

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ЛЭТИ» ИМ. В.И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)
Кафедра МО ЭВМ

ОТЧЕТ
по учебной практике
Тема: Генетические алгоритмы в задаче коммивояжёра с
приоритетами

Студент гр. 3388

Снигирёв А.А.

Студентка гр. 3388

Титкова С.Д.

Преподаватель

Жангиров Т.Р.

Санкт-Петербург

2025

ЗАДАНИЕ НА УЧЕБНУЮ ПРАКТИКУ

Студент Снигирёв А.А. группы 3388

Студентка Титкова С.Д. группы 3388

Тема практики: разработка генетического алгоритма для задачи коммивояжёра с приоритетами

Задание на практику:

Командная итеративная разработка генетического алгоритма на C++ с графическим интерфейсом.

Алгоритм: Генетический алгоритм для задачи коммивояжёра с приоритетами.

Сроки прохождения практики: 25.06.2024 – 06.07.2024

Студент	Снигирёв А.А.
---------	---------------

Студентка	Титкова С.Д.
-----------	--------------

Руководитель	Жангиров Т.Р.
--------------	---------------

АННОТАЦИЯ

Цель практики — освоение генетических алгоритмов на примере решения задачи коммивояжёра с приоритетами. В ходе практики изучены ключевые понятия: генотип, популяция, функция приспособленности, отбор, скрещивание и мутация. Реализован генетический алгоритм для поиска оптимального маршрута с учётом приоритетов городов. Дополнительно разработан графический интерфейс для визуализации работы алгоритма.

ВВЕДЕНИЕ

Целью учебной практики является изучение генетических алгоритмов как метода эволюционной оптимизации и их применение для решения задачи коммивояжёра с приоритетами.

В ходе практики были поставлены следующие задачи: ознакомление с базовыми понятиями генетических алгоритмов (генотип, популяция, функция приспособленности, отбор, скрещивание, мутация); разработка и реализация генетического алгоритма для задачи коммивояжёра с учётом приоритетов посещаемых городов; создание графического интерфейса для наглядной демонстрации работы алгоритма.

Реализуемый алгоритм основан на принципах естественного отбора: популяция потенциальных решений эволюционирует через последовательность поколений, улучшая свои характеристики. В ходе работы алгоритм оптимизирует маршрут коммивояжёра, минимизируя общую длину пути с учётом заданных приоритетов.

Генетические алгоритмы широко используются для решения NP-трудных задач, включая маршрутизацию, планирование и другие оптимизационные задачи. Реализованный подход может быть адаптирован для более сложных условий, таких как динамически изменяющиеся параметры городов или многокритериальная оптимизация.

1. ТРЕБОВАНИЯ К ПРОГРАММЕ

- Программа должна иметь GUI
- Должна быть возможность задать данные из разных источников по выбору пользователя: из файла, ввод через GUI, случайная генерация
- При реализации алгоритмов нельзя использовать библиотеки, решающие задачу напрямую. Генетический алгоритм должен быть реализован вручную. Использовать библиотеки для графического интерфейса/загрузки данных – можно.
- Пользователь должен иметь возможность задавать параметры генетического алгоритма через GUI.
- В приложении должна быть реализована пошаговая демонстрация работы генетического алгоритма. Т.е. должна быть кнопка «следующий шаг» и кнопка «выполнить до конца» (чтобы перейти к конечным результатам). На каждом шаге алгоритма должна быть показано графическое представление наилучшего решения, стоимость этого решения, средняя стоимость поколения.
- В GUI должно быть поле с графиком изменения приспособленности лучший и средней в зависимости от поколения. График должен строиться по ходу выполнения генетического алгоритма.
- После завершения выполнения генетического алгоритма, программа не должна закрываться, а должна быть возможность выполнить его на этих же данных, но с другими параметрами алгоритма, либо загрузить новые данные.
- Плюсом будет реализация следующих функций:
 - На каждом шаге можно выбрать и просмотреть любое решение
 - Возможность просмотра сразу нескольких решений, чтобы их можно было сравнить
 - Возможность вернуться на несколько шагов назад

- Выбор различных модификаций генетических алгоритмов

2. ПЛАН РАЗРАБОТКИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РОЛЕЙ В БРИГАДЕ

2.1. План разработки

Дата	Этап	Выполнено
27.06.25	Формирование бригады, выбор ЯП, распределений ролей в бригаде, выбор задачи.	да
30.06.25	Демонстрация прототипа GUI и плана решения задачи (описание формата данных, используемых функций качества, и т.д.)	да
02.07.25	Промежуточная сдача программы. На данном этапе может быть не быть реализован весь функционал, GUI еще не связан с алгоритмом.	да
04.07.25	Промежуточная сдача программы. На данном этапе может быть не быть реализован весь функционал, GUI еще не связан с алгоритмом.	да
06.07.25	Демонстрация финальной версии программы. Беседа по написанному коду и решаемой задаче.	да

2.2. Распределение ролей в бригаде

Снигирёв А.А.: реализация генетического алгоритма

Титкова С.Д.: реализация графического интерфейса, изучение теории и тестирование кода

3. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ

3.1. Графический интерфейс

Для реализации графического интерфейса используются следующее:

- Qt Framework: используется для создания кроссплатформенного GUI.
- QMainWindow: основной класс окна приложения.
- QGraphicsView/QGraphicsScene: для отображения городов и путей (графическое представление решения).
- QtCharts (QChart, QChartView, QLineSeries): для построения графика приспособленности.
- QFileDialog, QTextEdit, QSpinBox, QDoubleSpinBox, QPushButton, QLabel, QComboBox: для ввода данных, управления и отображения информации.
- QVBoxLayout, QHBoxLayout: для организации компоновки элементов.

Общая структура: окно приложения (размер 1400x800 пикселей) разделено на две основные части с помощью горизонтального компоновщика (horizontalLayout):

- Левая часть (1/3 ширины): элементы управления, ввод данных и настройки.
- Правая часть (2/3 ширины): визуализация решений и график

Элементы интерфейса и их расположение

1. Левая часть: Элементы управления

Расположена слева в вертикальном компоновщике (verticalLayout). Содержит элементы для ввода данных, настройки и управления алгоритмом.

- Кнопки ввода данных (на рисунке 1 обозначено цифрой 1) (в горизонтальном компоновщике buttonLayout):

- *"Загрузить из файла"* (loadFileButton): открывает диалог для выбора текстового файла с данными городов (формат: x,y,приоритет).
- *"Сгенерировать случайно"* (generateRandomButton): запрашивает количество городов и генерирует их случайным образом.
- *"Ввести города"* (inputCitiesButton): считывает данные городов из текстового поля.
- *Расположение:* верхняя часть левого столбца, три кнопки в ряд.
- Текстовое поле (на рисунке 1 обозначено цифрой 2) (textEdit):
 - Поле для ручного ввода координат и приоритетов городов (формат: x,y,приоритет, по одной строке на город).
 - Имеет подсказку: "Введите города (x,y,приоритет) по одному на строку".
 - Минимальная высота: 100 пикселей.
 - *Расположение:* под кнопками ввода данных.
- Группа параметров генетического алгоритма (на рисунке 1 обозначено цифрой 3) (paramsGroup, в компоновщике verticalLayout_2):
 - *"Размер популяции"* (popSizeSpinBox): числовое поле (10–1000, по умолчанию 100).
 - *"Вероятность мутации"* (mutationRateSpinBox): поле для дробных чисел (0–1, шаг 0.01, по умолчанию 0.01).
 - *"Максимум поколений"* (maxGenSpinBox): числовое поле (100–10000, по умолчанию 1000).
 - *"Применить параметры"* (applyParamsButton): кнопка для применения параметров (пока без функционала).
 - *Расположение:* под текстовым полем, элементы сгруппированы в рамке с заголовком "Параметры генетического алгоритма".
- Возврат назад (на рисунке 1 обозначено цифрой 4) (в горизонтальном компоновщике backLayout):

- *"Вернуться назад"* (backButton): кнопка для возврата на предыдущие шаги (не реализована).
- *Поле шагов* (backStepsSpinBox): указывает количество шагов назад (1–100, по умолчанию 1).
- *Расположение*: под группой параметров, два элемента в ряд.
- *Кнопки управления алгоритмом* (на рисунке 1 обозначено цифрой 4):
 - *"Следующий шаг"* (runStepButton): выполняет один шаг алгоритма, обновляя решение, график и метки.
 - *"Запустить до конца"* (runToEndButton): выполняет алгоритм до максимального числа поколений.
 - *Расположение*: под блоком возврата, каждая кнопка на отдельной строке.
- *Метки информации* (на рисунке 1 обозначено цифрой 5):
 - *Поколение* (generationLabel): показывает номер текущего поколения (например, "Поколение: 0").
 - *Лучшая приспособленность* (bestFitnessLabel): показывает стоимость лучшего решения.
 - *Средняя приспособленность* (avgFitnessLabel): показывает среднюю приспособленность популяции.
 - *Расположение*: под кнопками управления, каждая метка на отдельной строке.
- *Выбор решения* (на рисунке 1 обозначено цифрой 5) (в горизонтальном компоновщике solutionSelectionLayout):
 - *"Выбрать решение"* (solutionComboBox): выпадающий список для выбора отображаемого решения (пока без функционала).
 - *Расположение*: внизу левого столбца.

2. Правая часть: Визуализация

Расположена справа в вертикальном компоновщике (verticalLayout_3) с соотношением высот 2:3 (верхняя часть к нижней).

- Основное окно визуализации (на рисунке 1 обозначено цифрой 3) (graphicsView):
 - Показывает города как красные круги (диаметр 10 пикселей) с метками вида Город N (П: М) (N — номер, М — приоритет).
 - Если есть лучшее решение, рисует путь синими линиями, соединяющими города в порядке посещения, с возвратом в начальный город.
 - Минимальный размер: 400x200 пикселей.
 - *Расположение*: верхняя часть правого столбца, занимает около 40% высоты.
- Окно сравнения (на рисунке 1 обозначено цифрой 7) (в горизонтальном компоновщике compareLayout):
 - *Окно визуализации* (compareGraphicsView): показывает только города (без пути). Предназначено для отображения альтернативного решения. Минимальный размер: 400x200 пикселей.
 - *"Сравнить с"* (compareComboBox): выпадающий список для выбора решения для сравнения (пока без функционала). Максимальная ширина: 150 пикселей.
 - *Расположение*: под основным окном, compareGraphicsView занимает большую часть ширины, а compareComboBox с меткой — узкую правую часть.
- График приспособленности (на рисунке 1 обозначено цифрой 8) (QChartView):
 - Показывает две линии:

- Красная: лучшая приспособленность (стоимость лучшего решения).
- Синяя: средняя приспособленность популяции.
- Оси: горизонтальная — поколения, вертикальная — приспособленность.
- Заголовок: "Динамика приспособленности по поколениям". Легенда включена.
- Минимальный размер: 600x400 пикселей.
- *Расположение*: внизу правого столбца, занимает около 60% ВЫСОТЫ.

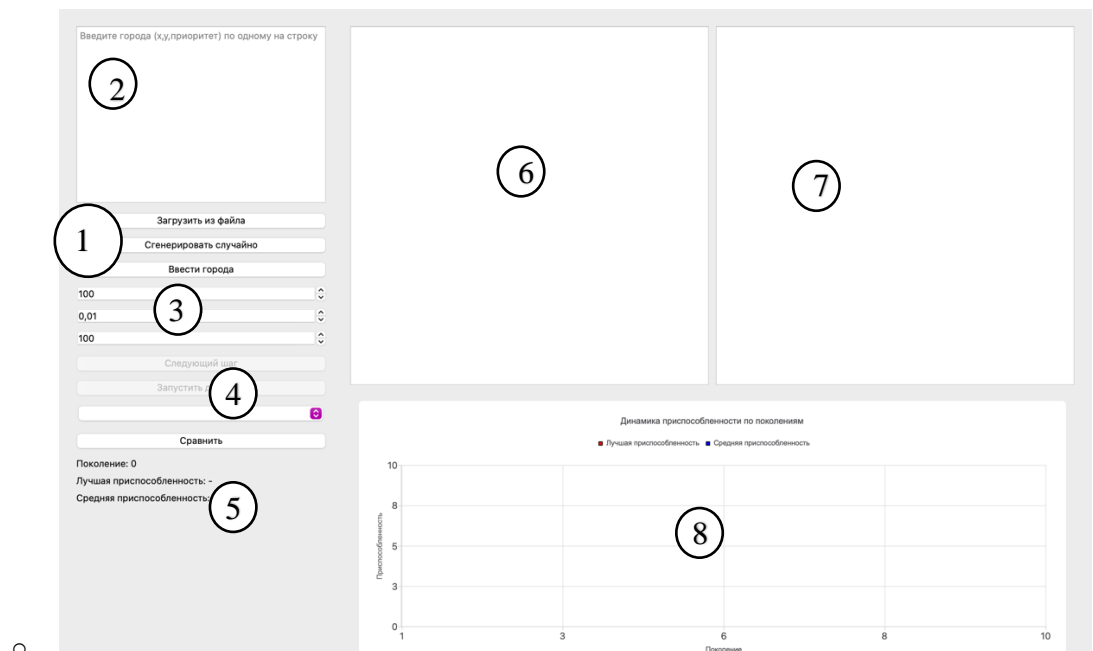


Рисунок 1. Прототип GUI.

3.2. Структуры данных

1. Структура Town:

- Поля:
 - *int priority*: приоритет города.
 - *string name*: название города.
 - *double x, y*: координаты города (x, y).

2. Вектор std::vector<Town>:

- Контейнер для хранения списка объектов типа Town.

- Содержит все города, введенные пользователем, и передается в функции для расчёта расстояний и эволюционного алгоритма.

3. Матрица расстояний `std::vector<std::vector<double>>`:

- Двумерный вектор, где элемент `[i][j]` представляет евклидово расстояние между городами `i` и `j`.

4. Словарь приоритетов `std::map<int, std::vector<int>>`:

- Ассоциативный контейнер, где ключ — приоритет, а значение — вектор индексов городов, имеющих этот приоритет.
- Необходим для группировки городов по приоритетам.

5. Популяция `std::vector<std::vector<int>>`:

- Двумерный вектор, где каждый элемент представляет одну особь (хромосому) — последовательность индексов городов, образующих маршрут.
- Создается, как начальная популяция для эволюционного алгоритма. Обновляется в процессе эволюции.

6. Вектор приспособленностей `std::vector<double>`:

- Вектор, содержащий значения приспособленности для каждой особи в популяции.

7. Вектор лучших особей `std::vector<std::vector<int>>`:

- Двумерный вектор, хранящий лучшие особи для каждой итерации эволюционного алгоритма.

8. Вектор лучших приспособленностей `std::vector<double>`:

- Вектор, хранящий значения приспособленности лучших особей для каждой итерации.
- Возвращается как результат работы алгоритма.

3.3. Нарботки методов га

В ходе практики необходимо реализовать 3 эволюционных механизма:

- *Отбор*
 - Из всех видов отбор, мы решили остановиться на турнирном, так как он относительно прост в реализации: случайным образом выбирается небольшая группа особей, и из них выбирается лучшая по значению приспособленности. Это требует минимальных вычислений и легко масштабируется.
- *Скрещивание*
 - В данном механизме мы остановились на упорядоченном скрещивании, так как в задаче коммивояжёра важен порядок посещённых городов.
- *Мутации*
 - В реализации алгоритма используется мутация обменом.

3.4. Методы

- *Town::Town(double x, double y, int priority, std::string name)* - создаёт объект города с координатами (x, y), приоритетом и именем;
- *print lst(std::vector towns)* - выводит список городов с их координатами и приоритетами;
- *print matrix(std::vector<std::vector> matrix)* - выводит матрицу расстояний между городами;
- *print dvector(std::vector& vec)* - выводит вектор фитнес-значений (длин путей);
- *print vector(std::vector& vec)* - Выводит хромосому (последовательность индексов городов);
- *print priority groups(const std::map<int, std::vector>& priority groups)* - выводит группы городов по приоритетам с их индексами и размерами;
- *print priority groups with ranges(const std::map<int, std::vector>& priority groups)* - выводит группы приоритетов с диапазонами позиций в хромосоме;

- console input() - запрашивает количество городов и их координаты с приоритетами, возвращает вектор объектов Town;
- calculate_distances(std::vector towns) - вычисляет матрицу расстояний между городами (евклидово расстояние);
- make_priority_groups(std::vector& towns) - группирует города по приоритетам, возвращает словарь с индексами городов;
- make_start_population(std::vector& towns, std::vector<std::vector> & distances, std::map<int, std::vector> priority_groups, int p_size) - создаёт начальную популяцию из p_size хромосом, упорядоченных по приоритетам.
- fitness_f(std::vector& individ, std::vector<std::vector> & matrix) - вычисляет фитнес хромосомы;
- tournament_selection(const std::vector<std::vector> & population, const std::vector& fitnesses, int k) - выбирает хромосому с помощью турнирного отбора из k случайных хромосом;
- calculate_fitnesses(std::vector<std::vector> & population, std::vector<std::vector> & matrix, int p_size) - вычисляет фитнес для каждой хромосомы в популяции;
- is_valid_chromosome(const std::vector& individ, const std::map<int, std::vector> & priority_groups) - проверяет, является ли хромосома допустимой (без повторов и с соблюдением приоритетов);
- group_crossover(const std::vector& group1, const std::vector& group2, std::vector& child1, std::vector& child2, std::mt19937& gen) - выполняет кроссовер для одной группы приоритетов между родителями;
- merge_child_groups(const std::vector<std::vector> & child_fir_groups, const std::vector<std::vector> & child_sec_groups, std::vector& child_fir, std::vector& child_sec) - объединяет группы потомков в полные хромосомы;
- ox1_crossover(std::vector& parent_fir, std::vector& parent_sec, std::vector& child_fir, std::vector& child_sec, const std::map<int, std::vector> & priority_groups, double cross_prob) - выполняет кроссовер (OX1) между родителями с учётом приоритетов и вероятности;
- mutate(std::vector& individ, const std::map<int, std::vector> & priority_groups, double mutation_prob) - выполняет мутацию хромосомы (обмен двух элементов в группе приоритетов) с заданной вероятностью;

- *find_best_individ(std::vector& fitnesses)* - находит индекс хромосомы с лучшим фитнес-значением;
- *Evolution(std::vector& towns, int population_size, int generations_number, double mut_prob, double cross_prob)* - реализует генетический алгоритм, создавая популяцию и выполняя эволюцию через поколения;
- *main(int argc, char argv**)* - точка входа: проверяет аргументы, вызывает ввод городов, запускает эволюцию и выводит результаты;

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения практики были изучены основные принципы работы генетических алгоритмов, а также инструменты для разработки графического интерфейса на базе языка C++.

Успешно реализован генетический алгоритм для решения задачи коммивояжёра с приоритетами с использованием методов: турнирного отбора, упорядоченного скрещивания и мутации обменом. Благодаря графическому интерфейсу пользователь может отслеживать каждый шаг алгоритма и сравнивать любые поколения. Также в ходе работы программы строится график, благодаря которому можно отслеживать такие параметры, как средняя приспособленность и лучшая приспособленность.