# Sterowanie procesami dyskretnymi

## Wykonawcy: Aleksandra Marecka, Artur Kowalczyk

Termin: Poniedziałek, 18:55-20:30

1. Symulowanie wyżarzanie

Symulowane wyżarzanie jest algorytmem, pozwalającym na rozwiazywanie dowolnego problemu, o ile jest on możliwy do ujęcia w ramach pojęć i kroków danej metaheurystyki. Algorytm polega na doborze rozwiązania początkowego, którym w naszym przypadku jest kolejność naturalna, a następnie ustalenie temperatury początkowej. Kolejnym etapem jest tworzenie nowego rozwiązania, leżącego w otoczeniu poprzedniego. Można to zastosować za pomocą ruchu insert lub swap. Kolejnym krokiem jest sprawdzenie prawdopodobieństwa czy dany krok jest zaakceptowany, jeśli tak to naszym nowym rozwiązaniem początkowym jest to wygenerowane rozwiązanie. Następnie jest dobierane schładzanie oraz kryterium stopu.

1. Badanie dotyczące współczynnika wychładzania

Tabela 1 Współczynnik wychładzania

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Instancja | Współczynnik wychładzania | | | |
| ta000.txt | 0.8 | 0.9 | 0.95 | 0.99 |
| Cmax | | | |
| 36 | 36 | 36 | 34 |
|  | | | |
| Czas[s] | | | |
| 0.003 | 0.009 | 0.012 | 0.053 |
| Instancja | Współczynnik wychładzania | | | |
| ta001.txt | 0.8 | 0.9 | 0.95 | 0.99 |
| Cmax | | | |
| 1458 | 1442 | 1466 | 1467 |
|  | | | |
| Czas | | | |
| 0.015 | 0.055 | 0.062 | 0.352 |
| Instancja | Współczynnik wychładzania | | | |
| ta002.txt | 0.8 | 0.9 | 0.95 | 0.99 |
| Cmax | | | |
| 1531 | 1484 | 1490 | 1457 |
|  | | | |
| Czas | | | |
| 0.028 | 0.059 | 0.113 | 0.646 |
| Instancja | Współczynnik wychładzania | | | |
| ta003.txt | 0.8 | 0.9 | 0.95 | 0.99 |
| Cmax | | | |
| 1367 | 1463 | 1423 | 1454 |
|  | | | |
| Czas | | | |
| 0.040 | 0.161 | 0.209 | 0.933 |
| Instancja | Współczynnik wychładzania | | | |
| ta004.txt | 0.8 | 0.9 | 0.95 | 0.99 |
| Cmax | | | |
| 1562 | 1618 | 1588 | 1571 |
|  | | | |
| Czas | | | |
| 0.053 | 0.203 | 0.261 | 1.236 |
| Instancja | Współczynnik wychładzania | | | |
| ta024.txt | 0.8 | 0.9 | 0.95 | 0.99 |
| Cmax | | | |
| 2709 | 2776 | 2744 | 2563 |
|  | | | |
| Czas | | | |
| 0.102 | 0.399 | 0.479 | 2.341 |
| Instancja | Współczynnik wychładzania | | | |
| ta025.txt | 0.8 | 0.9 | 0.95 | 0.99 |
| Cmax | | | |
| 2676 | 2771 | 2681 | 2735 |
|  | | | |
| Czas | | | |
| 0.149 | 0.501 | 0.700 | 3.484 |
| Instancja | Współczynnik wychładzania | | | |
| ta026.txt | 0.8 | 0.9 | 0.95 | 0.99 |
| Cmax | | | |
| 2519 | 2639 | 2555 | 2613 |
|  | | | |
| Czas | | | |
| 0.196 | 0.637 | 0.884 | 4.672 |
| Instancja | Współczynnik wychładzania | | | |
| ta027.txt | 0.8 | 0.9 | 0.95 | 0.99 |
| Cmax | | | |
| 2824 | 2662 | 2750 | 2634 |
|  | | | |
| Czas | | | |
| 0.247 | 0.773 | 1.122 | 5.744 |
| Instancja | Współczynnik wychładzania | | | |
| ta030.txt | 0.8 | 0.9 | 0.95 | 0.99 |
| Cmax | | | |
| 2794 | 2684 | 2784 | 2582 |
|  | | | |
| Czas | | | |
| 0.295 | 0.773 | 1.345 | 6.874 |
| Instancja | Współczynnik wychładzania | | | |
| ta031.txt | 0.8 | 0.9 | 0.95 | 0.99 |
| Cmax | | | |
| 3047 | 3086 | 3058 | 3064 |
|  | | | |
| Czas | | | |
| 0.326 | 0.867 | 1.484 | 7.551 |
| Instancja | Współczynnik wychładzania | | | |
| ta032.txt | 0.8 | 0.9 | 0.95 | 0.99 |
| Cmax | | | |
| 3388 | 3391 | 3326 | 3223 |
|  | | | |
| Czas | | | |
| 0.355 | 0.945 | 1.630 | 8.217 |
| Instancja | Współczynnik wychładzania | | | |
| ta033.txt | 0.8 | 0.9 | 0.95 | 0.99 |
| Cmax | | | |
| 2927 | 3038 | 2976 | 2906 |
|  | | | |
| Czas | | | |
| 0.385 | 1.108 | 1.827 | 8.912 |
| Instancja | Współczynnik wychładzania | | | |
| ta034.txt | 0.8 | 0.9 | 0.95 | 0.99 |
| Cmax | | | |
| 3231 | 3262 | 3044 | 3204 |
|  | | | |
| Czas | | | |
| 0.414 | 1.170 | 1.967 | 9.599 |
| Instancja | Współczynnik wychładzania | | | |
| ta035.txt | 0.8 | 0.9 | 0.95 | 0.99 |
| Cmax | | | |
| 3165 | 3246 | 3222 | 3320 |
|  | | | |
| Czas | | | |
| 0.443 | 1.233 | 2.118 | 10.311 |
| Instancja | Współczynnik wychładzania | | | |
| ta095.txt | 0.8 | 0.9 | 0.95 | 0.99 |
| Cmax | | | |
| 12381 | 12067 | 12210 | 11998 |
|  | | | |
| Czas | | | |
| 0.699 | 2.064 | 3.169 | 16.440 |
| Instancja | Współczynnik wychładzania | | | |
| ta096.txt | 0.8 | 0.9 | 0.95 | 0.99 |
| Cmax | | | |
| 12105 | 12319 | 11943 | 11627 |
|  | | | |
| Czas | | | |
| 0.953 | 2.769 | 4.239 | 25.992 |
| Instancja | Współczynnik wychładzania | | | |
| ta097.txt | 0.8 | 0.9 | 0.95 | 0.99 |
| Cmax | | | |
| 12411 | 12513 | 12501 | 12434 |
|  | | | |
| Czas | | | |
| 1.189 | 3.646 | 5.295 | 35.128 |
| Instancja | Współczynnik wychładzania | | | |
| ta098.txt | 0.8 | 0.9 | 0.95 | 0.99 |
| Cmax | | | |
| 12363 | 12101 | 12329 | 12292 |
|  | | | |
| Czas | | | |
| 1.411 | 4.253 | 6.265 | 44.613 |
| Instancja | Współczynnik wychładzania | | | |
| ta118.txt | 0.8 | 0.9 | 0.95 | 0.99 |
| Cmax | | | |
| 31069 | 31111 | 31025 | 30749 |
|  | | | |
| Czas | | | |
| 2.538 | 7.3145 | 11.784 | 88.032 |
| Instancja | Współczynnik wychładzania | | | |
| ta119.txt | 0.8 | 0.9 | 0.95 | 0.99 |
| Cmax | | | |
| 30762 | 30515 | 29863 | 29997 |
|  | | | |
| Czas | | | |
| 3.719 | 11.488 | 30.805 | 137.566 |
| Instancja | Współczynnik wychładzania | | | |
| ta120.txt | 0.8 | 0.9 | 0.95 | 0.99 |
| Cmax | | | |
| 30329 | 29746 | 29776 | 29751 |
|  | | | |
| Czas | | | |
| 4.827 | 15.885 | 30.185 | 160.070 |

Wyniki bardzo różnią się od siebie ale w większości przypadków wyniki były najlepsze dla współczynnika wychładzania = 0.99, aczkolwiek czas wykonywania takiego algorytmu jest dłuższy w porównaniu z innymi współczynnikami.

1. Badanie pomiędzy ruchem swap a insert

Poniższa tabela przedstawia porównanie pomiędzy ruchem swap a insert ze współczynnikiem wychładzania = 0.99

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| instancja | Cmax z swap | Cmax z insert |
| ta000.txt | 34 | 38 |
| ta001.txt | 1467 | 1473 |
| ta002.txt | 1457 | 1475 |
| ta003.txt | 1454 | 1329 |
| ta004.txt | 1571 | 1500 |
| ta024.txt | 2563 | 2851 |
| ta025.txt | 2735 | 2629 |
| ta026.txt | 2613 | 2664 |
| ta027.txt | 2634 | 2754 |
| ta030.txt | 2582 | 2738 |
| ta031.txt | 3064 | 3084 |
| ta032.txt | 3223 | 3245 |
| ta033.txt | 2906 | 3221 |
| ta034.txt | 3204 | 3295 |
| ta035.txt | 3320 | 3425 |
| ta095.txt | 11998 | 11995 |
| ta096.txt | 11627 | 11825 |
| ta098.txt | 12434 | 12660 |
| ta118.txt | 30749 | 30576 |
| ta119.txt | 29997 | 30161 |
| ta120.txt | 29751 | 30401 |

Z tego badania wynika, iż ruch swap jest lepszy w porównaniu do insert.

1. Badanie doboru temperatury początkowej i końcowej

Do badań wybrany jest ruch swap i współczynnik wychładzania = 0.99

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| instancja | T=100000 Tk=0.1 | T=500000 Tk=1 | T=500000 Tk=0.1 | T=1000000 Tk=0.1 | T=90000 Tk=0.1 | T=40000 Tk=0.1 |
| ta000.txt | 34 | 36 | 36 | 35 | 36 | 35 |
| ta001.txt | 1467 | 1672 | 1509 | 1533 | 1474 | 1425 |
| ta002.txt | 1457 | 1432 | 1506 | 1522 | 1546 | 1514 |
| ta003.txt | 1454 | 1373 | 1408 | 1424 | 1321 | 1551 |
| ta004.txt | 1571 | 1624 | 1668 | 1589 | 1592 | 1716 |
| ta024.txt | 2563 | 2939 | 2725 | 2775 | 2793 | 2575 |
| ta025.txt | 2735 | 2689 | 2773 | 2764 | 2670 | 2695 |
| ta026.txt | 2613 | 2652 | 2775 | 2665 | 2653 | 2734 |
| ta027.txt | 2634 | 2624 | 2791 | 2623 | 2687 | 2757 |
| ta030.txt | 2582 | 2588 | 2546 | 2531 | 2748 | 2619 |
| ta031.txt | 3064 | 3113 | 2981 | 3005 | 3126 | 3336 |
| ta032.txt | 3223 | 3445 | 3239 | 3105 | 3115 | 3316 |
| ta033.txt | 2906 | 3043 | 3094 | 3249 | 2975 | 3090 |
| ta034.txt | 3204 | 3120 | 3268 | 3102 | 3186 | 3319 |
| ta035.txt | 3320 | 3293 | 3308 | 3291 | 3339 | 3442 |
| ta095.txt | 11998 | 12384 | 12226 | 11928 | 12033 | 12609 |
| ta096.txt | 11627 | 11889 | 11817 | 11582 | 11765 | 12037 |
| ta098.txt | 12434 | 12430 | 12464 | 12210 | 12444 | 12590 |
| ta118.txt | 30749 | 31093 | 30682 | 30280 | 30162 | 30693 |
| ta119.txt | 29997 | 30262 | 30163 | 30038 | 30084 | 30167 |
| ta120.txt | 29751 | 30459 | 30681 | 30293 | 30793 | 31091 |

1. Porównanie z algorytmem NEH

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| instancja | Algorytm symulowane wyżarzanie | | Algorytm NEH | |
| cmax | Czas [s] | cmax | Czas [s] |
| ta000.txt | 34 | 0.053 | 32 | 0.0008 |
| ta001.txt | 1467 | 0.352 | 1286 | 0.022 |
| ta002.txt | 1457 | 0.646 | 1365 | 0.016 |
| ta003.txt | 1454 | 0.933 | 1159 | 0.024 |
| ta004.txt | 1571 | 1.236 | 1325 | 0.016 |
| ta024.txt | 2563 | 2.341 | 2262 | 0.062 |
| ta025.txt | 2735 | 3.484 | 2397 | 0.063 |
| ta026.txt | 2613 | 4.672 | 2349 | 0.081 |
| ta027.txt | 2634 | 5.744 | 2362 | 0.063 |
| ta030.txt | 2582 | 6.874 | 2277 | 0.063 |
| ta031.txt | 3064 | 7.551 | 2733 | 0.250 |
| ta032.txt | 3223 | 8.217 | 2843 | 0.306 |
| ta033.txt | 2906 | 8.912 | 2640 | 0.406 |
| ta034.txt | 3204 | 9.599 | 2782 | 0.331 |
| ta035.txt | 3320 | 10.311 | 2868 | 0.247 |
| ta095.txt | 11998 | 16.440 | 10645 | 29.607 |
| ta096.txt | 11627 | 25.992 | 10458 | 28.042 |
| ta098.txt | 12434 | 35.128 | 10829 | 28.248 |
| ta118.txt | 30749 | 44.613 | 27138 | 866.454 |
| ta119.txt | 29997 | 88.032 | 26631 | 853.154 |
| ta120.txt | 29751 | 137.566 | 26984 | 879.838 |

Algorytm NEH jest dużo dokładniejszy od algorytmu symulowanego wyżarzania, aczkolwiek zwłaszcza przy instancjach posiadających dużą ilość maszyn oraz zadań, jest on dużo wolniejszy od symulowanego wyżarzania. W algorytmie symulowanego wyżarzania wyniki są związane z prawdopodobieństwem zaakceptowania ruchu, dlatego mogą być one niedokładne.

1. Wersja w której odrzucamy prawdopodobieństwo równe 1 dla nowych lepszych rozwiązań.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | bez modyfikacji | | modyfikacja | |
|  | cmax | Czas[s] | cmax | Czas[s] |
| ta000 | 32 | 0,02229 | 36 | 0,02172 |
| ta001 | 1478 | 0,11789 | 1482 | 0,10603 |
| ta002 | 1520 | 0,12439 | 1552 | 0,10759 |
| ta003 | 1434 | 0,10932 | 1489 | 0,10665 |
| ta004 | 1561 | 0,10895 | 1653 | 0,10630 |
| ta024 | 2660 | 0,39868 | 2674 | 0,39001 |
| ta025 | 2768 | 0,39780 | 2904 | 0,38776 |
| ta026 | 2753 | 0,40188 | 2677 | 0,39194 |
| ta027 | 2578 | 0,40063 | 2725 | 0,45802 |
| ta030 | 2812 | 0,39938 | 2667 | 0,40573 |
| ta031 | 3184 | 0,25574 | 3142 | 0,24551 |
| ta032 | 3162 | 0,25542 | 3434 | 0,24304 |
| ta033 | 3107 | 0,25198 | 3128 | 0,24404 |
| ta034 | 3192 | 0,25481 | 3198 | 0,24422 |
| ta035 | 3346 | 0,25397 | 3286 | 0,24757 |
| ta095 | 12258 | 1,87009 | 12487 | 1,82701 |
| ta096 | 11999 | 1,91210 | 11841 | 1,83475 |
| ta098 | 12376 | 2,04248 | 12647 | 1,83830 |
| ta118 | 30461 | 9,97456 | 30584 | 9,51347 |
| ta119 | 30454 | 9,92572 | 30512 | 9,53870 |
| ta120 | 31176 | 9,96988 | 30875 | 9,59996 |

Zaletą zmodyfikowanej wersji algorytmu symulowanego wyżarzania (takiej która odrzuca rozwiązania o prawdopodobieństwie 1) jest zmniejszego czasu obliczeń w większości przypadków, natomiast wartości cmax są w większości przypadków zbliżone.

1. Porównanie startowej kolejności naturalnej z kolejnością uzyskaną z algorytmu NEH

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Kol. Naturalna | | Kol. NEH | |
|  | cmax | czas | cmax | Czas |
| ta000.txt | 39 | 0.64583 | 38 | 0.189531 |
| ta001.txt | 1401 | 1.34965 | 1634 | 1.020171 |
| ta002.txt | 1601 | 1.043132 | 1575 | 1.036557 |
| ta003.txt | 1511 | 1.056126 | 1455 | 1.00994 |
| ta004.txt | 1676 | 1.102241 | 1656 | 1.023286 |
| ta005.txt | 1432 | 1.068979 | 1579 | 1.053122 |
| ta006.txt | 1507 | 1.016848 | 1404 | 1.02395 |
| ta007.txt | 1625 | 1.026435 | 1423 | 1.015763 |
| ta008.txt | 1472 | 1.027246 | 1499 | 0.997115 |
| ta009.txt | 1561 | 1.029612 | 1557 | 1.04918 |
| ta010.txt | 1478 | 1.040732 | 1407 | 1.014338 |
| ta011.txt | 1953 | 1.972226 | 2003 | 1.968594 |
| ta012.txt | 1951 | 1.960828 | 1908 | 1.947812 |
| ta013.txt | 2021 | 1.977033 | 2069 | 2.228255 |
| ta014.txt | 1851 | 1.950223 | 1665 | 2.119974 |
| ta015.txt | 1838 | 1.947122 | 1910 | 1.947834 |
| ta016.txt | 1859 | 1.93943 | 1789 | 1.96717 |
| ta017.txt | 1826 | 1.981678 | 1871 | 2.004583 |
| ta018.txt | 1921 | 1.970841 | 1991 | 1.968985 |
| ta019.txt | 1965 | 1.980637 | 1985 | 1.949884 |
| ta020.txt | 2071 | 1.951558 | 2060 | 1.920225 |
| ta021.txt | 2967 | 3.812574 | 2674 | 3.823847 |
| ta022.txt | 2403 | 3.824019 | 2583 | 3.866816 |
| ta023.txt | 2756 | 3.907372 | 2693 | 3.801275 |
| ta024.txt | 2848 | 3.801412 | 2612 | 3.893819 |
| ta025.txt | 2889 | 3.861293 | 2853 | 4.008587 |
| ta026.txt | 2729 | 3.810013 | 2661 | 4.081058 |
| ta027.txt | 2778 | 3.799009 | 2668 | 3.864146 |
| ta028.txt | 2614 | 3.822298 | 2508 | 3.901098 |
| ta029.txt | 2835 | 3.827741 | 2770 | 3.857477 |
| ta030.txt | 2755 | 3.83617 | 2818 | 4.051282 |

Zastosowanie kolejności uzyskanej z algorytmu NEH pozwala na skrócenie czasu obliczeń w większości przypadków. Natomiast uzyskana wartość cmax przeważnie się pokrywa. Różnice wynikają z losowości algorytmu symulowanego wyżarzania.