

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

**ОТЧЕТ**  
**по учебной практике**  
**Тема: Генетические алгоритмы**

Студент гр. 0304	_____	Люлин Д.В.
Студент гр. 0304	_____	Максименко Е.М.
Студентка гр. 0304	_____	Говорющенко А.В.
Студент гр. 0304	_____	Алексеев Р.В.
Руководитель	_____	Жангиров Т.Р.

Санкт-Петербург  
2022

## ЗАДАНИЕ НА УЧЕБНУЮ ПРАКТИКУ

Студент Люлин Д.В. группы 0304

Студент Максименко Е.М. группы 0304

Студентка Говорющенко А.В. группы 0304

Студент Алексеев Р.В. группы 0304

Тема практики: Генетические алгоритмы

Задание на практику:

Разработать и реализовать программу, решающую одну из оптимизационных задач с использованием генетических алгоритмов (ГА), а также визуализирующая работу алгоритма.

Задача:

Задача раскроя

Дана полубесконечная лента ткани фиксированной ширины, из нее необходимо вырезать прямоугольные участки ткани заданных размеров. Необходимо разместить прямоугольники таким образом чтобы минимизировать длину используемой ленты и количество отходов.

Сроки прохождения практики: 29.06.2020 – 12.07.2020

Дата сдачи отчета: 02.07.2020

Дата защиты отчета: 02.07.2020

Студент	_____	Люлин Д.В.
Студент	_____	Максименко Е.М.
Студентка	_____	Говорющенко А.В.
Студент	_____	Алексеев Р.В.
Руководитель	_____	Жангиров Т.Р.

## **АННОТАЦИЯ**

Цель практики заключается в реализации программы, решающей задачу раскря при помощи генетического алгоритма. Пограмма должны иметь графичекий интерфейс (GUI), визуализировать работу алгоритма, иметь возможность ввода данных через GUI или файл.

## СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	5
1.	Графический интерфейс	6
1.1.	Скетч GUI	6
1.2.	Сценарии взаимодействия с GUI	9
2.	Описание генетического алгоритма	11
	Заключение	15
	Список использованных источников	16

## **ВВЕДЕНИЕ**

Целью работы является реализация программы, решающей задачу раскрытия при помощи генетического алгоритма, программа должна быть написана на языке C++. Программа должна иметь: графический интерфейс (GUI), возможность ввода данных через GUI или файл, пошаговую визуализацию работы ГА с возможностью перехода к концу алгоритма, настройку параметров ГА через GUI, отображение особей популяции с выделением лучшей особи, визуализацию кроссинговера и мутаций, текстовые логи с пояснениями к ГА. После выполнения программа не должна сразу закрываться, а должна давать возможность провести ГА заново, либо ввести другие данные.

# 1. ГРАФИЧЕСКИЙ ИНТЕРФЕЙС

## 1.1. Скетч GUI.

Скетч графического интерфейса (GUI), который планируется релизовать представл на рис. 1.

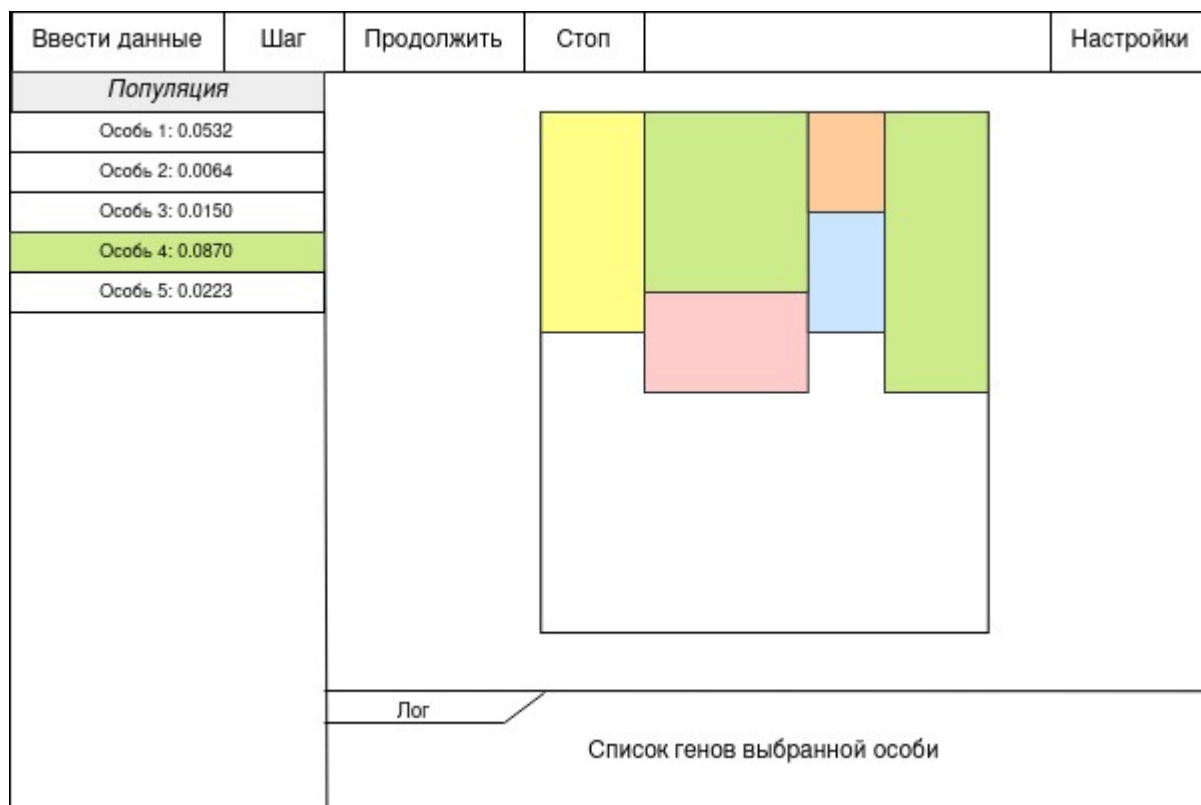


Рисунок 1 — Скетч GUI

В левой части окна отображается список особей из текущей популяции. Для каждой особи написано значение функции пригодности, особь с максимальным значением выделена зелёным цветом.

В центральной части окна отображается лента с расположенными на ней прямоугольниками.

В нижней части окна находятся вкладки с логами и информацией о выбранной особи. Во вкладке с логами отображаются все сообщения логов. Во вкладке с информацией описаны все гены выбранной особи, а именно информация о каждом прямоугольнике: номер, координаты, поворот.

В верхней части окна расположен ряд кнопок:

- Ввести данные - открывается небольшое всплывающее окошко, в котором пользователь вводит ширину ленты и может добавлять прямоугольники разных размеров. При вводе прямоугольника ему автоматически присваивается случайный цвет, который сохраняется между особями. Это позволяет наблюдать за тем, как меняется положение данного прямоугольника в разных особях.
- Шаг - выполнить один шаг алгоритма. Кнопки "Ввести данные" и "Настройки" становятся недоступными.
- Продолжить - продолжить выполнение алгоритма с текущего момента до конца. Кнопки "Ввести данные" и "Настройки" становятся недоступными.
- Стоп - прервать выполнение алгоритма. Популяция очищается, ввод данных и настройки становится доступными.
- Настройки - отображение меню настроек. Меню представлено на рис. 2.

Настройки

Размер популяции

12

Вероятность мутации

0.04

Вероятность кроссинговера 1

0.48

Вероятность кроссинговера 2

0.48

Выбор пар для кроссинговера

☒ Панмиксия

☐ Рулетка

Отбор особей в популяцию

☒ Усечением

☐ Элитарный

Доля непригодных

0.25

Критерий остановки алгоритма

☐ Значение пригодности

☒ Количество шагов

☐ Близость пригодности

100

Логирование

☒ Файл

Выбор файла

☒ Консоль

Уровень

2

Сохранить

Отмена

Рисунок 2 — Скетч меню настроек ГА в GUI



## **1.2. Описание сценариев взаимодействия с GUI.**

Основной сценарий взаимодействия пользователя с GUI:

1. Запустив программу, пользователь может выбрать опцию "Ввести данные". Всплывает окно, в котором он вводит ширину ленты, а также добавляет произвольное количество прямоугольников с заданной длиной и шириной. После ввода данных пользователь закрывает окно.
2. Перед началом работы алгоритма пользователь может настроить параметры генетического алгоритма, выбрав опцию "Настройки". Можно настроить следующие параметры: способ выбора родителей, способ отбора особей в новую популяцию, критерий остановки алгоритма, вероятности мутации и кроссинговеров, размер популяции. Также пользователь может настроить логирование: уровень подробности логов, запись логов в консоль и файл (и выбор файла).
3. Пользователь может запустить один шаг алгоритма, выбрав опцию "Шаг". С помощью этой опции можно подробно исследовать работу алгоритма. Если делать шаги во время кроссинговера, то синим цветом в левой части экрана будут отображаться пары родителей.
4. В любой момент пользователь может выбрать опцию "Продолжить", чтобы запустить алгоритм с текущего места не пошагово, а в обычном режиме.
5. В любой момент пользователь может выбрать опцию "Стоп", чтобы прервать работу алгоритма. Популяция удаляется, программа восстанавливает состояние из пункта 2. Становится доступным изменение настроек и входных данных, запуск алгоритма с начала.
6. При возникновении исключительных ситуаций всплывает окно, информирующее об ошибке, и программа делает то же, что при выборе опции "Стоп". Сообщение об ошибке записывается в лог.
7. При удачном завершении алгоритма популяция не очищается, пользователь может выделить особь с лучшим решением и посмотреть расположение прямоугольников. При этом кнопки "Шаг" и "Продолжить"

не дают эффекта. Чтобы начать алгоритм заново, необходимо нажать "Стоп".

## 2. ОПИСАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА

### Генетический алгоритм:

Основные понятия ГА:

- Ген - информация об одном прямоугольнике, представленная в виде тройки чисел: номер прямоугольника, координата  $X$  (координата  $Y$  берётся минимально возможной при данном  $X$ , и на алгоритм не влияет), поворот (0 или 90 градусов).
- Особь (хромосома) — какое-то решение задачи, т. е. расположение прямоугольников на ленте. За расположение каждого прямоугольника в данном решении отвечают гены. В каждом гене записана информация, по какому значению  $X$  разместить данный прямоугольник, индекс данного прямоугольника, отвечающий за поворот на 90 градусов. Важен порядок генов, т. к. прямоугольники, за которые они отвечают, размещаются на ленте с минимально возможным значением  $Y$  в порядке расположения генов в массиве.
- Популяция - набор особей, в общем случае не упорядоченный, но во время отбора популяции может потребоваться сортировка.
- Функция пригодности (fitness) - функция от особи, значение функции в диапазоне  $[0;1]$ . Показывает качество особи, т. е. качество ответа на задачу. Качество особи считается как  $1/h$ , где  $h$  — длина использованной ленты, необходимой для расположения прямоугольников в данной конфигурации.

Генетический алгоритм можно настраивать, изменяя его параметры, а именно:

1. Способ выбора родителей.
2. Способ отбора особей в новую популяцию.
3. Критерий остановки алгоритма.
4. Вероятности мутации и кроссинговеров.

## 5. Размер популяции.

Процедуры кроссинговера и мутации не параметризуются, они фиксированы алгоритмом. Существует 2 вида кроссинговера. Происходит или один из них с какой-то вероятностью, или мутация. Эти вероятности может настраивать пользователь.

Операторы кроссинговера:

1. В гены потомка попадают значения координаты  $X$  и поворота из генов родителя 2, порядок не изменяется. Далее выбирается промежуток  $0 \leq l \leq r \leq n$ , где  $n$  — количество генов особи. В гены потомка с индексами из интервала попадают номера прямоугольников из генов с этими же индексами генов родителя 2. В гены не из промежутка попадают номера прямоугольников родителя 1. Если возникает конфликт номеров прямоугольников, т.е. возникает попытка повторного добавления номера прямоугольника, который уже попал в гены потомка от родителя 2, выбирается другой номер: если данный номер прямоугольника у родителя 2 находится в гене с индексом  $k$ , берем номер прямоугольника из гена родителя 1 с индексом  $k$ , повторяем пока есть конфликты.
2. Также как и в предыдущем случае выбирается пара индексов  $0 \leq l \leq r \leq n$ . Далее гены родителя 1 из промежутка полностью копируются по данным индексам в гены потомка. Гены не из промежутка будут копировать гены с такими же индексами родителя 2. Если возникают конфликты, они решаются также, как и в предыдущем операторе.

Оператор мутации:

Оператор мутации один, он заключается в том, что есть один родитель, выбираются два различных случайных гена, которые меняются местами. Также у данных генов может быть изменено значение поворота (с шансом в 50%).

Способ выбора родителей:

1. Панмиксия:

Для каждой особи популяции случайным образом с равной вероятностью выбирается пара, с которой будет скрещивание. При этом допускается участие одной особи в нескольких скрещиваниях и скрещивание особи самой с собой.

2. Рулеточный отбор:

Процедура выбора такая же, как в панмиксии, но разница в том, что парная особь выбирается не равновероятно, а пропорционально пригодности  $f$  каждой из  $N$  особей:

$$P(i) = \frac{f(i)}{\sum_{i=1}^N f(i)}$$

Инбридинг и аутбридинг неприменимы к задаче, т. к. нет правильного способа подсчёта расстояния между родителями. В связи с тем, что при турнирном отборе во время скрещивания будет много повторяющихся особей, что не улучшает работу алгоритма, решено не использовать этот способ.

Способ отбора особей в новую популяцию:

1. Отбор усечением:

Пусть  $N$  - фиксированный ранее размер популяции. Текущая популяция после кроссинговера (т.е. родители + дети, всего  $2*N$ ) сортируется по возрастанию значения  $f$  пригодности особей. Задаётся параметр  $T$  в промежутке  $(0;1]$ , представляющий долю непригодных особей. Из особей, не попавших в непригодную долю, случайно выбирается одна. Этот процесс повторяется  $N$  раз. Данный параметр требует дополнительного ввода значения  $T$ .

2. Элитарный отбор:

Из текущей популяции после кроссинговера выбирается  $N$  особей с лучшим значением  $f$  пригодности, а остальные — отбрасываются.

Критерий остановки алгоритма:

1. Предельное значение пригодности:

Остановка, если в текущей популяции есть хотя бы одна особь, значение функции пригодности которой больше или равно заданному.

2. Ограничение на количество шагов.

3. Критерий близости функции пригодности:

Остановка, если для любой пары особей значения функции пригодности не превосходят заданную величину.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Был создан скетч графического интерфейса программы и описан один из сценариев взаимодействия пользователя с графическим интерфейсом. Также были описаны и обоснованы модификации ГА, используемые для решения задачи раскроя.

## **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Панченко Т.В. Учебно-методическое пособие «Генетические алгоритмы».