
КАФЕДРА

ОТЧЕТ
ЗАЩИЩЕН С ОЦЕНКОЙ
РУКОВОДИТЕЛЬ

должность, уч. степень, звание

подпись, дата

инициалы, фамилия

Отчет о лабораторной работе №6

Оптимизация путей на графах с помощью муравьиных алгоритмов

По дисциплине: Эволюционные методы проектирования программно-
информационных систем

РАБОТУ ВЫПОЛНИЛ
СТУДЕНТ ГР. №

подпись, дата

инициалы, фамилия

Санкт-Петербург 2024

Цель работы:

Решение задач комбинаторной оптимизации с помощью муравьиных алгоритмов на примере задачи коммивояжера. Графическое отображение результатов оптимизации.

Вариант:

14	Berlin52.tsp
----	--------------

Задание:

Часть 1

1. Создать программу, использующую МА для решения задачи поиска гамильтонова пути. Индивидуальное задание выбирается по таблице В.1 в приложении В согласно номеру варианта.
2. Представить графически найденное решение. Предусмотреть возможность пошагового просмотра процесса поиска решения.
3. Сравнить найденное решение с представленным в условии задачи оптимальным решением.

Часть 2

1. Реализовать с использованием муравьиных алгоритмов решение задачи коммивояжера по индивидуальному заданию согласно номеру варианта (см. табл. 3.1 и прил. Б).
2. Представить графически найденное решение.
3. Сравнить найденное решение с представленным в условии задачи оптимальным решением и результатами, полученными в лабораторной работе №3.
4. Проанализировать время выполнения и точность нахождения результата в зависимости от вероятности различных видов кроссовера, мутации.

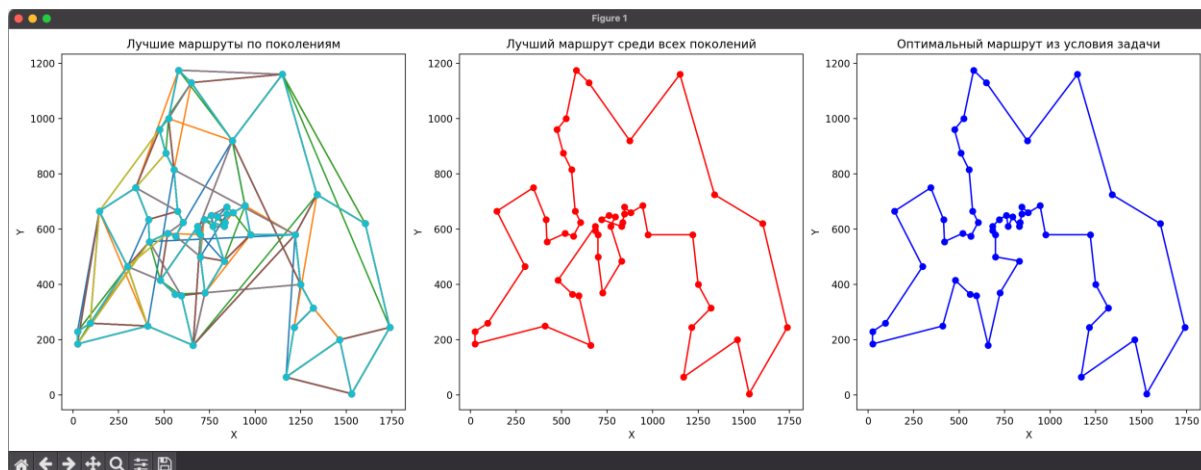
Выполнение:

1. **Загрузка данных:**
 - Код загружает координаты городов из файла berlin52.txt, что соответствует исходным данным для задачи коммивояжера.
2. **Вычисление матрицы расстояний:**
 - Используется функция `calculate_distance_matrix`, которая вычисляет расстояния между всеми парами городов с помощью евклидовой метрики, что является важным шагом для определения стоимости перемещения между городами.
3. **Реализация муравьиного алгоритма:**
 - В функции `ant_colony_optimization` реализован основной алгоритм, который использует феромоны и вероятности переходов между городами, чтобы муравьи могли находить маршруты, минимизируя общее расстояние.
 - Алгоритм обновляет уровни феромонов на основе найденных маршрутов и их длин, что способствует поиску более оптимальных решений в последующих итерациях.
4. **Замыкание маршрутов:**

- В конце маршруты замыкаются, добавляя расстояние от последнего города обратно к начальному, что является необходимым условием для решения задачи коммивояжера.

5. Визуализация и сравнение:

- Визуализация найденных маршрутов и их сравнение с оптимальным маршрутом из условия задачи также является важным аспектом решения, позволяющим оценить эффективность алгоритма.

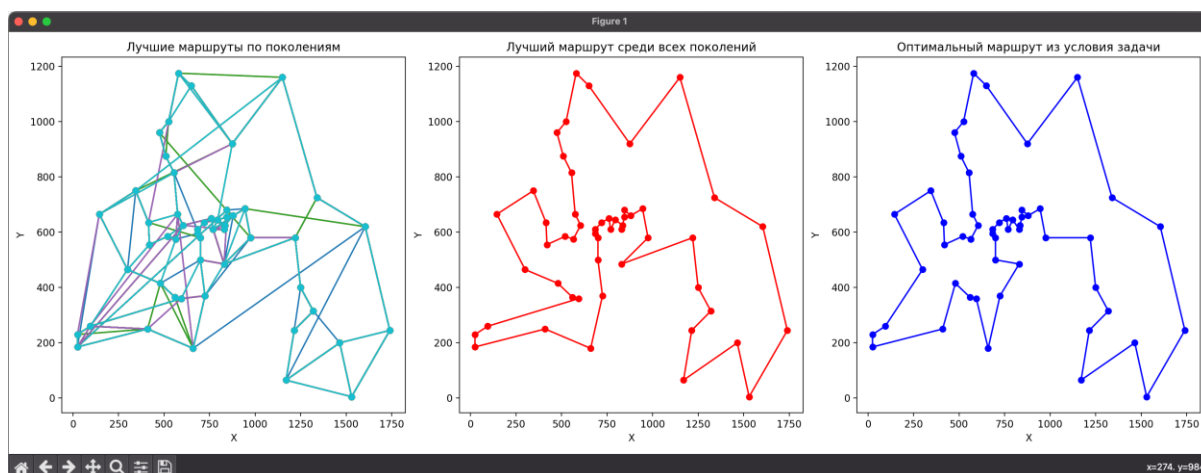


Лучший маршрут, найденный алгоритмом: [49, 19, 22, 35, 34, 33, 43, 15, 45, 36, 37, 39, 38, 47, 23, 4, 14, 5, 3, 24, 11, 27, 26, 25, 46, 12, 13, 51, 10, 50, 32, 42, 9, 8, 7, 40, 18, 44, 31, 48, 0, 21, 30, 17, 2, 16, 20, 41, 6, 1, 29, 28]

Длина найденного маршрута: 7861.460818481351

Оптимальный маршрут из условия: [0, 48, 31, 44, 18, 40, 7, 8, 9, 42, 32, 50, 10, 51, 13, 12, 46, 25, 26, 27, 11, 24, 3, 5, 14, 4, 23, 47, 37, 36, 39, 38, 35, 34, 33, 43, 45, 15, 28, 49, 19, 22, 29, 1, 6, 41, 20, 16, 2, 17, 30, 21]

Длина оптимального маршрута: 7544.365901904087



```

FILENAME = "berlin52.txt"    # Имя файла с координатами городов
N_ANTS = 100                 # Количество муравьев
N_ITERATIONS = 200           # Количество поколений
ALPHA = 1                     # Влияние феромона на выбор пути
BETA = 5                      # Влияние расстояния на выбор пути
EVAPORATION_RATE = 0.5       # Коэффициент испарения феромона
PHEROMONE_CONSTANT = 100     # Константа феромона для маршрутов

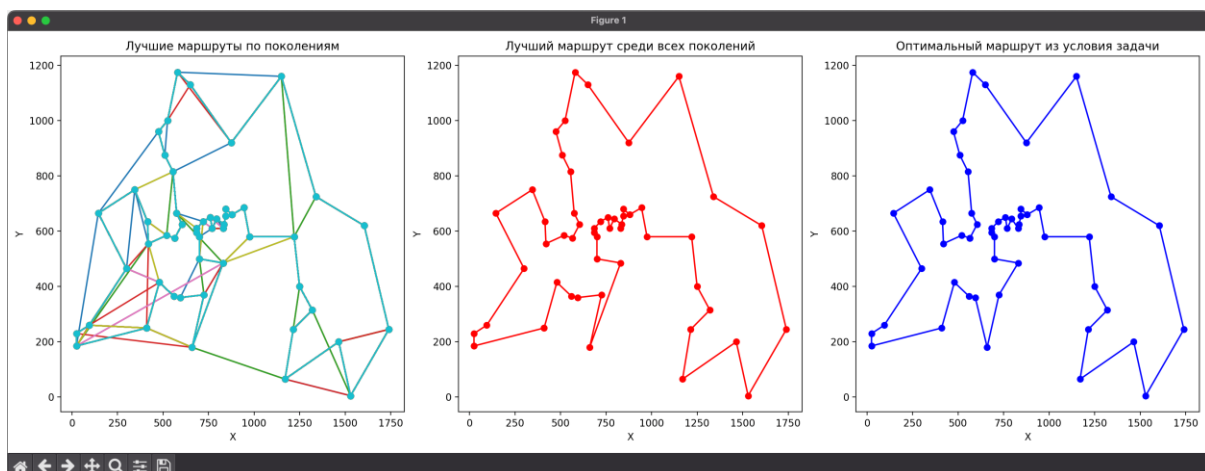
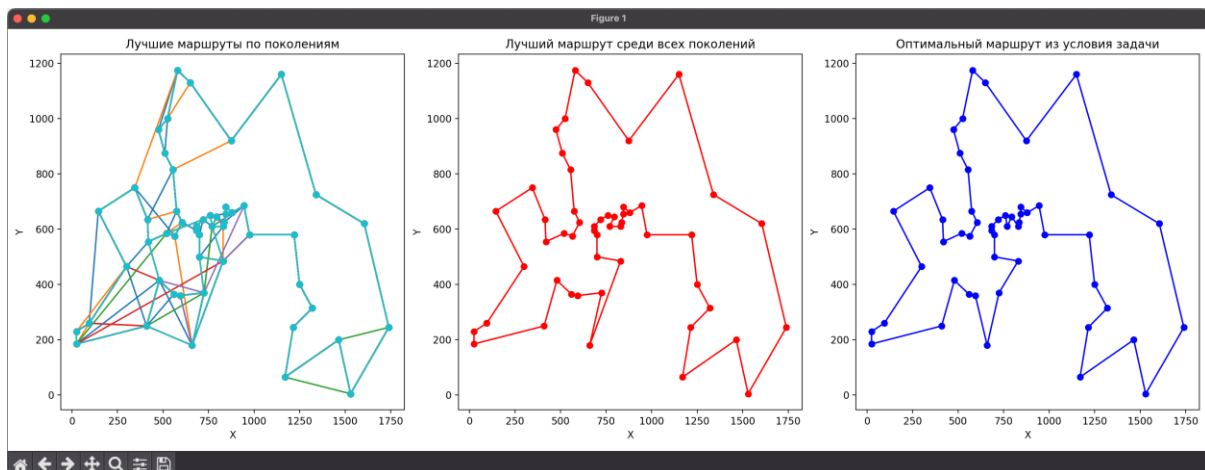
```

Лучший маршрут, найденный алгоритмом: [15, 49, 19, 22, 30, 17, 21, 0, 48, 31, 35, 34, 33, 43, 45, 36, 38, 39, 37, 23, 47, 4, 14, 5, 3, 24, 11, 27, 26, 25, 46, 12, 13, 51, 10, 50, 32, 42, 9, 8, 7, 40, 18, 44, 2, 16, 20, 41, 6, 1, 29, 28]

Длина найденного маршрута: 7742.788177270353

Оптимальный маршрут из условия: [0, 48, 31, 44, 18, 40, 7, 8, 9, 42, 32, 50, 10, 51, 13, 12, 46, 25, 26, 27, 11, 24, 3, 5, 14, 4, 23, 47, 37, 36, 39, 38, 35, 34, 33, 43, 45, 15, 28, 49, 19, 22, 29, 1, 6, 41, 20, 16, 2, 17, 30, 21]

Длина оптимального маршрута: 7544.365901904087

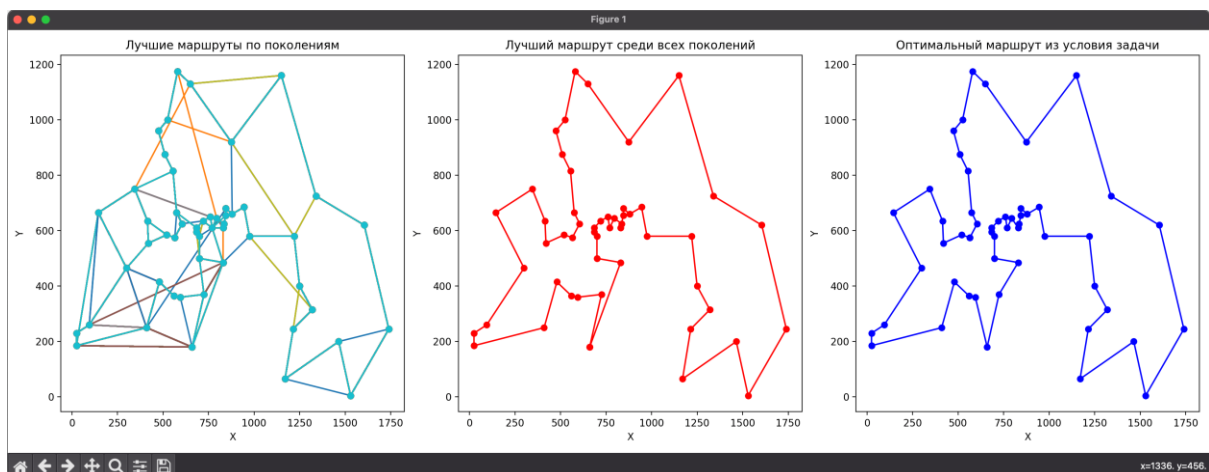


Лучший маршрут, найденный алгоритмом: [29, 22, 19, 49, 15, 28, 45, 43, 33, 34, 35, 38, 39, 36, 37, 23, 47, 4, 14, 5, 3, 24, 11, 27, 26, 25, 46, 12, 13, 51, 10, 50, 32, 42, 9, 8, 7, 40, 18, 44, 31, 48, 0, 21, 30, 17, 2, 16, 20, 41, 6, 1]

Длина найденного маршрута: 7687.862121300268

Оптимальный маршрут из условия: [0, 48, 31, 44, 18, 40, 7, 8, 9, 42, 32, 50, 10, 51, 13, 12, 46, 25, 26, 27, 11, 24, 3, 5, 14, 4, 23, 47, 37, 36, 39, 38, 35, 34, 33, 43, 45, 15, 28, 49, 19, 22, 29, 1, 6, 41, 20, 16, 2, 17, 30, 21]

Длина оптимального маршрута: 7544.365901904087



Лучший маршрут, найденный алгоритмом: [28, 45, 43, 33, 34, 35, 38, 39, 36, 37, 23, 47, 4, 14, 5, 3, 24, 11, 27, 26, 25, 46, 12, 13, 51, 10, 50, 32, 42, 9, 8, 7, 40, 18, 44, 31, 48, 0, 21, 30, 17, 2, 16, 20, 41, 6, 1, 29, 22, 19, 49, 15]

Длина найденного маршрута: 7687.862121300266

Оптимальный маршрут из условия: [0, 48, 31, 44, 18, 40, 7, 8, 9, 42, 32, 50, 10, 51, 13, 12, 46, 25, 26, 27, 11, 24, 3, 5, 14, 4, 23, 47, 37, 36, 39, 38, 35, 34, 33, 43, 45, 15, 28, 49, 19, 22, 29, 1, 6, 41, 20, 16, 2, 17, 30, 21]

Длина оптимального маршрута: 7544.365901904087

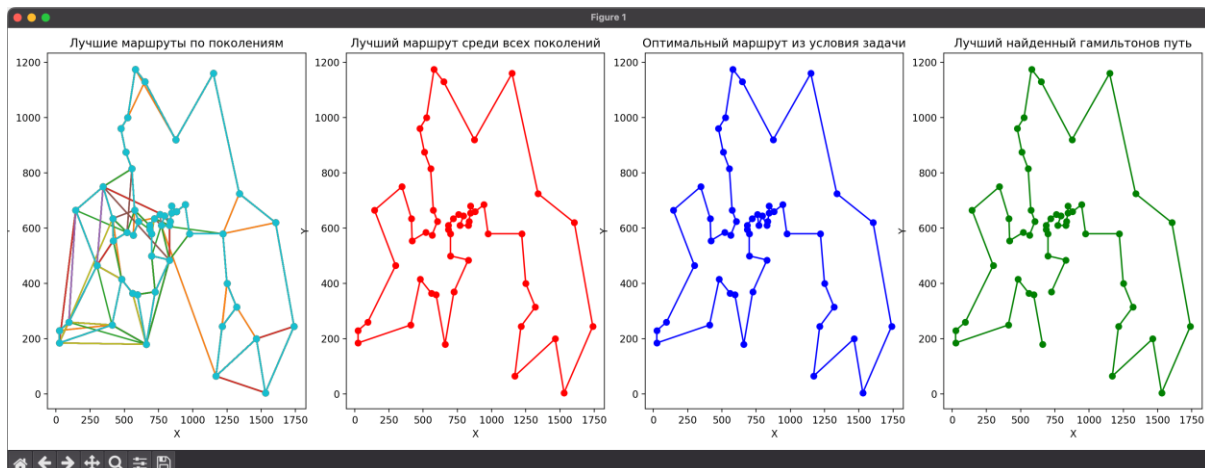
```
FILENAME = "berlin52.txt"    # Имя файла с координатами городов
N_ANTS = 100                 # Количество муравьев
N_ITERATIONS = 200           # Количество поколений
ALPHA = 1                    # Влияние феромона на выбор пути
BETA = 7                     # Влияние расстояния на выбор пути
EVAPORATION_RATE = 0.1      # Коэффициент испарения феромона
PHEROMONE_CONSTANT = 300    # Константа феромона для маршрутов
```

Лучший маршрут, найденный алгоритмом: [29, 22, 19, 49, 28, 15, 45, 43, 33, 34, 35, 38, 39, 37, 36, 47, 23, 4, 14, 5, 3, 24, 11, 27, 26, 25, 46, 12, 13, 51, 10, 50, 32, 42, 9, 8, 7, 40, 18, 44, 31, 48, 0, 21, 30, 17, 2, 16, 20, 41, 6, 1]

Длина найденного маршрута: 7548.992710024182

Оптимальный маршрут из условия: [0, 48, 31, 44, 18, 40, 7, 8, 9, 42, 32, 50, 10, 51, 13, 12, 46, 25, 26, 27, 11, 24, 3, 5, 14, 4, 23, 47, 37, 36, 39, 38, 35, 34, 33, 43, 45, 15, 28, 49, 19, 22, 29, 1, 6, 41, 20, 16, 2, 17, 30, 21]

Длина оптимального маршрута: 7544.365901904087



Лучший маршрут, найденный алгоритмом: [15, 45, 43, 33, 34, 35, 38, 39, 37, 36, 47, 23, 4, 14, 5, 3, 24, 11, 27, 26, 25, 46, 12, 13, 51, 10, 50, 32, 42, 9, 8, 7, 40, 18, 44, 31, 48, 0, 21, 30, 17, 2, 16, 20, 41, 6, 1, 29, 22, 19, 49, 28]

Длина найденного маршрута: 7548.992710024182

Оптимальный маршрут из условия: [0, 48, 31, 44, 18, 40, 7, 8, 9, 42, 32, 50, 10, 51, 13, 12, 46, 25, 26, 27, 11, 24, 3, 5, 14, 4, 23, 47, 37, 36, 39, 38, 35, 34, 33, 43, 45, 15, 28, 49, 19, 22, 29, 1, 6, 41, 20, 16, 2, 17, 30, 21]

Длина оптимального маршрута: 7544.365901904087

[Done] exited with code=0 in 64.106 seconds

```
FILENAME = "berlin52.txt"    # Имя файла с координатами городов
N_ANTS = 100                 # Количество муравьев
N_ITERATIONS = 200           # Количество поколений
ALPHA = 1                    # Влияние феромона на выбор пути
BETA = 7                     # Влияние расстояния на выбор пути
EVAPORATION_RATE = 0.1       # Коэффициент испарения феромона
PHEROMONE_CONSTANT = 300     # Константа феромона для маршрутов
```

Выводы:

В данной работе была реализована задача комбинаторной оптимизации с использованием муравьиного алгоритма для нахождения гамильтонова пути и решения задачи коммивояжера. Алгоритм продемонстрировал способность находить эффективные маршруты, что было визуализировано на графиках, сравнивающих результаты работы алгоритма с оптимальным решением. Анализ показал, что эффективность алгоритма зависит от параметров, таких как скорость испарения

феромонов и весовые коэффициенты, влияющие на выбор путей, что открывает перспективы для дальнейших исследований в области оптимизации маршрутов.

Код программы:

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from scipy.spatial.distance import cdist

# --- Настройки алгоритма ---
FILENAME = "berlin52.txt"    # Имя файла с координатами городов
N_ANTS = 100                # Количество муравьев
N_ITERATIONS = 200          # Количество поколений
ALPHA = 1                   # Влияние феромона на выбор пути
BETA = 7                    # Влияние расстояния на выбор пути
EVAPORATION_RATE = 0.1      # Коэффициент испарения феромона
PHEROMONE_CONSTANT = 300    # Константа феромона для маршрутов

# --- Шаг 1: Загрузка данных ---
def load_coordinates(filename):
    with open(filename, 'r') as file:
        lines = file.readlines()
        coords = np.array([list(map(float, line.strip().split()[1:])) for line in lines if line.strip() != "EOF"])
    return coords

# --- Шаг 2: Вычисление матрицы расстояний ---
def calculate_distance_matrix(coords):
    return cdist(coords, coords, metric='euclidean')

# --- Шаг 3: Реализация муравьиного алгоритма ---
def ant_colony_optimization(coords, dist_matrix, n_ants, n_iterations, alpha, beta,
                             evaporation_rate, pheromone_constant):
    n_cities = len(dist_matrix)
    pheromone = np.ones((n_cities, n_cities)) # начальные феромоны
    best_route = None
    best_distance = float('inf')
    all_best_routes = [] # Хранение лучших маршрутов каждого поколения

    for iteration in range(n_iterations):
        routes = []
        route_lengths = []
```

```

for ant in range(n_ants):
    visited = np.zeros(n_cities, dtype=bool)
    current_city = np.random.randint(0, n_cities)
    route = [current_city]
    visited[current_city] = True
    total_distance = 0

    while len(route) < n_cities:
        probabilities = calculate_transition_probabilities(current_city, visited, pheromone,
dist_matrix, alpha, beta)
        next_city = np.random.choice(range(n_cities), p=probabilities)
        route.append(next_city)
        total_distance += dist_matrix[current_city, next_city]
        current_city = next_city
        visited[current_city] = True

    # Замкнуть маршрут
    total_distance += dist_matrix[route[-1], route[0]]
    route_lengths.append(total_distance)
    routes.append(route)

# Обновление феромонов
pheromone *= (1 - evaporation_rate)
for i, route in enumerate(routes):
    for j in range(n_cities - 1):
        pheromone[route[j], route[j+1]] += pheromone_constant / route_lengths[i]

# Поиск лучшего маршрута
min_length = min(route_lengths)
if min_length < best_distance:
    best_distance = min_length
    best_route = routes[route_lengths.index(min_length)]

# Добавляем лучший маршрут текущего поколения
all_best_routes.append((best_route, best_distance))

return best_route, best_distance, all_best_routes

# --- Шаг 4: Вероятности переходов между городами ---
def calculate_transition_probabilities(current_city, visited, pheromone, dist_matrix, alpha,
beta):
    probabilities = []
    for j in range(len(visited)):
        if visited[j]:
            probabilities.append(0)
        else:
            pheromone_level = pheromone[current_city, j] ** alpha
            visibility = (1 / dist_matrix[current_city, j]) ** beta

```



```

        probabilities.append(pheromone_level * visibility)
    probabilities = probabilities / np.sum(probabilities)
    return probabilities

# --- Шаг 5: Визуализация маршрутов ---
def visualize_routes(coords, all_best_routes, final_best_route, optimal_route):
    fig, axes = plt.subplots(1, 4, figsize=(24, 6)) # Добавляем четвертую ось

    # Левый график - лучшие маршруты каждого поколения
    for i, (route, distance) in enumerate(all_best_routes):
        route_coords = coords[route + [route[0]]] # замыкаем маршрут
        axes[0].plot(route_coords[:, 0], route_coords[:, 1], marker='o', linestyle='-', label=f"Gen {i+1}")
    axes[0].set_title("Лучшие маршруты по поколениям")
    axes[0].set_xlabel("X")
    axes[0].set_ylabel("Y")

    # Средний график - лучший маршрут среди всех
    final_route_coords = coords[final_best_route + [final_best_route[0]]] # замыкаем маршрут
    axes[1].plot(final_route_coords[:, 0], final_route_coords[:, 1], marker='o', color='red', linestyle='-')
    axes[1].set_title("Лучший маршрут среди всех поколений")
    axes[1].set_xlabel("X")
    axes[1].set_ylabel("Y")

    # Правый график - оптимальный маршрут из условия задачи
    optimal_route_coords = coords[optimal_route + [optimal_route[0]]] # замыкаем маршрут
    axes[2].plot(optimal_route_coords[:, 0], optimal_route_coords[:, 1], marker='o', color='blue', linestyle='-')
    axes[2].set_title("Оптимальный маршрут из условия задачи")
    axes[2].set_xlabel("X")
    axes[2].set_ylabel("Y")

    # Четвертый график - лучший найденный путь по гамильтонову пути (без замыкания)
    best_hamiltonian_route_coords = coords[final_best_route] # Убираем замыкание маршрута
    axes[3].plot(best_hamiltonian_route_coords[:, 0], best_hamiltonian_route_coords[:, 1], marker='o', color='green', linestyle='-')
    axes[3].set_title("Лучший найденный гамильтонов путь")
    axes[3].set_xlabel("X")
    axes[3].set_ylabel("Y")

    plt.tight_layout()
    plt.show()

# Дополнительно: Вычисление длины оптимального маршрута

```

```

def calculate_optimal_route_distance(optimal_route, dist_matrix):
    distance = sum(dist_matrix[optimal_route[i], optimal_route[i+1]] for i in
range(len(optimal_route) - 1))
    distance += dist_matrix[optimal_route[-1], optimal_route[0]] # замыкаем маршрут
    return distance

# Загрузка данных и запуск алгоритма
coordinates = load_coordinates(FILENAME)
distance_matrix = calculate_distance_matrix(coordinates)
best_route, best_distance, all_best_routes = ant_colony_optimization(
    coordinates, distance_matrix, N_ANTS, N_ITERATIONS, ALPHA, BETA,
    EVAPORATION_RATE, PHEROMONE_CONSTANT
)

OPTIMAL_ROUTE = [0, 48, 31, 44, 18, 40, 7, 8, 9, 42, 32, 50, 10, 51, 13, 12, 46, 25, 26, 27, 11,
24, 3, 5, 14, 4, 23, 47, 37, 36, 39, 38, 35, 34, 33, 43, 45, 15, 28, 49, 19, 22, 29, 1, 6, 41, 20, 16,
2, 17, 30, 21] # Оптимальный маршрут

# Визуализация и вывод результатов
optimal_distance = calculate_optimal_route_distance(OPTIMAL_ROUTE, distance_matrix)
visualize_routes(coordinates, all_best_routes, best_route, OPTIMAL_ROUTE)

print("Лучший маршрут, найденный алгоритмом:", best_route)
print("Длина найденного маршрута:", best_distance)
print("Оптимальный маршрут из условия:", OPTIMAL_ROUTE)
print("Длина оптимального маршрута:", optimal_distance)

```