

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського»
Факультет інформатики та обчислювальної техніки

Кафедра інформатики та програмної інженерії

Звіт

з лабораторної роботи № 4 з дисципліни
«Проектування алгоритмів»

„Проектування і аналіз алгоритмів для вирішення NP-складних задач ч.1”

Виконав(ла)

ІП-15 Кондрацька Соня
(шифр, прізвище, ім'я, по батькові)

Перевірів

Головченко М.Н.
(прізвище, ім'я, по батькові)

Київ 2022

ЗМІСТ

1	МЕТА ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ.....	3
2	ЗАВДАННЯ.....	4
3	ВИКОНАННЯ.....	10
3.1	ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМУ.....	10
3.1.1	<i>Вихідний код.....</i>	<i>10</i>
3.1.2	<i>Приклади роботи.....</i>	<i>10</i>
3.2	ТЕСТУВАННЯ АЛГОРИТМУ.....	11
3.2.1	<i>Значення цільової функції зі збільшенням кількості ітерацій. .</i>	<i>11</i>
3.2.2	<i>Графіки залежності розв'язку від числа ітерацій.....</i>	<i>11</i>
	ВИСНОВОК.....	12
	КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ.....	13

1 МЕТА ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

Мета роботи – вивчити основні підходи формалізації метаевристичних алгоритмів і вирішення типових задач з їхньою допомогою.

2 ЗАВДАННЯ

Згідно варіанту, розробити алгоритм вирішення задачі і виконати його програмну реалізацію на будь-якій мові програмування.

Задача, алгоритм і його параметри наведені в таблиці 2.1.

Зафіксувати якість отриманого розв'язку (значення цільової функції) після кожних 20 ітерацій до 1000 і побудувати графік залежності якості розв'язку від числа ітерацій.

Зробити узагальнений висновок.

Таблиця 2.1 – Варіанти алгоритмів

№	Задача і алгоритм
1	Задача про рюкзак (місткість $P=250$, 100 предметів, цінність предметів від 2 до 20 (випадкова), вага від 1 до 10 (випадкова)), генетичний алгоритм (початкова популяція 100 осіб кожна по 1 різному предмету, оператор схрещування одноточковий по 50 генів, мутація з ймовірністю 5% змінюємо тільки 1 випадковий ген). Розробити власний оператор локального покращення.
2	Задача комівояжера (100 вершин, відстань між вершинами випадкова від 5 до 50), мурашиний алгоритм ($\alpha = 2$, $\beta = 4$, $\rho = 0,4$, L_{\min} знайти жадібним алгоритмом, кількість мурах $M = 30$, починають маршрут в різних випадкових вершинах).
3	Задача розфарбовування графу (200 вершин, степінь вершини не більше 20, але не менше 1), бджолиний алгоритм ABC (число бджіл 30 із них 2 розвідники).
4	Задача про рюкзак (місткість $P=200$, 100 предметів, цінність предметів від 2 до 20 (випадкова), вага від 1 до 10 (випадкова)), генетичний алгоритм (початкова популяція 100 осіб кожна по 1 різному предмету, оператор схрещування двоточковий порівну генів, мутація з ймовірністю 10% змінюємо тільки 1 випадковий ген). Розробити власний оператор локального покращення.

5	Задача комівояжера (150 вершин, відстань між вершинами випадкова від 5 до 50), мурашиний алгоритм ($\alpha = 2$, $\beta = 3$, $\rho = 0,4$, L_{\min} знайти жадібним алгоритмом, кількість мурах $M = 35$, починають маршрут в різних випадкових вершинах).
6	Задача розфарбовування графу (250 вершин, степінь вершини не більше 25, але не менше 2), бджолиний алгоритм ABC (число бджіл 35 із них 3 розвідники).
7	Задача про рюкзак (місткість $P=150$, 100 предметів, цінність предметів від 2 до 10 (випадкова), вага від 1 до 5 (випадкова)), генетичний алгоритм (початкова популяція 100 осіб кожна по 1 різному предмету, оператор схрещування рівномірний, мутація з ймовірністю 5% два випадкові гени міняються місцями). Розробити власний оператор локального покращення.
8	Задача комівояжера (200 вершин, відстань між вершинами випадкова від 0(перехід заборонено) до 50), мурашиний алгоритм ($\alpha = 3$, $\beta = 2$, $\rho = 0,3$, L_{\min} знайти жадібним алгоритмом, кількість мурах $M = 45$, починають маршрут в різних випадкових вершинах).
9	Задача розфарбовування графу (150 вершин, степінь вершини не більше 30, але не менше 1), бджолиний алгоритм ABC (число бджіл 25 із них 3 розвідники).
10	Задача про рюкзак (місткість $P=150$, 100 предметів, цінність предметів від 2 до 10 (випадкова), вага від 1 до 5 (випадкова)), генетичний алгоритм (початкова популяція 100 осіб кожна по 1 різному предмету, оператор схрещування рівномірний, мутація з ймовірністю 10% два випадкові гени міняються місцями). Розробити власний оператор локального покращення.
11	Задача комівояжера (250 вершин, відстань між вершинами випадкова від 0(перехід заборонено) до 50), мурашиний алгоритм ($\alpha = 2$, $\beta = 4$, $\rho = 0,6$, L_{\min} знайти жадібним алгоритмом, кількість мурах $M = 45$,

	починають маршрут в різних випадкових вершинах).
12	Задача розфарбовування графу (300 вершин, степінь вершини не більше 30, але не менше 1), бджолиний алгоритм ABC (число бджіл 60 із них 5 розвідники).
13	Задача про рюкзак (місткість $P=250$, 100 предметів, цінність предметів від 2 до 30 (випадкова), вага від 1 до 25 (випадкова)), генетичний алгоритм (початкова популяція 100 осіб кожна по 1 різному предмету, оператор схрещування одноточковий 30% і 70%, мутація з ймовірністю 5% два випадкові гени міняються місцями). Розробити власний оператор локального покращення.
14	Задача комівояжера (250 вершин, відстань між вершинами випадкова від 1 до 40), мурашиний алгоритм ($\alpha = 4$, $\beta = 2$, $\rho = 0,3$, L_{min} знайти жадібним алгоритмом, кількість мурах $M = 45$ (10 з них дикі, обирають випадкові напрямки), починають маршрут в різних випадкових вершинах).
15	Задача розфарбовування графу (100 вершин, степінь вершини не більше 20, але не менше 1), класичний бджолиний алгоритм (число бджіл 30 із них 3 розвідники).
16	Задача про рюкзак (місткість $P=250$, 100 предметів, цінність предметів від 2 до 30 (випадкова), вага від 1 до 25 (випадкова)), генетичний алгоритм (початкова популяція 100 осіб кожна по 1 різному предмету, оператор схрещування двоточковий 30%, 40% і 30%, мутація з ймовірністю 10% два випадкові гени міняються місцями). Розробити власний оператор локального покращення.
17	Задача комівояжера (200 вершин, відстань між вершинами випадкова від 1 до 40), мурашиний алгоритм ($\alpha = 2$, $\beta = 4$, $\rho = 0,7$, L_{min} знайти жадібним алгоритмом, кількість мурах $M = 45$ (15 з них дикі, обирають випадкові напрямки), починають маршрут в різних випадкових вершинах).
18	Задача розфарбовування графу (300 вершин, степінь вершини не більше

	50, але не менше 1), класичний бджолиний алгоритм (число бджіл 60 із них 5 розвідники).
19	Задача про рюкзак (місткість $P=250$, 100 предметів, цінність предметів від 2 до 30 (випадкова), вага від 1 до 25 (випадкова)), генетичний алгоритм (початкова популяція 100 осіб кожна по 1 різному предмету, оператор схрещування триточковий 25%, мутація з ймовірністю 5% два випадкові гени міняються місцями). Розробити власний оператор локального покращення.
20	Задача комівояжера (200 вершин, відстань між вершинами випадкова від 1 до 40), мурашиний алгоритм ($\alpha = 3$, $\beta = 2$, $\rho = 0,7$, L_{\min} знайти жадібним алгоритмом, кількість мурах $M = 45$ (10 з них елітні, подвійний феромон), починають маршрут в різних випадкових вершинах).
21	Задача розфарбовування графу (200 вершин, степінь вершини не більше 30, але не менше 1), класичний бджолиний алгоритм (число бджіл 40 із них 2 розвідники).
22	Задача про рюкзак (місткість $P=250$, 100 предметів, цінність предметів від 2 до 30 (випадкова), вага від 1 до 25 (випадкова)), генетичний алгоритм (початкова популяція 100 осіб кожна по 1 різному предмету, оператор схрещування триточковий 25%, мутація з ймовірністю 5% змінюємо тільки 1 випадковий ген). Розробити власний оператор локального покращення.
23	Задача комівояжера (300 вершин, відстань між вершинами випадкова від 1 до 60), мурашиний алгоритм ($\alpha = 3$, $\beta = 2$, $\rho = 0,6$, L_{\min} знайти жадібним алгоритмом, кількість мурах $M = 45$ (15 з них елітні, подвійний феромон), починають маршрут в різних випадкових вершинах).
24	Задача розфарбовування графу (400 вершин, степінь вершини не більше 50, але не менше 1), класичний бджолиний алгоритм (число бджіл 70 із

	них 10 розвідники).
25	Задача про рюкзак (місткість $P=250$, 100 предметів, цінність предметів від 2 до 20 (випадкова), вага від 1 до 10 (випадкова)), генетичний алгоритм (початкова популяція 100 осіб кожна по 1 різному предмету, оператор схрещування одноточковий по 50 генів, мутація з ймовірністю 5% змінюємо тільки 1 випадковий ген). Розробити власний оператор локального покращення.
26	Задача комівояжера (100 вершин, відстань між вершинами випадкова від 5 до 50), мурашиний алгоритм ($\alpha = 2$, $\beta = 4$, $\rho = 0,4$, L_{\min} знайти жадібним алгоритмом, кількість мурах $M = 30$, починають маршрут в різних випадкових вершинах).
27	Задача розфарбовування графу (200 вершин, степінь вершини не більше 20, але не менше 1), бджолиний алгоритм ABC (число бджіл 30 із них 2 розвідники).
28	Задача про рюкзак (місткість $P=200$, 100 предметів, цінність предметів від 2 до 20 (випадкова), вага від 1 до 10 (випадкова)), генетичний алгоритм (початкова популяція 100 осіб кожна по 1 різному предмету, оператор схрещування двоточковий порівну генів, мутація з ймовірністю 10% змінюємо тільки 1 випадковий ген). Розробити власний оператор локального покращення.
29	Задача комівояжера (150 вершин, відстань між вершинами випадкова від 5 до 50), мурашиний алгоритм ($\alpha = 2$, $\beta = 3$, $\rho = 0,4$, L_{\min} знайти жадібним алгоритмом, кількість мурах $M = 35$, починають маршрут в різних випадкових вершинах).
30	Задача розфарбовування графу (250 вершин, степінь вершини не більше 25, але не менше 2), бджолиний алгоритм ABC (число бджіл 35 із них 3 розвідники).
31	Задача про рюкзак (місткість $P=250$, 100 предметів, цінність предметів від 2 до 20 (випадкова), вага від 1 до 10 (випадкова)), генетичний алгоритм (початкова популяція 100 осіб кожна по 1 різному предмету,

	оператор схрещування одноточковий по 50 генів, мутація з ймовірністю 5% змінюємо тільки 1 випадковий ген). Розробити власний оператор локального покращення.
32	Задача комівояжера (100 вершин, відстань між вершинами випадкова від 5 до 50), мурашиний алгоритм ($\alpha = 2$, $\beta = 4$, $\rho = 0,4$, L_{min} знайти жадібним алгоритмом, кількість мурах $M = 30$, починають маршрут в різних випадкових вершинах).
33	Задача розфарбовування графу (200 вершин, степінь вершини не більше 20, але не менше 1), бджолиний алгоритм ABC (число бджіл 30 із них 2 розвідники).
34	Задача про рюкзак (місткість $P=200$, 100 предметів, цінність предметів від 2 до 20 (випадкова), вага від 1 до 10 (випадкова)), генетичний алгоритм (початкова популяція 100 осіб кожна по 1 різному предмету, оператор схрещування двоточковий порівну генів, мутація з ймовірністю 10% змінюємо тільки 1 випадковий ген). Розробити власний оператор локального покращення.
35	Задача комівояжера (150 вершин, відстань між вершинами випадкова від 5 до 50), мурашиний алгоритм ($\alpha = 2$, $\beta = 3$, $\rho = 0,4$, L_{min} знайти жадібним алгоритмом, кількість мурах $M = 35$, починають маршрут в різних випадкових вершинах).

3 ВИКОНАННЯ

3.1 Програмна реалізація алгоритму

3.1.1 Вихідний код

```
import random as rp
import numpy as np
from numpy.random import choice as np_choice

class AntColony(object):

    def __init__(self, distances, n_ants, n_iterations, decay, alpha, beta):

        self.distances = distances
        self.pheromone = np.ones(self.distances.shape) / len(distances)
        self.all_inds = range(len(distances))
        self.n_ants = n_ants
        self.n_iterations = n_iterations
        self.decay = decay
        self.alpha = alpha
        self.beta = beta
        self.Lmin = self.gen_path_distance(self.gen_path(0)) #

    def run(self):
        shortest_path = None
        all_time_shortest_path = ("placeholder", np.inf)
        for i in range(self.n_iterations):
            print("\rCompleted: {}%".format((i+1)*100/self.n_iterations), end="")
            all_paths = self.gen_all_paths()
            self.spread_pheronome(all_paths)
            shortest_path = min(all_paths, key=lambda x: x[1])

            if shortest_path[1] < all_time_shortest_path[1]:
                all_time_shortest_path = shortest_path
            self.pheromone = self.pheromone * self.decay

        return all_time_shortest_path
```

```

def gen_all_paths(self):
    all_paths = []
    for i in range(self.n_ants):
        path = self.gen_path(0)
        all_paths.append((path, self.gen_path_distance(path)))
    return all_paths

def gen_path_distance(self, path):
    total_dist = 0
    for ele in path:
        total_dist += self.distances[ele]
    return total_dist

def gen_path(self, start):
    path = []
    visited = set()
    visited.add(start)
    prev = start
    for i in range(len(self.distances) - 1):
        move = self.pick_move(self.pheromone[prev], self.distances[prev], visited)
        path.append((prev, move))
        prev = move
        visited.add(move)
    path.append((prev, start)) # going back to home
    return path

def spread_pheromone(self, all_paths):
    sorted_paths = sorted(all_paths, key=lambda x: x[1])
    for path, dist in sorted_paths:
        for move in path:
            self.pheromone[move] += self.Lmin / self.distances[move]

def pick_move(self, pheromone, dist, visited):
    pheromone = np.copy(pheromone)
    pheromone[list(visited)] = 0
    row = pheromone ** self.alpha * ((1.0 / dist) ** self.beta)
    norm_row = row / row.sum()
    move = np_choice(self.all_inds, 1, p=norm_row)[0]
    return move

```

3.1.2 Приклади роботи

На рисунку 3.1 показані приклади роботи програми.

```
\Users\user\AppData\Local\Programs\Python\Python311\python.exe D:/КПИ/2курс/Алгоритми/pa_lab/lab4/main.py
enter the number of vertices(min:2 max:250): 250
enter the number of ants(<number of vertices): 45
Completed: 100.0%

the shortest way: [(0, 233), (233, 41), (41, 240), (240, 107), (107, 187), (187, 171), (171, 84), (84, 86), (86, 214), (214, 120), (120, 162), (162, 194), (194, 97), (97, 126), (126, 107), (107, 41), (41, 233), (233, 0)]
the smallest distance: 320.0
time: 201.2923846244812

process finished with exit code 0
```

Рисунок 3.1 – задача комівояжера 250 вершин, мурашиний алгоритм ($\alpha = 2$, $\beta = 4$, $\rho = 0,6$) для 100 ітерацій

3.2 Тестування алгоритму

3.2.1 Значення цільової функції зі збільшенням кількості ітерацій

У таблиці 3.1 наведено значення цільової функції зі збільшенням кількості ітерацій.

Кількість ітерацій	Значення цільової функції
0	601
20	581
40	562
60	538
80	538
100	538
120	538
140	538
160	513
180	513
200	291
220	285
240	278
260	278
280	278
320	278
360	278
400	278
440	278
480	278
520	278
560	278
600	278
640	278
680	278
720	278
760	278
800	278
840	278
880	278
920	278
960	276
1000	276

3.2.2 Графіки залежності розв'язку від числа ітерацій

На рисунку 3.3 наведений графік, який показує якість отриманого розв'язку.

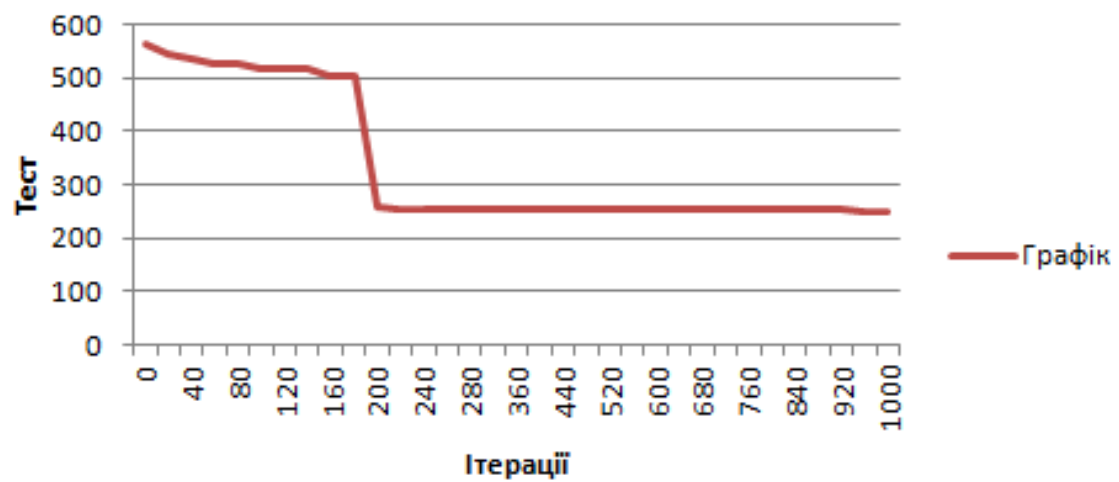


Рисунок 3.3 – Графіки залежності розв'язку від числа ітерацій

ВИСНОВОК

В рамках даної лабораторної роботи я дізналась про різноманітні алгоритми оптимізації (метаевристичні алгоритми), навчилась розв'язувати базові задачі з їх допомогою, а також реалізувала задачу комівояжера використовуючи мурашиний алгоритм (ACO) та провела аналіз результатів для різної кількості ітерацій. Як бачимо, зі зростанням ітерацій цільова функція(найкоротший шлях) стає все менше, поки не досягне свого ідеального результату і перестає змінюватись.