

Kierunek: Informatyka, semestr V
Specjalność: Aplikacje Internetowe i Mobilne
Rok akademicki: 2022/2023

Inteligencja obliczeniowa LABORATORIUM

Zajęcia 6, 7.

Algorytm symulowanego wyżarzania (*simulated annealing* - SA)

CEL ZAJĘĆ

Zapoznanie studentów z algorytmem symulowanego wyżarzania, ich implementacja dla wybranych problemów optymalizacji ciągłej oraz dyskretnej, eksperymenty obliczeniowe.

PROBLEM 1

Definicja problemu

Problem przydziału (*assignment problem*)

Danych jest m pracowników, których należy przydzielić do wykonania m zadań. Znany jest koszt wykonania zadania j -tego przez pracownika i -tego (c_{ij}), gdzie $i, j = 1, \dots, m$.

Pytanie:

W jaki sposób dokonać przydziału pracowników do zadań, aby zminimalizować łączny koszt wykonania wszystkich zadań, zakładając, że każdy pracownik może wykonywać jedno zadanie oraz że każde zadanie będzie wykonane przez dokładnie jednego pracownika.

Algorytm symulowanego wyżarzania

Opis

Wykorzystamy algorytm symulowanego wyżarzania o podanym pseudokodzie (uwaga: dotyczy on problemu max – niezbędna korekta).

Wersja 1

```

procedure symulowane wyżarzanie
begin
   $t \leftarrow 0$ 
  inicjuj  $T$ 
  wybierz losowo bieżący punkt  $\mathbf{v}_c$ 
  oceń  $\mathbf{v}_c$ 
  repeat
    repeat
      wybierz nowy punkt  $\mathbf{v}_n$ 
      w otoczeniu  $\mathbf{v}_c$ 
      if  $eval(\mathbf{v}_c) < eval(\mathbf{v}_n)$ 
        then  $\mathbf{v}_c \leftarrow \mathbf{v}_n$ 
      else if  $random[0, 1) < e^{\frac{eval(\mathbf{v}_n) - eval(\mathbf{v}_c)}{T}}$ 
        then  $\mathbf{v}_c \leftarrow \mathbf{v}_n$ 
    until (warunek zakończenia)
     $T \leftarrow g(T, t)$ 
     $t \leftarrow t + 1$ 
  until (kryterium zatrzymania)
end

```

Zmienne, kodowanie rozwiązania

Tablica zmiennych:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mm} \end{bmatrix}$$

gdzie $x_{ij} = \{0, 1\}$, $i, j = 1, \dots, m$ (1- przypisany pracownik do zadania, 0 – nie)

Funkcja celu

Suma iloczynów kosztów wykonania zadań przez pracowników oraz zmiennych binarnych określających, czy dany pracownik wykonuje określone zadanie (min).

$$f = \min \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m c_{ij} x_{ij}$$

Ograniczenia

Każdy pracownik może wykonywać jedno zadanie:

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = 1, \quad i = 1, \dots, m$$

Każde zadanie będzie wykonane przez dokładnie jednego pracownika:

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = 1, \quad j = 1, \dots, m$$

Eksperyment podstawowy

Celem eksperymentu jest znalezienie rozwiązania przybliżonego z wykorzystaniem powyższego algorytmu symulowanego wyżarzania. Eksperyment przeprowadź dla zbioru danych testowych zawartych w pliku `assign100.txt` z biblioteki OR-Library (<http://people.brunel.ac.uk/~mastijb/jeb/orlib/assigninfo.html>).

Założenia:

- T inicjalnie ustawione jest na 100.
- Jako schemat schładzania $g(T, t)$ przyjmij $T \leftarrow \alpha * T$, gdzie $\alpha = 0.95$.
- Jako otoczenie bieżącego rozwiązania przyjmij zbiór rozwiązań, które można otrzymać z bieżącego poprzez zamianę zadań wykonywanych przez dwóch losowo wybranych pracowników.
- Jako warunek zakończenia wewnętrznej pętli przyjmij wykonanie $N = 10$ ww. zamian.
- Jak kryterium zatrzymania całego algorytmu przyjmij osiągnięcie maksymalnej liczby iteracji $MAX_ITER = 300$.

Określ:

- a) Jak wygląda przypisanie pracowników do zadań oraz jaki łączny koszt wykonania zadań przez pracowników uzyskałeś?
- b) Z uwagi na niedeterministyczny charakter algorytmu, wykonaj 10 eksperymentów, a następnie wyciągnij średni koszt wykonania zadań przez pracowników.
- c) Jakie dostrzegasz mankamenty podanego algorytmu SA? Jakie zmiany proponowałbyś?

Eksperyment rozszerzony

1. Określ wpływ wartości pewnego parametru algorytmu na wartość funkcji celu, przy założeniu niezmienności wartości pozostałych parametrów:
 - a) Zakładając, że $MAX_ITER = 300$, $N = 10$, $T = 100$ (wartości jw.), określ, jak zmienia się wartość funkcji celu, gdybyśmy przyjęli w schemacie schładzania $\alpha = 0.99, 0.80, 0.50, 0.20$?
 - b) Zakładając, że $MAX_ITER = 300$, $N = 10$, $T = 1000$, określ, jak zmienia się wartość funkcji celu, gdybyśmy przyjęli w schemacie schładzania $\alpha = 0.99, 0.80, 0.50, 0.20$?
 - c) Zakładając, że $N = 10$, $T = 100$, $\alpha = 0.95$, określ, jak zmienia się wartość funkcji celu, gdybyśmy przyjęli $MAX_ITER = 100, 300, 500, 800, 1000$?
 - d) Zakładając, że $MAX_ITER = 300$, $T = 100$, $\alpha = 0.95$, określ, jak zmienia się wartość funkcji celu, gdybyśmy przyjęli liczbę wykonań wewnętrznej pętli $N = 10, 50, 100, 200, 500$.
 - e) **Spróbuj znaleźć układ „optymalnych” wartości ww. parametrów dający najlepszą wartość funkcji celu.**
2. Zaproponuj inne sąsiedztwo, a następnie sprawdź, czy dobrany w p. 1 e) układ „optymalnych” wartości parametrów również pozwala uzyskać lepszą niż w p. 1 e) wartość funkcji celu?
3. Wykonaj eksperyment z p. 1 e) dla dodatkowego zbioru danych testowych: `assign500.txt` z podanej wyżej biblioteki OR-Library.
4. *Opcjonalnie:* Wykonaj wykres pokazujący zmianę wartości funkcji celu w zależności od liczby iteracji dla dowolnej z powyższych konfiguracji

SPRAWOZDANIE

Korzystając z plików:

- Raport_Konspekt_06_07_assign100a.xlsx,
- Raport_Konspekt_06_07_assign100b.xlsx,
- Raport_Konspekt_06_07_assign500a.xlsx,
- Raport_Konspekt_06_07_assign500b.xlsx

przygotuj raport z przeprowadzonych eksperymentów. Raport wraz z plikami źródłowymi z zajęć 6 i 7 (w postaci jednego skompresowanego pliku *.zip) prześlij za pomocą przygotowanego ćwiczenia w ILIASIE.