**Symulowane wyżarzanie**

**Autorzy:**  
Robert Stanik

Norbert Cyran

**Prowadzący:**  
mgr. inż. Teodor Niżyński

**1. Podpunkt) Implementacja**

Algorytm został poprawnie zaimplementowany, kod znajduje się na stronie: github.com/cyranekpotasu/SPD

Warunkiem stopu algorytmu zostało przyjęte 10,000 iteracji.

SA – symulowanie wyżarzania

**2. Podpunkt) Porównanie NEH z SA**

Rozwiązaniem początkowym SA jest rozwiązanie za pomocą NEH. Parametry początkowe:

T = 100,000

fc(T) = 0.95\*t

Funkcja wyboru sąsiada *insert*

W celu porównania algorytmów zostały obliczone rozwiązania dla 10 różnych instancji, po trzy razy i wyciągnięta została średnia, gdyż algorytm SA jest algorytmem heurystycznym.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Liczba Z i M | NEH | SA |
| ( 4 3 ) | 32 | 32 |
| ( 20 5 ) | 1151 | 1113 |
| ( 20 10 ) | 1653 | 1633 |
| ( 20 20 ) | 2277 | 2222 |
| ( 50 5 ) | 2803 | 2782 |
| ( 50 10 ) | 3272 | 3142 |
| ( 50 20 ) | 4079 | 3921 |
| ( 100 5 ) | 5345 | 5342 |
| ( 100 10 ) | 5903 | 5915 |
| ( 100 20 ) | 6677 | 6758 |
| ( 200 10 ) | 10775 | 10827 |

*Cmax  dla NEH i SA zależne od ilości zadań i maszyn*

*Wykres C­max w zależności od ilości maszyn i zadań oraz zastosowanego algorytmu dla niektórych instancji*

Na podstawie tabeli i wykresu SA powoduje poprawienie C­max i przy niewielkich ilości zadań i maszyn sprawuje się lepiej niż algorytm NEH.

**3. Podpunkt) Porównanie metody *swap* i *insert***

W algorytmie zastosowano dwie funkcje wyboru sąsiada, *swap i insert*, pierwsza polega na zamianie dwóch zadań, a druga na usunięcie jednego i wstawienie go w inne miejsca. Wartości Cmax przy użyciu funkcji *insert* są wzięte z poprzedniego podpunktu. Wartości Cmax zostały uzyskane analogicznie jak w poprzednim punkcie.

Poniższa tabela prezentuje otrzymane rezultaty:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Libcza Z i M | SA Insert | SA Swap |
| ( 4 3 ) | 32 | 32 |
| ( 20 5 ) | 1113 | 1120 |
| ( 20 10 ) | 1633 | 1629 |
| ( 20 20 ) | 2222 | 2246 |
| ( 50 5 ) | 2782 | 2790 |
| ( 50 10 ) | 3142 | 3184 |
| ( 50 20 ) | 3921 | 3943 |
| ( 100 5 ) | 5342 | 5344 |
| ( 100 10 ) | 5915 | 5965 |
| ( 100 20 ) | 6758 | 6832 |
| ( 200 10 ) | 10827 | 10886 |

*Cmax dla funkcji insert i swap*

*Wykres przedstawia różnice Cmax między insert i swap (Cmaxinsert - Cmaxswap)*

Po wynikach w tabeli można wywnioskować że funkcja wyboru sąsiada *insert* jest zdecydowanie lepsza w poszukiwaniu rozwiązania. Mimo że funkcja *swap*  jest gorsza to mimo to daje lepsze rezultaty niż funkcja NEH.

**4. Podpunkt) Badania współczynnika schładzania**

W celu zbadania współczynnika, zostały wykonane cztery badania gdzie zmieniał się współczynnik schładzania kolejno: µ = (0.8, 0.9, 0.95, 0.99). W tym badaniu zostanie użyta tylko jedna instancja (100 20). Tak jak poprzednio zostaną wykonane trzykrotnie rozwiązania w celu wyciągnięcia średniej Cmax.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Libcza Z i M | 0.8 | 0.90 | 0.95 | 0.99 |
| ( 100 20 ) | 6679 | 6698 | 6758 | 6739 |

Współczynnik schładzania ma wpływ na zmniejszanie się temperatury, przez zły dobór współczynnika, czyli jeżeli temperatura będzie za szybko spadać funkcja może zostać uwięziona w minimum lokalnym, w którym nie ma dobrego rozwiązania.

*Spadek temperatury w zależności od współczynnika schładzania*

**5 Podpunkt) Badania dotyczące doboru temperatury początkowej**

W tym podpunkcie została ustawiona temperatura początkowa na różne wartości, kolejno 100, 1000, 10000 i 100000**.** Inne parametry zostały ustawione na kolejno: współczynnik schładzania 0.95, ilość iteracji 10000. Dane prezentują się następująco:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| T | 100 | 1000 | 10000 | 100000 |
| ( 4 3 ) | 32 | 32 | 32 | 32 |
| ( 20 5 ) | 1108 | 1111 | 1111 | 1113 |
| ( 20 10 ) | 1615 | 1619 | 1634 | 1633 |
| ( 20 20 ) | 2228 | 2205 | 2229 | 2222 |
| ( 50 5 ) | 2785 | 2782 | 2814 | 2782 |
| ( 50 10 ) | 3169 | 3161 | 3204 | 3142 |
| ( 50 20 ) | 3927 | 3900 | 3921 | 3921 |
| ( 100 5 ) | 5353 | 5371 | 5346 | 5342 |
| ( 100 10 ) | 5903 | 5903 | 5903 | 5915 |
| ( 100 20 ) | 6708 | 6699 | 6750 | 6758 |
| ( 200 10 ) | 10771 | 10870 | 10797 | 10827 |

*Tabela przedstawia wartości Cmax­ zależene od temperatury*

Można zauważyć że temperatura nie ma

Oprócz tego zostało przeprowadzone badanie z ilością iteracji dla przypadku(100 5) i (200 10). Dane znajdują się w tabeli.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Iteracje | 1000 | 5000 | 10000 | 20000 |
| (100 10) | 5435 | 5364 | 5342 | 5342 |
| (200 10) | 11036 | 10876 | 10827 | 10818 |

*Tabela przedstawia Cmax  w zależności od ilości iteracji*

Można zauważyć że im więcej iteracji tym lepsze rozwiązanie.

**6 Podpunkt) Przeprowadzić badania dotyczące wykonywanego ruchu**

Dla tego zadania można podejść teoretycznie. Funkcja akceptacji prezentuje się następująco:

Dla przypadku gdy c’ < c przy różnej temperaturze można teoretyczne wartości podać, i przeanalizować. Tabela poniżej prezentuje te kilka przypadków:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| c' | c | T | P() |
| 5200 | 5000 | 100000 | 1,002002 |
| 5200 | 5000 | 10000 | 1,020201 |
| 5200 | 5000 | 1000 | 1,221403 |
| 5200 | 5000 | 100 | 7,389056 |
| 5200 | 5000 | 10 | 4,85E+08 |
| 5200 | 5000 | 1 | 7,23E+86 |
| c' | c | T | P() |
| 5001 | 5000 | 100000 | 1,00001 |
| 5001 | 5000 | 10000 | 1,0001 |
| 5001 | 5000 | 1000 | 1,001001 |
| 5001 | 5000 | 100 | 1,01005 |
| 5001 | 5000 | 10 | 1,105171 |
| 5001 | 5000 | 1 | 2,718282 |
| 5001 | 5000 | 0,01 | 2,69E+43 |

*Tabela wartości funkcji akceptacji w zależności od temperatury*

Można zauważyć że jeżeli c’ > c to nowe rozwiązanie nie zostanie zaakceptowane ponieważ wartość funkcji P() jest większa od 1, a porównuje się ją z liczbą z przedziału [0;1]

**7 Podpunkt) badania dotyczące wykonywanego ruchu**

**8) Podpunkt) badania dotyczące rozwiązania startowego**

Rozwiązanie startowe zostanie wybrane w dwóch przypadkach, w jednym gdy podamy rozwiązanie uzyskane dzięki algorytmowi NEH, a w drugim gdy zostanie podane losowe, czyli, te które są podane do NEH’a. Parametry są domyślne, oraz liczba iteracji wynosi 10000.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Libcza Z i M | NEH | Losowe |
| ( 4 3 ) | 32 | 32 |
| ( 20 5 ) | 1113 | 1118 |
| ( 20 10 ) | 1633 | 1626 |
| ( 20 20 ) | 2222 | 2242 |
| ( 50 5 ) | 2782 | 2786 |
| ( 50 10 ) | 3142 | 3147 |
| ( 50 20 ) | 3921 | 3967 |
| ( 100 5 ) | 5342 | 5359 |
| ( 100 10 ) | 5915 | 5898 |
| ( 100 20 ) | 6758 | 6756 |
| ( 200 10 ) | 10827 | 10853 |

*Tabela przedstawia Cmax w zależności od rozwiązania startowego*

Cmax między rozwiązaniami startowymi nie różni się od siebie zbyt dużo.

**Podsumowanie**