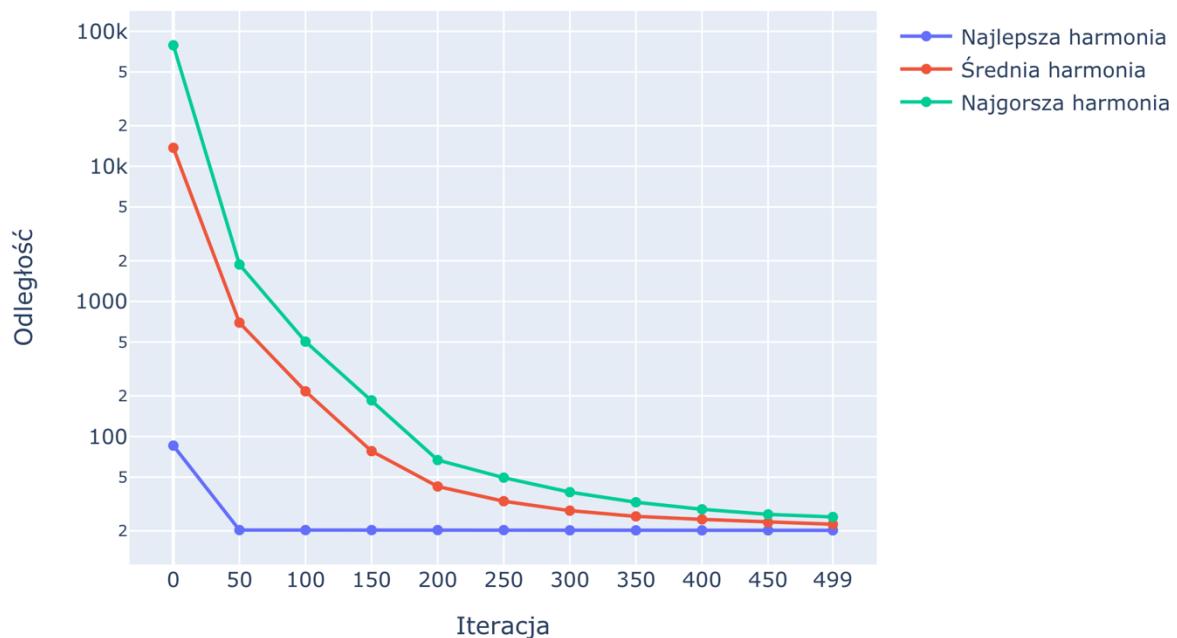
Zakres:	[-5.0, 5.0]
Liczba improwizacji:	500
Rozmiar pamięci (HMS):	50
Wsp. odwołań do pamięci (HMCR)	0,95
Wsp. dostosowania	0,7
Promień dostosowania	1.0

Wizualizacja działania algorytmu po danej liczbie iteracji



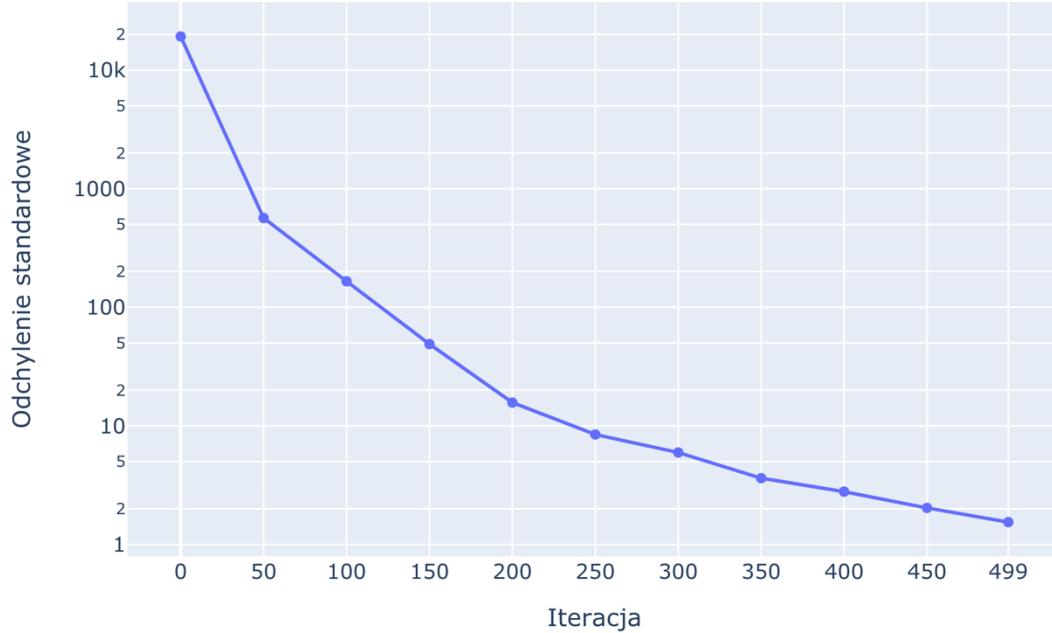
Osiąganie minimum globalnego

Odległość od minimum

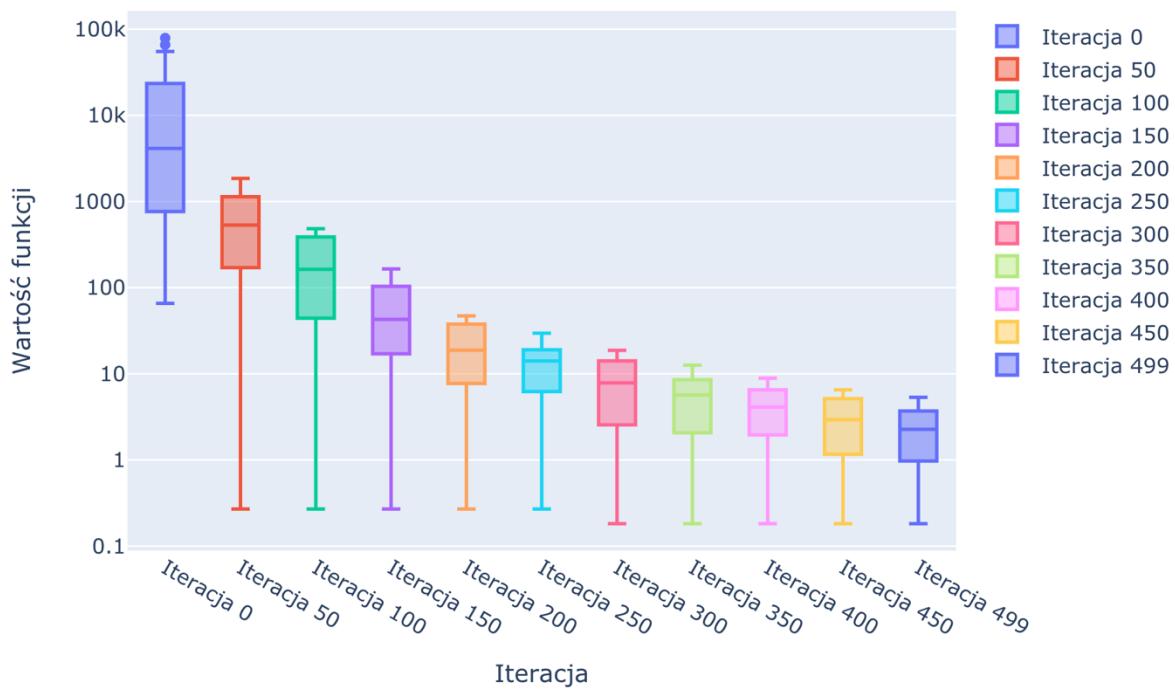


Skupienie harmonii

Skupienie harmonii



Wykresy pudełkowe dla danej iteracji



Wnioski

Badana funkcja ma stosunkowo duże zmiany wartość w badanym otoczeniu. Z tego powodu by zwiększyć czytelność wykresów została zastosowana skala logarytmiczna na pionowej osi.

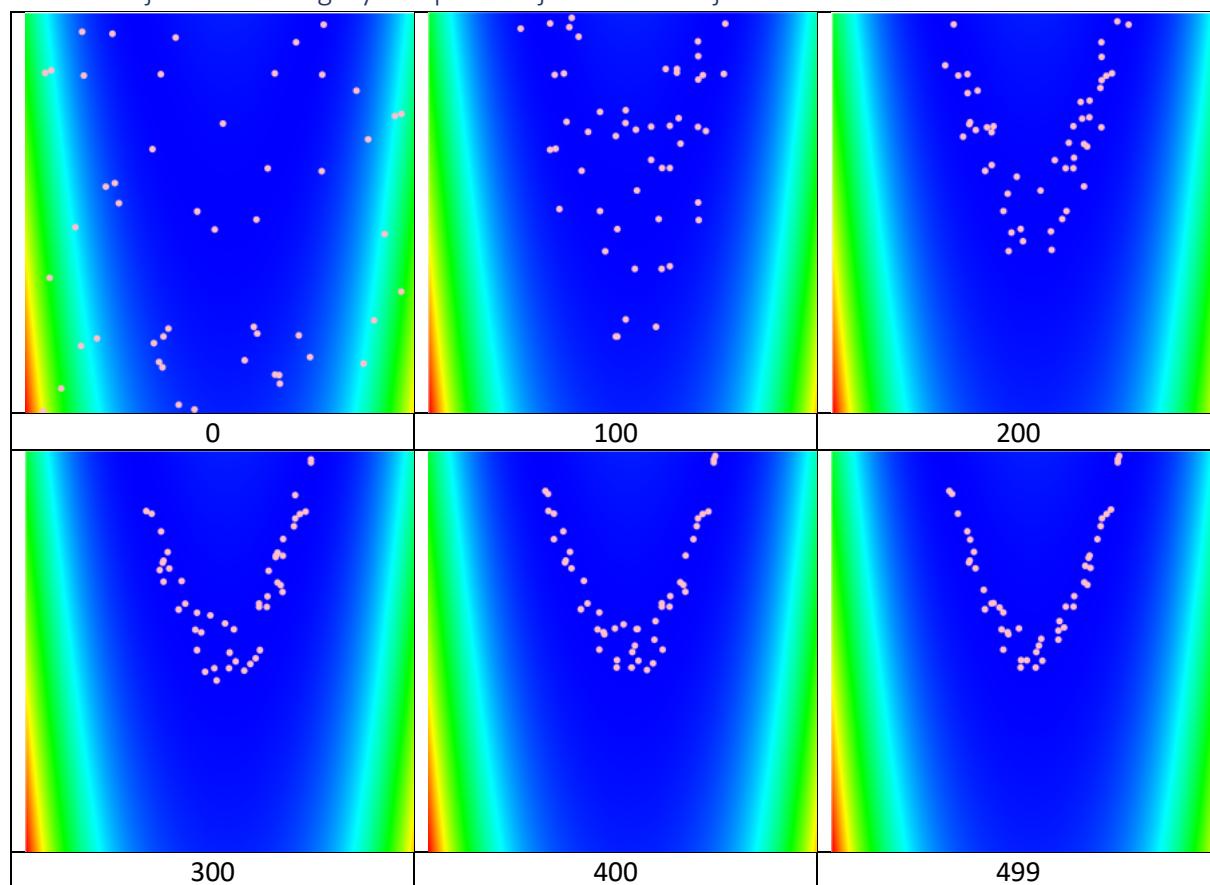
Otrzymane wykresy potwierdzają hipotezę o trudności dojścia do ekstremum globalnego. Nawet w końcowych iteracjach większość harmonii jest mocno oddalona od minimum globalnego. Jednak najlepsza harmonia bardzo szybko znalazła się w jego pobliżu.

Zmniejszenie częstotliwości odwołań do pamięci

Zmniejszenie parametru HMCR w celu częstszej generacji zupełnie nowych harmonii.

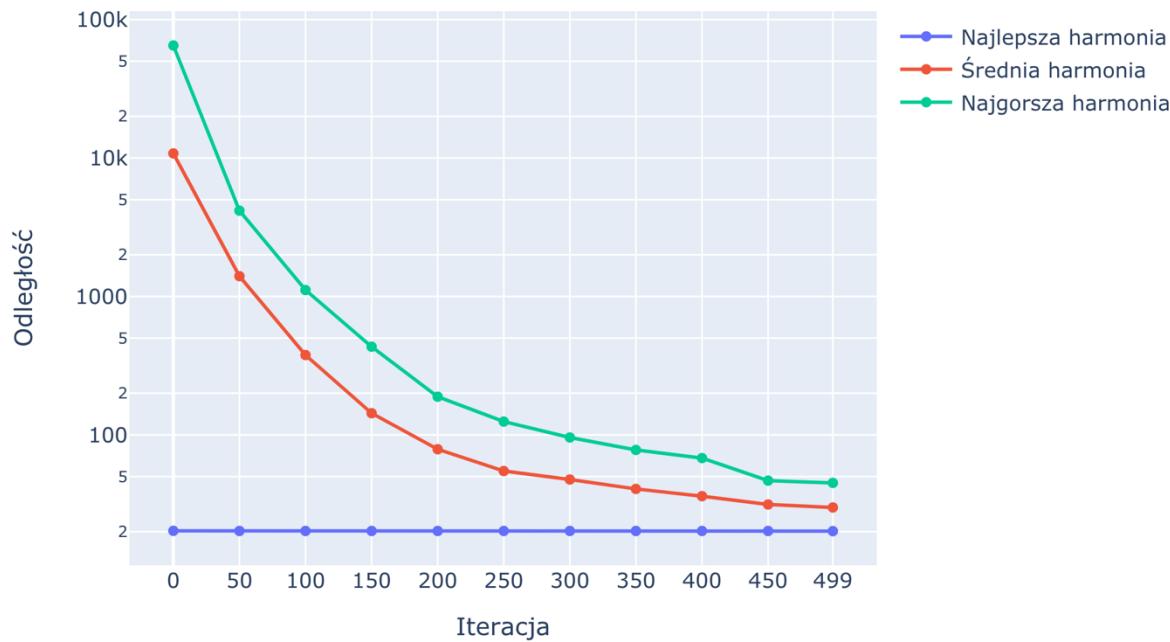
Zakres:	[-5.0, 5.0]
Liczba improwizacji:	500
Rozmiar pamięci (HMS):	50
Wsp. odwołań do pamięci (HMCR)	0,45
Wsp. dostosowania	0,7
Promień dostosowania	1.0

Wizualizacja działania algorytmu po danej liczbie iteracji



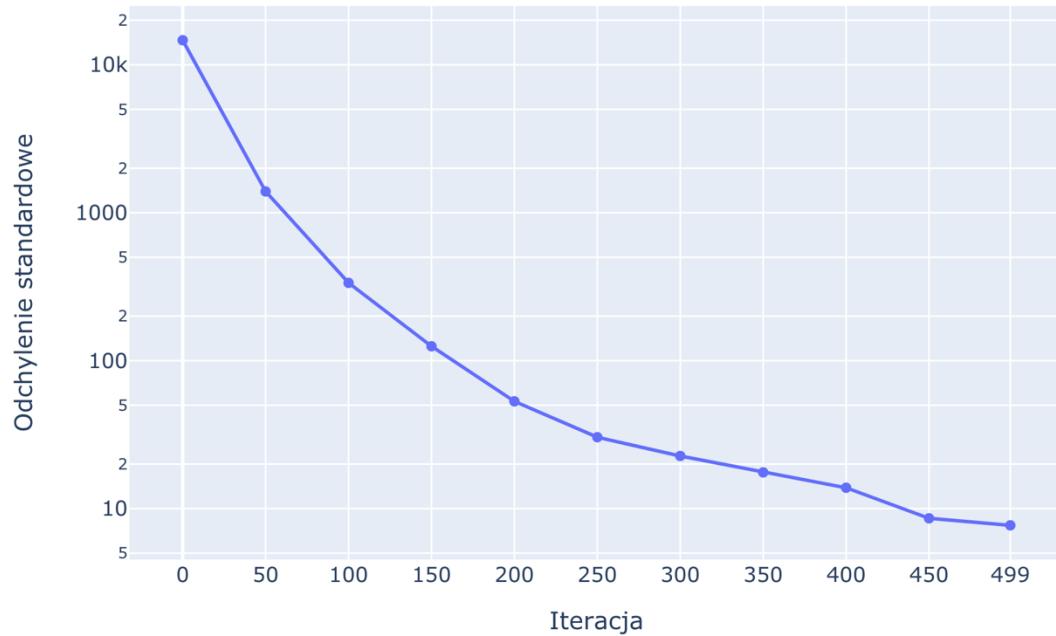
Osiąganie minimum globalnego

Odległość od minimum

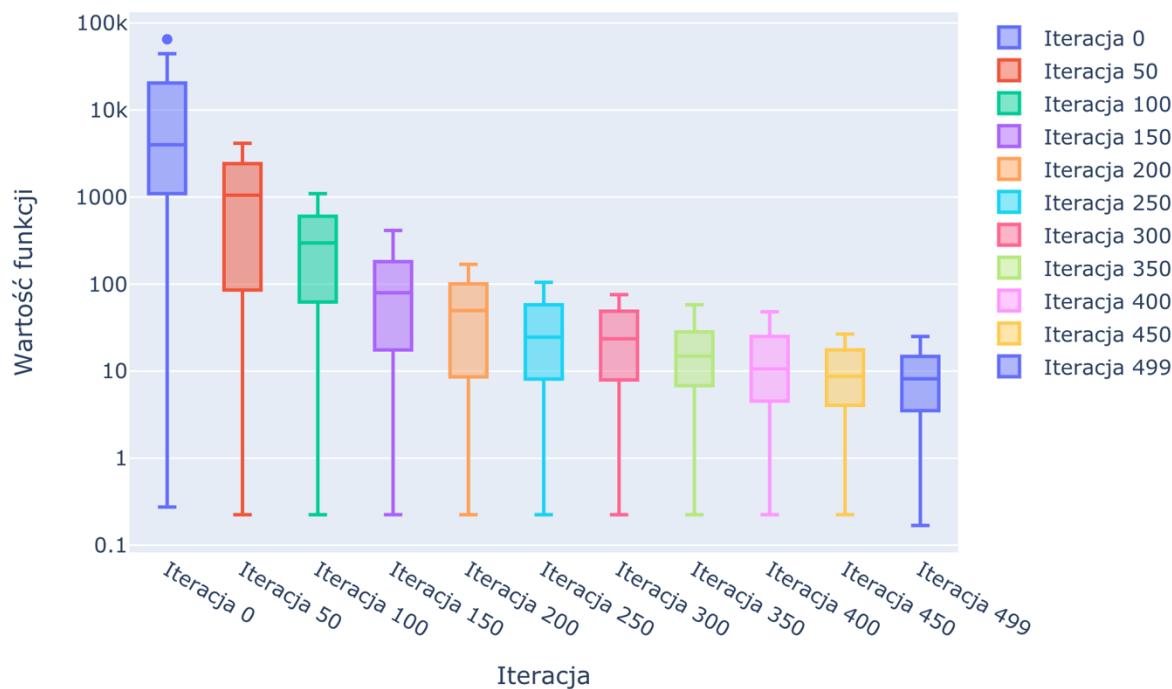


Skupienie harmonii

Skupienie harmonii



Wykresy pudełkowe dla danej iteracji



Wnioski

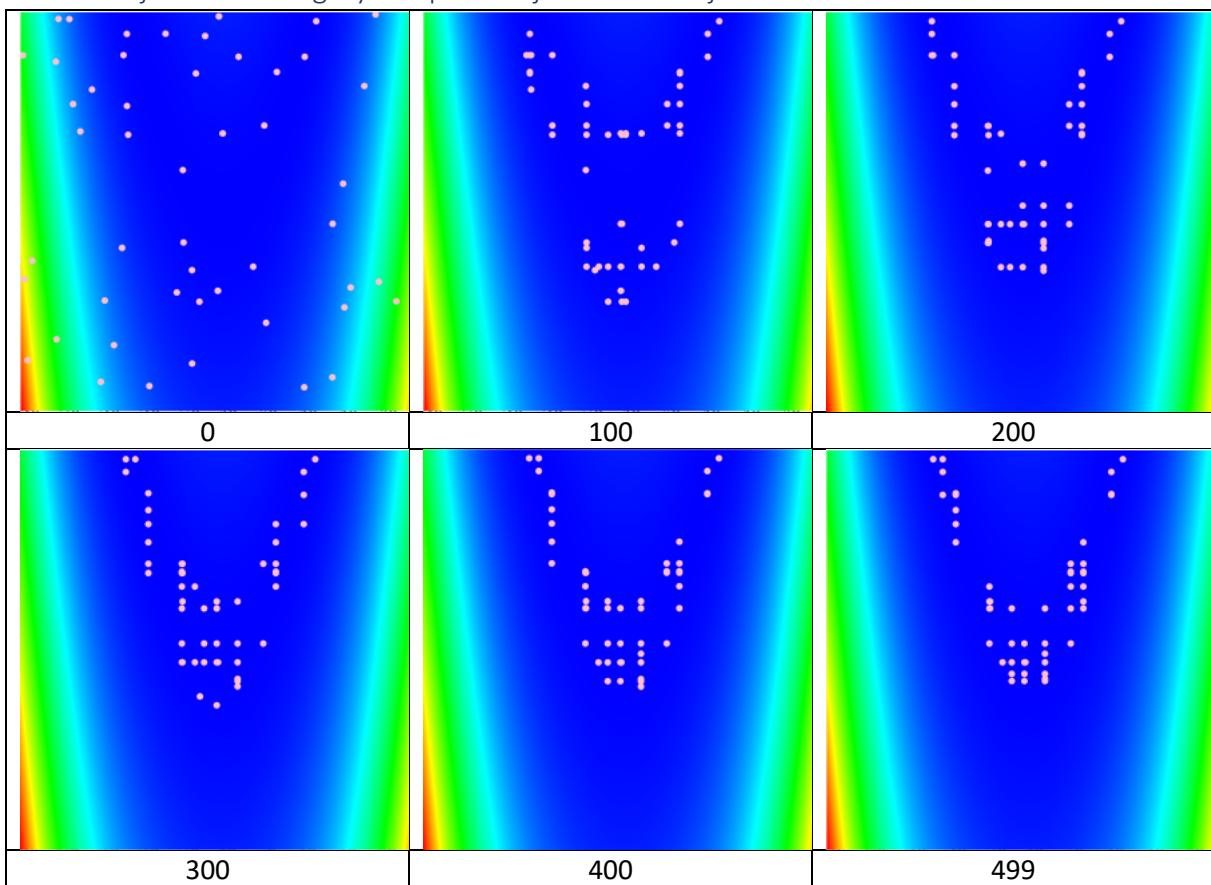
Wizualizacja położenia harmonii w danej iteracji pozwala zaobserwować, że zmniejszenie współczynnika dowołania do pamięci utrudnia algorytmowi skupienie harmonii w okolicy ekstremum globalnego zamiast tego ich ułożenie przypomina półksiężyca ułożony w dolinie funkcji.

Brak dostrajania

Ustawienie współczynnika dostosowania na 0 wyeliminuje działanie mechanizmu dostrajania harmonii

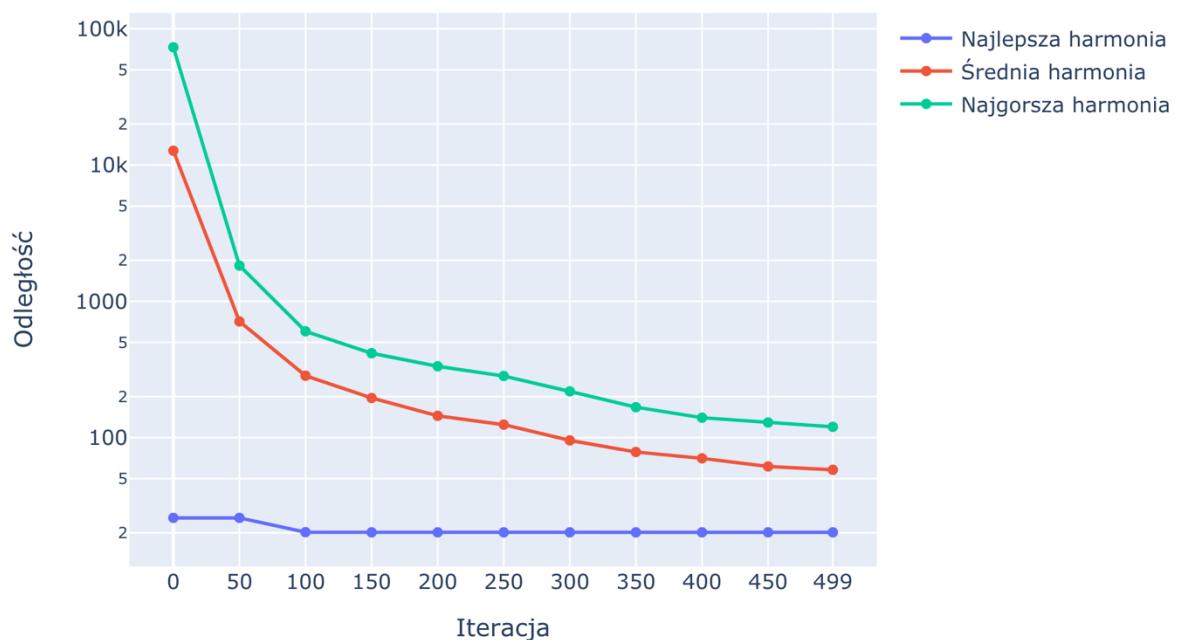
Zakres:	[-5.0, 5.0]
Liczba improwizacji:	500
Rozmiar pamięci (HMS):	50
Wsp. odwołań do pamięci (HMCR)	0,95
Wsp. dostosowania	0
Promień dostosowania	1.0

Wizualizacja działania algorytmu po danej liczbie iteracji



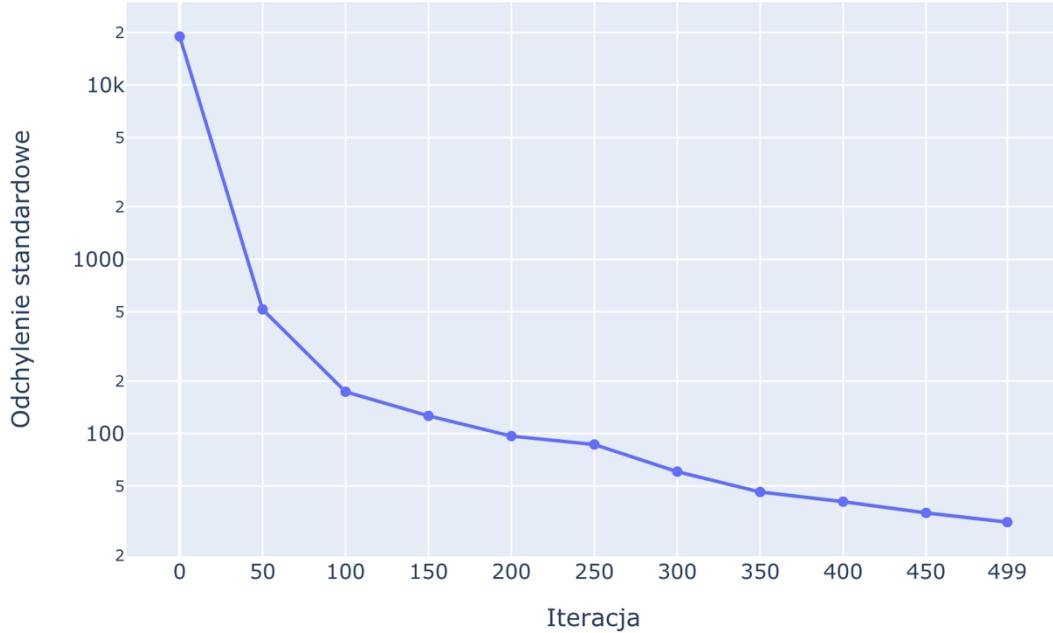
Osiąganie minimum globalnego

Odległość od minimum

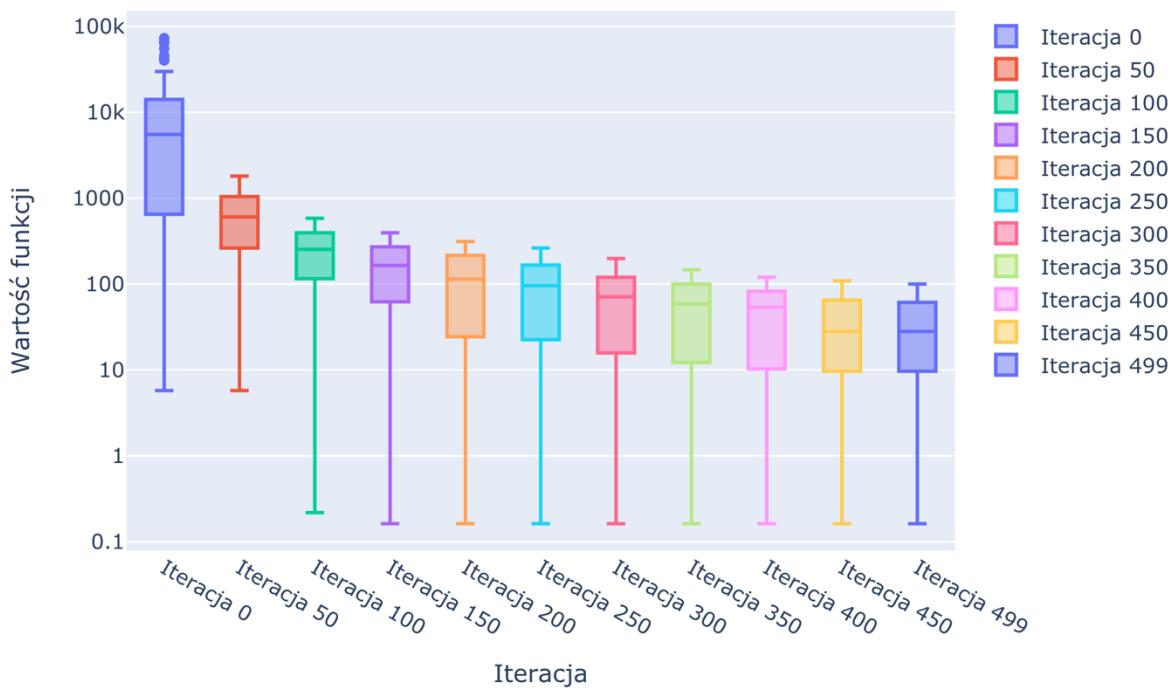


Skupienie harmonii

Skupienie harmonii



Wykresy pudełkowe dla danej iteracji



Wnioski

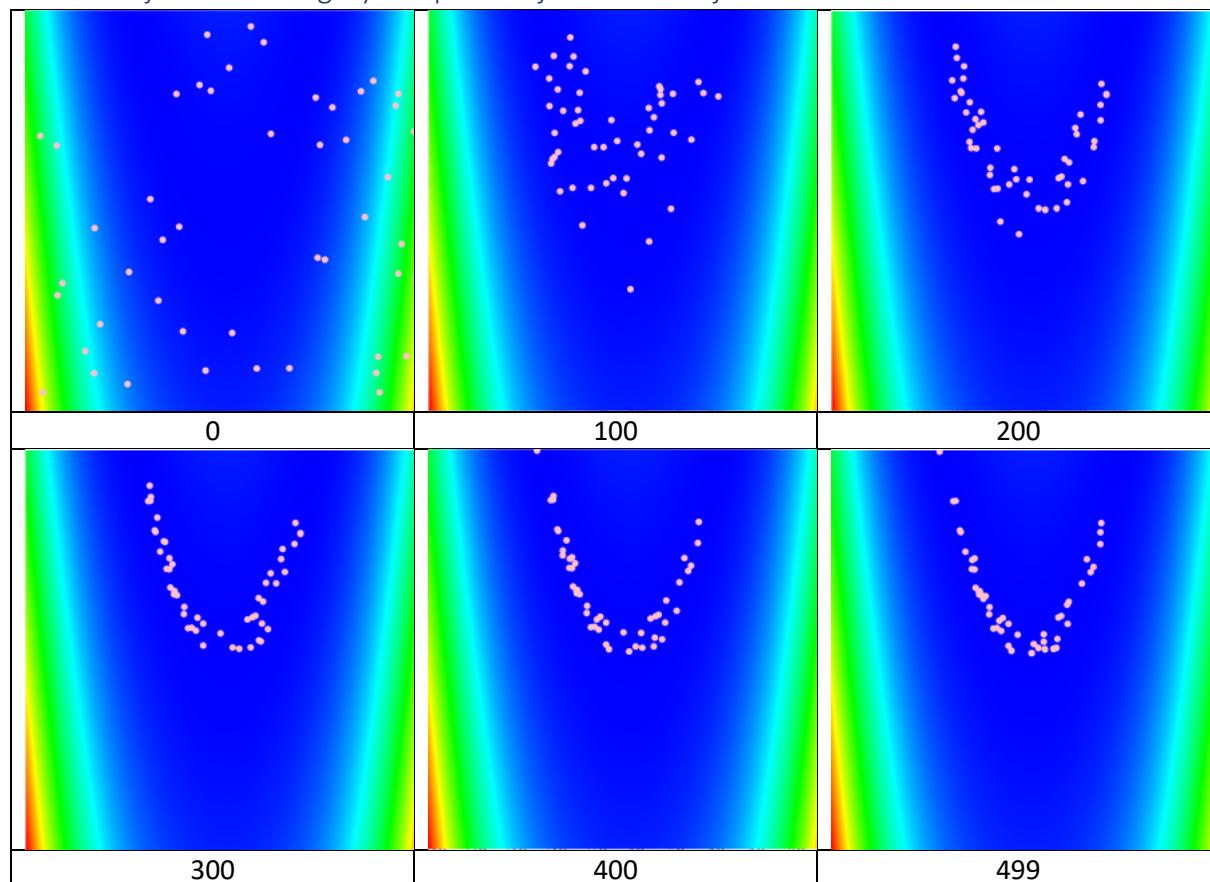
Rezygnacja z dostrajania oraz wysoki współczynnik odwołań do pamięci skutkuje częstym ponownym wykorzystaniem już istniejących współrzędnych przez nowe harmonie. Na wizualizacjach położenia harmonii objawia się to układaniem wzduż prostopadłych linii. Przypomina to sytuację jakby wartości funkcji były dyskretne a nie ciągłe. Prowadzi to również do osłabienia wyników prezentowanych przez większość harmonii.

Ciągłe dostrajanie

Poprzez ustawienie współczynnika dostosowania na 1 każda nowa harmonia ulegnie dostrojeniu.

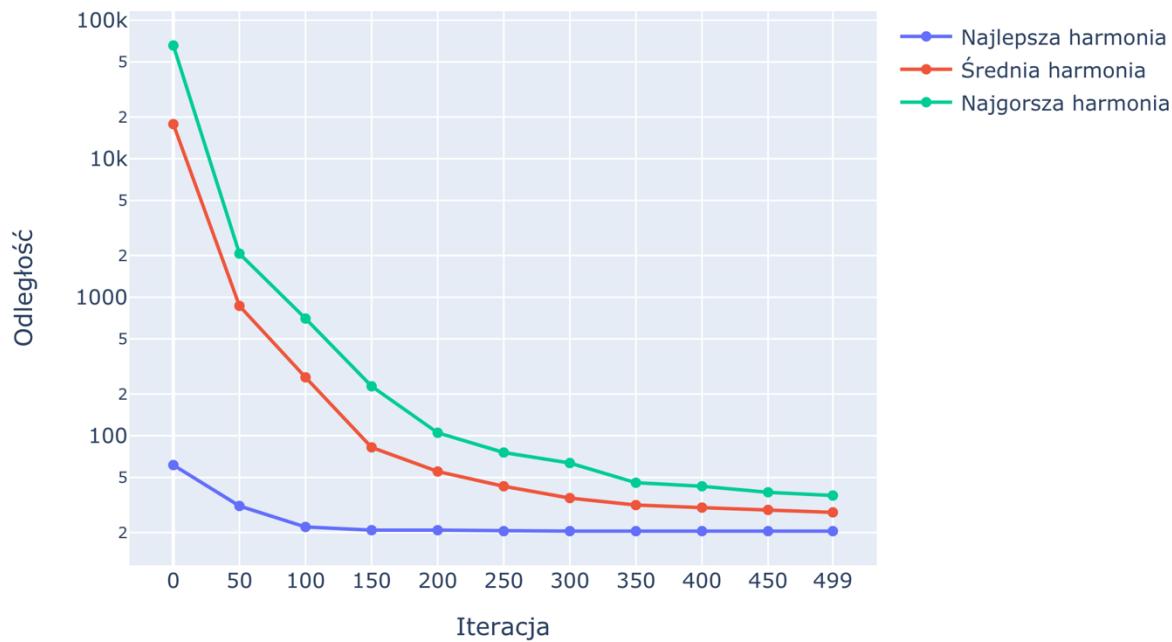
Zakres:	[-5.0, 5.0]
Liczba improwizacji:	500
Rozmiar pamięci (HMS):	50
Wsp. odwołań do pamięci (HMCR)	0,95
Wsp. dostosowania	1
Promień dostosowania	1.0

Wizualizacja działania algorytmu po danej liczbie iteracji



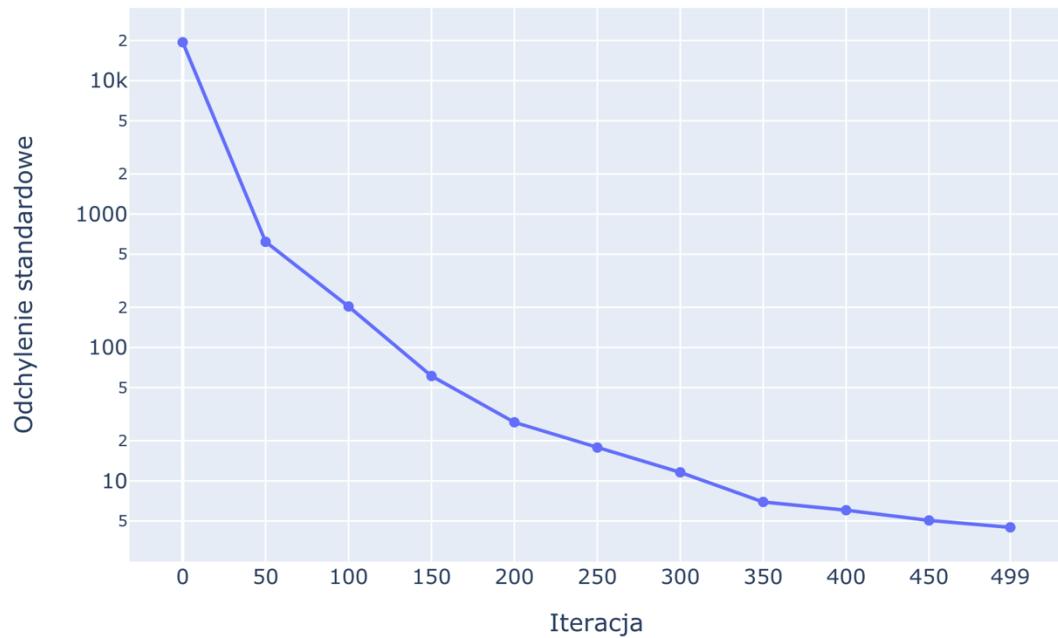
Osiąganie minimum globalnego

Odległość od minimum

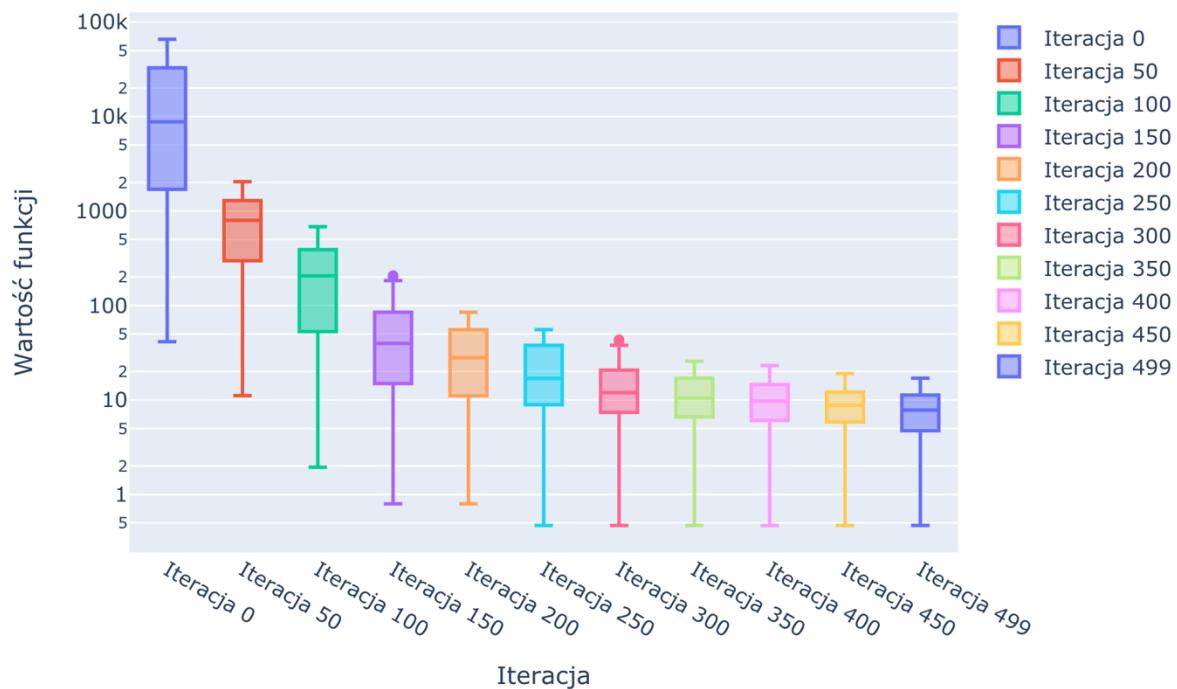


Skupienie harmonii

Skupienie harmonii



Wykresy pudełkowe dla danej iteracji



Wnioski

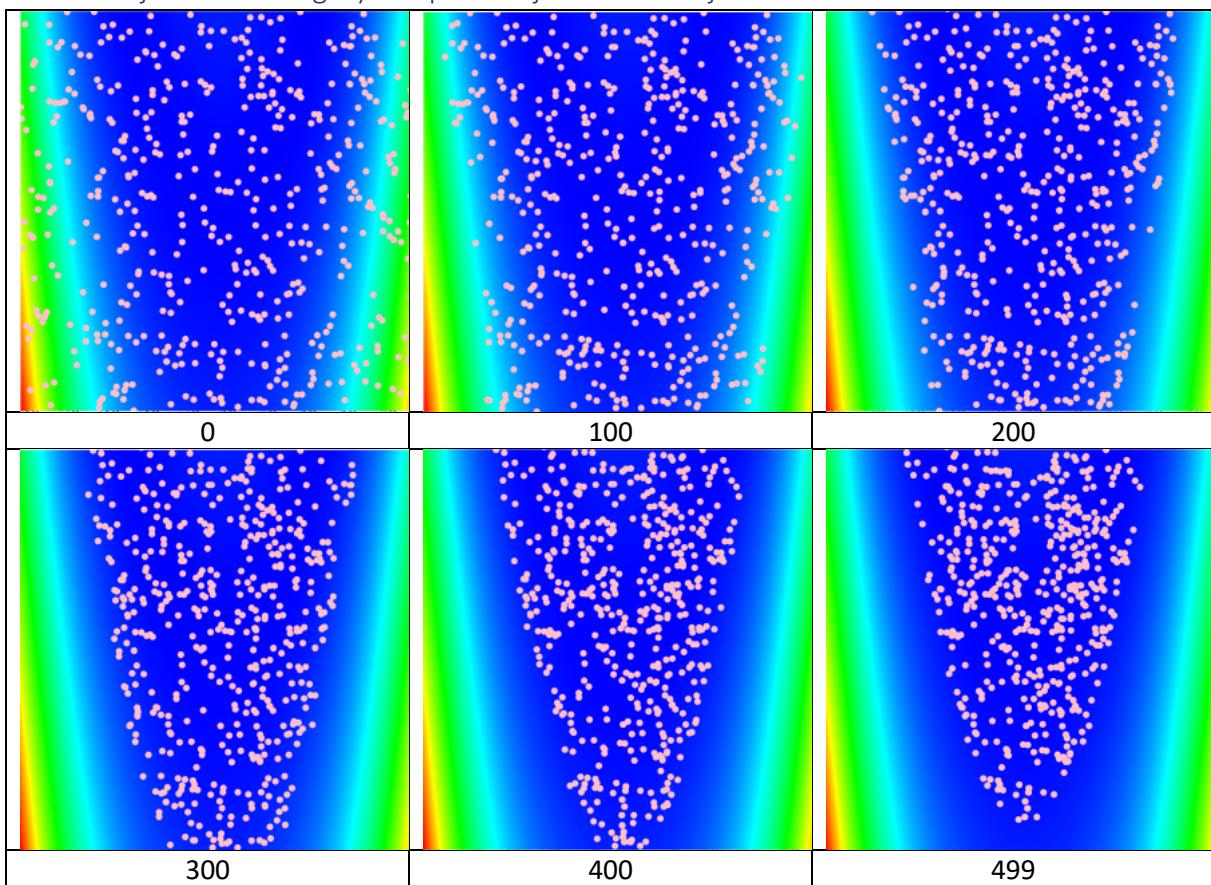
Ciągłe dostrajanie harmonii utrudnia dotarcie do ekstremum globalnego, jednak większość harmonii znalazła się w punktach o małej wartości funkcji. Świadczy to o pozytywnym działaniu dostrajania ale również o tym, że ten współczynnik nie powinien być bliski 1 dla badanej funkcji.

Ogromna pamięć

Zrównanie wielkości pamięci z liczbą iteracji.

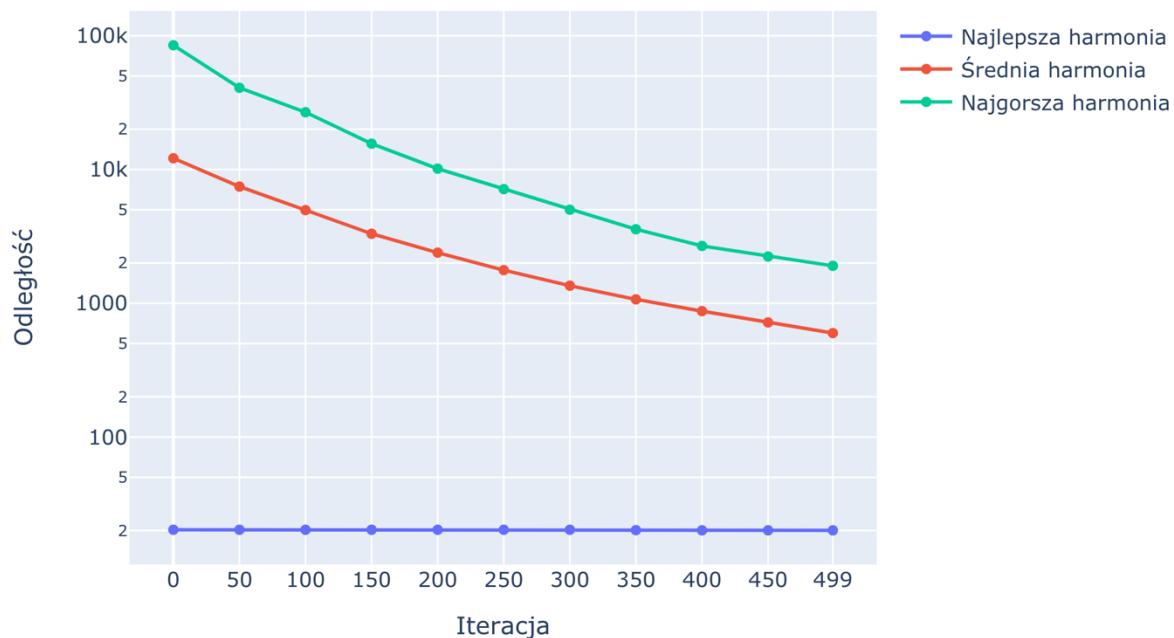
Zakres:	[-5.0, 5.0]
Liczba improwizacji:	500
Rozmiar pamięci (HMS):	500
Wsp. odwołań do pamięci (HMCR)	0,95
Wsp. dostosowania	0,7
Promień dostosowania	1.0

Wizualizacja działania algorytmu po danej liczbie iteracji



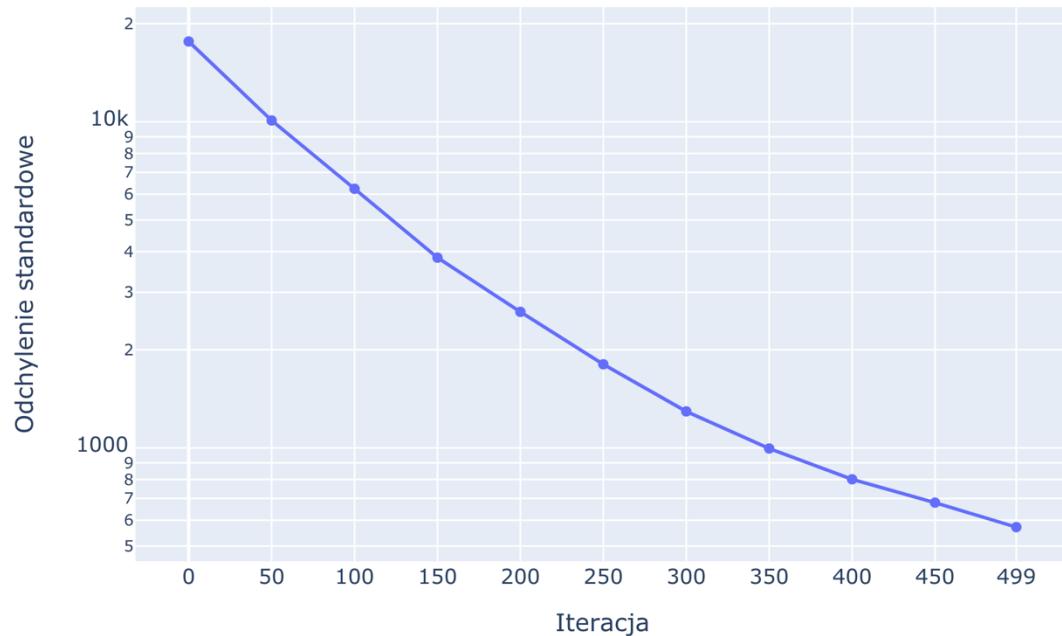
Osiąganie minimum globalnego

Odległość od minimum

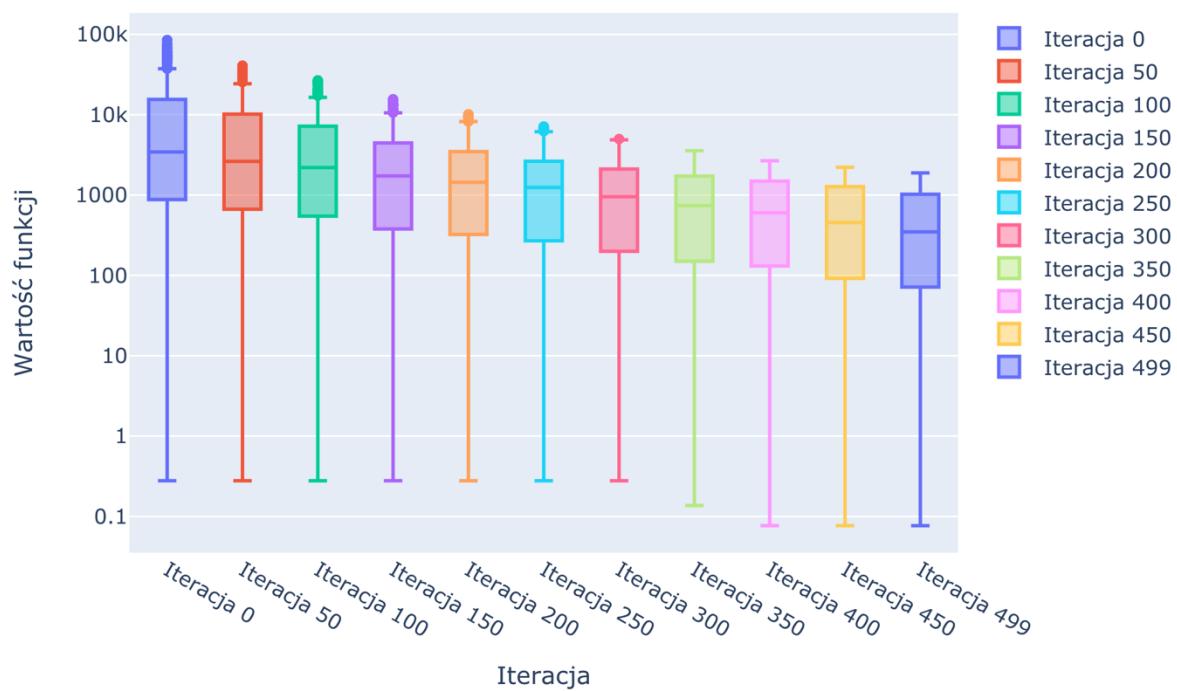


Skupienie harmonii

Skupienie harmonii



Wykresy pudełkowe dla danej iteracji



Wnioski

Rozmiar pamięci równy liczbie iteracji w znacznym zakłoga dzia³anie algorytmu. Widać to po wykresie odleg³oœci średniej harmonii od ekstremum oraz po wykresie skupień harmonii. Odchylenie standardowe spada znacznie wolniej niż w innych symulacjach. Wynika to ze słabego stosunku liczby iteracji do wielkoœci pamięci. Algorytm w kaœdej iteracji zmienia tylko jedną harmonię.

Ogólne wnioski

Szybki spadek po pierwszej iteracji (wartoœci przestają byæ losowe)

Niski spadek potem

Kolejne iteracje zwiększaœą skupienie danych

Wymagane jest <rozmiar_pamięci> iteracji, by odejść od wartości losowych

Odejście od losowych wartości znacznie zwiększa skupienie harmonii

Parametr wsp. dostosowania pozwala wychodziœ z lokalnych minimów

Mo¿e domyœlna liczba harmonii jest zbyt duœa

Da się zrobic tak, by nie powstawały nowe wspólrzędne.

Trochę jak dyskretne argumenty funkcji

Duœo próbek mo¿e trafiœ w ekstremum