



**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана  
(национальный исследовательский университет)»  
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)**

---

ФАКУЛЬТЕТ «Информатика и системы управления» (ИУ)

КАФЕДРА «Информационная безопасность» (ИУ8)

**Отчёт**

по лабораторной работе № 5  
по дисциплине «Теория Систем и Системный Анализ»

**Тема: «Исследование генетических алгоритмов в задачах поиска экстремумов»**

Вариант 5

Выполнил: Куликова А. В.,  
студент группы ИУ8-11М

Проверил: Строганов. И.С.

г. Москва, 2023 г.

## **1. Цель работы**

Изучить основные принципы действия генетических алгоритмов на примере решения задач оптимизации функций двух переменных.

## 2. Постановка задачи

Функция:  $\sin x * \sin y / (1 + x^2 + y^2)$

Область допустимых значений:  $(0.2) \times (-2.2)$

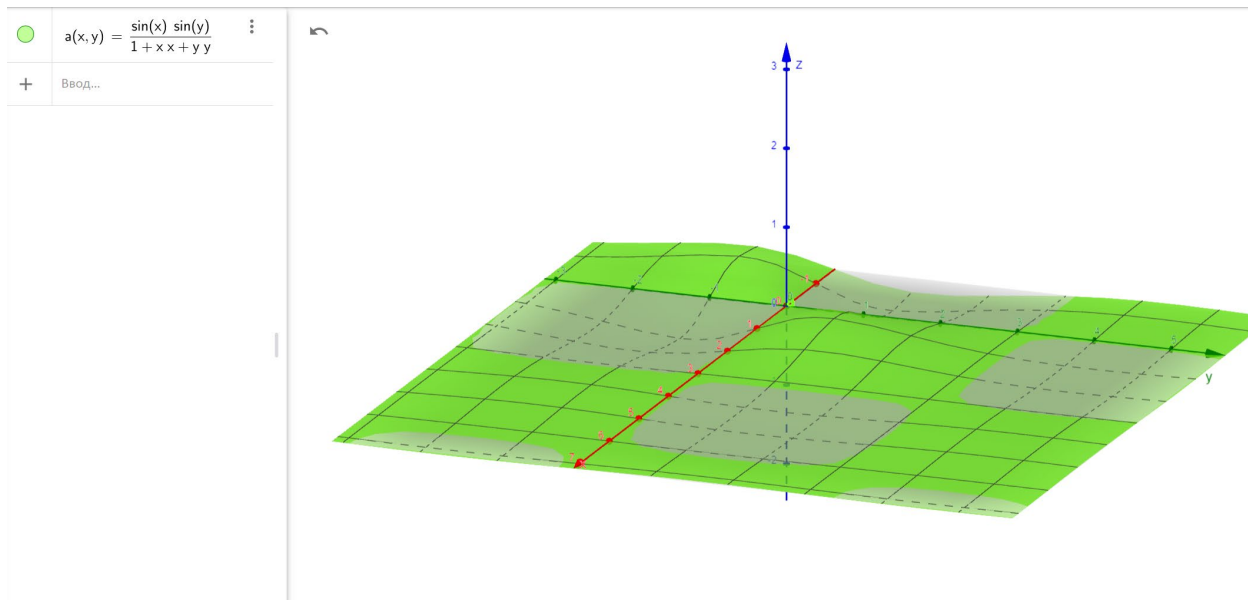


Рисунок 1 – график функции

### 3. Ход работы

**Таблица 1** – Популяции для первых 10 итераций алгоритма

№ пополения	x	y	FIT	Максимальный результат	Средний результат
0	-0.89603	-1.68348	0.167329	0.160093	0.221546
	-0.31066	-0.880575	0.125922		
	-2.14558	-0.823884	0.0980338		
	-0.152086	-1.1882	0.0577205		
1	-1.2858	-1.0341	0.221546	0.160093	0.221546
	-2.14558	-0.880575	0.101459		
	-1.2858	-1.1882	0.219005		
	-2.1688	-0.880575	0.0983608		
2	-0.868215	-1.10793	0.229052	0.220046	0.221546
	-1.2858	-0.880575	0.215826		
	-0.868215	-1.23797	0.219481		
	-1.2858	-0.880575	0.215826		
3	-0.868215	-0.880575	0.232677	0.215025	0.232677
	-0.595444	-0.876693	0.20305		
	-0.868215	-0.880575	0.232677		
	-1.49294	-0.876693	0.191696		
4	-0.913727	-1.19695	0.225578	0.222536	0.225578
	-0.868215	-0.876693	0.232557		
	-0.913727	-0.578039	0.199453		
	-0.868215	-0.876693	0.232557		
5	-0.985704	-0.876693	0.233842	0.231449	0.233842
	-0.812114	-0.876693	0.229736		
	-0.985704	-1.18996	0.228459		
	-0.913727	-0.876693	0.233759		

6	-0.985704	-1.20428	0.227444	0.229771	0.227444
	-0.985704	-1.0601	0.234956		
	-0.985704	-0.876693	0.233842		
	-0.763322	-1.0601	0.222842		
7	-0.985704	-1.12137	0.232535	0.232214	0.232535
	-0.985704	-1.04091	0.235454		
	-0.985704	-1.0601	0.234956		
	-0.785002	-1.04091	0.225911		
8	-1.10014	-1.26405	0.22312	0.22518	0.22312
	-0.985704	-1.04091	0.235454		
	-1.10014	-1.04091	0.233483		
	-0.651734	-1.04091	0.208665		
9	-1.10014	-1.04091	0.233483	0.214263	0.233483
	-0.594726	-0.977367	0.201169		
	-1.10014	-1.04091	0.233483		
	-1.55976	-0.977367	0.188915		
10	-1.05532	-1.01675	0.235077	0.23424	0.235077
	-1.10014	-0.977367	0.233415		
	-1.05532	-1.02007	0.235053		
	-1.10014	-0.977367	0.233415		

#### **4. Выводы**

В данной лабораторной работе были изучены основные принципы действия генетических алгоритмов на примере решения задач оптимизации функций двух переменных.

## 5. Контрольный вопрос

### 1. Опишите основные шаги классического генетического алгоритма.

Классический генетический алгоритм представляет собой метод решения задач оптимизации, основанный на имитации процесса естественного отбора и эволюции. Основные шаги классического генетического алгоритма, следующие:

1. Инициализация популяции: создается начальная популяция, состоящая из случайных решений (хромосом). Хромосома — это структура данных, представляющая возможное решение задачи.

2. Оценка приспособленности: для каждого решения (хромосомы) в популяции определяется его приспособленность (fitness) - функция оценки качества этого решения. В задачах оптимизации приспособленность соответствует значению целевой функции.

3. Селекция: на основе значений приспособленности осуществляется отбор лучших решений для создания новых особей (родителей). Применяются различные методы селекции, например, отбор по рулетки или турнирный отбор.

4. Скрещивание: Выбранные родители обмениваются частями своих хромосом (генетической информацией), создавая новые хромосомы (потомков). Применяются разные стратегии скрещивания, такие как одноточечное, двухточечное скрещивание или кроссовер по полам.

5. Мутация: к каждому потомку применяются случайные изменения (мутации) с заданной вероятностью. Это позволяет избежать попадания в локальные оптимумы и улучшить разнообразие популяции.

6. Обновление популяции: Потомки заменяют худшие решения в популяции, увеличивая ее качество.

7. Проверка условия остановки: проверяется условие остановки алгоритма, например, достижение заданного числа поколений или нахождение

оптимального решения. Если условие не выполняется, то переходим к шагу 2 и повторяем процесс.

8. Возвращение лучшего решения: В конце работы алгоритма возвращается лучшее решение (хромосома) с максимальной приспособленностью. Это решение является оптимальным или близким к оптимальному.

## **2. Объясните основную идею эволюционных алгоритмов.**

Эволюционные алгоритмы основаны на имитации процессов, происходящих в природе, — естественном отборе и генетических мутациях. Алгоритм начинает работу с формирования начальной популяции, состоящей из особей (хромосом), которые кодируют возможные решения задачи. Особи оцениваются с точки зрения их приспособленности (обычно с помощью некоторой целевой функции), после чего происходит скрещивание наиболее приспособленных особей и внесение случайных мутаций с целью формирования новой популяции.

Этот процесс повторяется определенное количество раз или до тех пор, пока не будет найдено оптимальное решение.

## **3. Опишите основные преимущества и недостатки, область применимости генетических алгоритмов.**

Генетические алгоритмы являются мощным инструментом для решения задач оптимизации. Они имеют следующие преимущества:

- Простота реализации: Генетические алгоритмы основаны на базовых принципах генетики и эволюции, что делает их понятными и простыми в реализации.

- Эффективность: Генетические алгоритмы могут находить оптимальные или близкие к оптимальным решения за относительно небольшое количество итераций.

- Универсальность: Генетические алгоритмы применимы к широкому кругу задач, включая задачи комбинаторной оптимизации, планирование, машинное обучение и т.д.



Однако генетические алгоритмы также имеют некоторые недостатки:

- Требуют большого количества вычислений: Генетические алгоритмы требуют большого количества итераций для нахождения оптимального решения, что может быть неприемлемым для некоторых задач.

- Сложность настройки параметров: для эффективной работы генетического алгоритма необходимо правильно настроить такие параметры, как размер популяции, вероятность мутации и т.д., что может потребовать значительных усилий и времени.

- Непригодность для задач с непрерывным пространством решений: Генетические алгоритмы лучше всего подходят для задач комбинаторной оптимизации и не очень хорошо работают с задачами, имеющими непрерывное пространство решений.

Область применимости генетических алгоритмов включает задачи оптимизации, планирование ресурсов, машинное обучение, биоинформатика и многое другое.

#### **4. Перечислите виды алгоритмов селекции, кроссовера, мутации.**

##### **1. Алгоритмы селекции:**

- Отбор по рулетки: каждая особь имеет свой радиус, который определяет вероятность выбора этой особи для скрещивания.

- Турнирный отбор: из популяции выбирается определенное количество пар, и внутри каждой пары выбирается наиболее приспособленная особь для скрещивания.

##### **2. Виды кроссовера:**

- Одноточечный кроссовер: гены обмениваются между двумя хромосомами в одной точке.

- Двухточечный кроссовер: гены обмениваются в двух точках, создавая более разнообразное потомство.

- Половой кроссовер: обмен генами происходит только между особями разного пола.

##### **3. Стратегии мутации:**

- Вероятность мутации: каждая хромосома имеет определенную вероятность мутации.
- Точечная мутация: случайный ген в хромосоме заменяется другим геном.
- Вставка/удаление гена: случайный ген добавляется или удаляется из хромосомы.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А. Результат программы

-----  
GENERATION N # 0

MIDDLE = 0.112251

MAXIMUM = 0.167329

x:	-0.89603	y:	-1.68348	f:	0.167329
x:	-0.31066	y:	-0.880575	f:	0.125922
x:	-2.14558	y:	-0.823884	f:	0.0980338
x:	-0.152086	y:	-1.1882	f:	0.0577205

-----  
GENERATION N # 1

MIDDLE = 0.160093

MAXIMUM = 0.221546

x:	-1.2858	y:	-1.0341	f:	0.221546
x:	-2.14558	y:	-0.880575	f:	0.101459
x:	-1.2858	y:	-1.1882	f:	0.219005
x:	-2.1688	y:	-0.880575	f:	0.0983608

-----  
GENERATION N # 2

MIDDLE = 0.220046

MAXIMUM = 0.229052

x:	-0.868215	y:	-1.10793	f:	0.229052
x:	-1.2858	y:	-0.880575	f:	0.215826
x:	-0.868215	y:	-1.23797	f:	0.219481
x:	-1.2858	y:	-0.880575	f:	0.215826

-----  
GENERATION N # 3

MIDDLE = 0.215025

MAXIMUM = 0.232677

x:	-0.868215	y:	-0.880575	f:	0.232677
x:	-0.595444	y:	-0.876693	f:	0.20305
x:	-0.868215	y:	-0.880575	f:	0.232677
x:	-1.49294	y:	-0.876693	f:	0.191696

-----  
GENERATION N # 4

MIDDLE = 0.222536

MAXIMUM = 0.225578

x:	-0.913727	y:	-1.19695	f:	0.225578
x:	-0.868215	y:	-0.876693	f:	0.232557
x:	-0.913727	y:	-0.578039	f:	0.199453
x:	-0.868215	y:	-0.876693	f:	0.232557

-----  
GENERATION N # 5

MIDDLE = 0.231449

MAXIMUM = 0.233842

x:	-0.985704	y:	-0.876693	f:	0.233842
x:	-0.812114	y:	-0.876693	f:	0.229736
x:	-0.985704	y:	-1.18996	f:	0.228459
x:	-0.913727	y:	-0.876693	f:	0.233759

-----  
GENERATION N # 6

MIDDLE = 0.229771

MAXIMUM = 0.227444

x:	-0.985704	y:	-1.20428	f:	0.227444
x:	-0.985704	y:	-1.0601	f:	0.234956
x:	-0.985704	y:	-0.876693	f:	0.233842
x:	-0.763322	y:	-1.0601	f:	0.222842

---

GENERATION N # 7

MIDDLE = 0.232214

MAXIMUM = 0.232535

x:	-0.985704	y:	-1.12137	f:	0.232535
x:	-0.985704	y:	-1.04091	f:	0.235454
x:	-0.985704	y:	-1.0601	f:	0.234956
x:	-0.785002	y:	-1.04091	f:	0.225911

---

GENERATION N # 8

MIDDLE = 0.22518

MAXIMUM = 0.22312

x:	-1.10014	y:	-1.26405	f:	0.22312
x:	-0.985704	y:	-1.04091	f:	0.235454
x:	-1.10014	y:	-1.04091	f:	0.233483
x:	-0.651734	y:	-1.04091	f:	0.208665

---

GENERATION N # 9

MIDDLE = 0.214263

MAXIMUM = 0.233483

x:	-1.10014	y:	-1.04091	f:	0.233483
x:	-0.594726	y:	-0.977367	f:	0.201169
x:	-1.10014	y:	-1.04091	f:	0.233483
x:	-1.55976	y:	-0.977367	f:	0.188915

---

GENERATION N # 10

MIDDLE = 0.23424

MAXIMUM = 0.235077

x:	-1.05532	y:	-1.01675	f:	0.235077
x:	-1.10014	y:	-0.977367	f:	0.233415
x:	-1.05532	y:	-1.02007	f:	0.235053
x:	-1.10014	y:	-0.977367	f:	0.233415

---

GENERATION N # 11

MIDDLE = 0.220577

MAXIMUM = 0.230034

x:	-1.05532	y:	-1.16995	f:	0.230034
x:	-1.05532	y:	-1.00005	f:	0.235131
x:	-1.05532	y:	-0.977367	f:	0.235032
x:	-1.61733	y:	-1.00005	f:	0.182108

---

GENERATION N # 12

MIDDLE = 0.220458

MAXIMUM = 0.235131

x:	-1.05532	y:	-1.00005	f:	0.235131
x:	-1.26349	y:	-1.16093	f:	0.221645
x:	-1.05532	y:	-1.53503	f:	0.194518
x:	-1.05532	y:	-1.16093	f:	0.230537

---

GENERATION N # 13

MIDDLE = 0.230345

MAXIMUM = 0.230537

x:	-1.05532	y:	-1.16093	f:	0.230537
x:	-1.1619	y:	-1.03741	f:	0.230604
x:	-1.05532	y:	-1.16093	f:	0.230537
x:	-1.17728	y:	-1.03741	f:	0.229701

---

GENERATION N # 14

MIDDLE = 0.229624

MAXIMUM = 0.227058

x:	-1.05532	y:	-1.21678	f:	0.227058
x:	-1.05532	y:	-0.956186	f:	0.234755
x:	-1.05532	y:	-1.03741	f:	0.234864
x:	-1.26342	y:	-0.956186	f:	0.221821

GENERATION N # 15

MIDDLE = 0.212072

MAXIMUM = 0.234755

x:	-1.05532	y:	-0.956186	f:	0.234755
x:	-1.49974	y:	-1.34129	f:	0.192406
x:	-1.05532	y:	-0.956186	f:	0.234755
x:	-1.55735	y:	-1.34129	f:	0.186374

GENERATION N # 16

MIDDLE = 0.20101

MAXIMUM = 0.216533

x:	-1.05532	y:	-1.34129	f:	0.216533
x:	-1.52047	y:	-1.38937	f:	0.187392
x:	-1.05532	y:	-1.34129	f:	0.216533
x:	-1.55786	y:	-1.38937	f:	0.183583

GENERATION N # 17

MIDDLE = 0.226903

MAXIMUM = 0.230817

x:	-1.05532	y:	-0.85551	f:	0.230817
x:	-1.05532	y:	-0.876223	f:	0.231996
x:	-1.05532	y:	-1.38937	f:	0.211614
x:	-0.888223	y:	-0.876223	f:	0.233185

GENERATION N # 18

MIDDLE = 0.213967

MAXIMUM = 0.231996

x:	-1.05532	y:	-0.876223	f:	0.231996
x:	-1.30747	y:	-0.883636	f:	0.213851
x:	-1.05532	y:	-0.876223	f:	0.231996
x:	-0.482082	y:	-0.883636	f:	0.178026

GENERATION N # 19

MIDDLE = 0.210219

MAXIMUM = 0.2003

x:	-0.888992	y:	-0.581136	f:	0.2003
x:	-1.05532	y:	-0.883636	f:	0.23237
x:	-0.888992	y:	-0.883636	f:	0.233449
x:	-0.469448	y:	-0.883636	f:	0.174757

GENERATION N # 20

MIDDLE = 0.234134

MAXIMUM = 0.233449

x:	-0.888992	y:	-0.883636	f:	0.233449
x:	-0.906647	y:	-0.959268	f:	0.235115
x:	-0.888992	y:	-1.03101	f:	0.23343
x:	-0.888992	y:	-0.959268	f:	0.234541

GENERATION N # 21

MIDDLE = 0.225491

MAXIMUM = 0.217535  
 x: -1.26719 y: -1.24514 f: 0.217535  
 x: -0.888992 y: -0.959268 f: 0.234541  
 x: -1.26719 y: -1.28087 f: 0.215344  
 x: -0.888992 y: -0.959268 f: 0.234541

-----  
 GENERATION N # 22  
 MIDDLE = 0.22598  
 MAXIMUM = 0.234504  
 x: -0.887989 y: -0.959268 f: 0.234504  
 x: -0.872974 y: -0.959268 f: 0.233897  
 x: -0.887989 y: -1.30955 f: 0.213927  
 x: -1.26719 y: -0.959268 f: 0.221591

-----  
 GENERATION N # 23  
 MIDDLE = 0.200714  
 MAXIMUM = 0.223424  
 x: -1.24626 y: -0.959268 f: 0.223424  
 x: -0.528827 y: -0.959268 f: 0.18778  
 x: -1.24626 y: -0.479649 f: 0.157148  
 x: -0.887989 y: -0.959268 f: 0.234504

-----  
 GENERATION N # 24  
 MIDDLE = 0.226189  
 MAXIMUM = 0.233085  
 x: -1.10066 y: -0.959268 f: 0.233085  
 x: -1.12355 y: -0.959268 f: 0.231964  
 x: -1.10066 y: -0.727252 f: 0.216283  
 x: -1.24626 y: -0.959268 f: 0.223424

-----  
 GENERATION N # 25  
 MIDDLE = 0.222356  
 MAXIMUM = 0.221034  
 x: -1.10066 y: -0.7675 f: 0.221034  
 x: -1.10066 y: -1.14434 f: 0.230522  
 x: -1.10066 y: -0.959268 f: 0.233085  
 x: -1.45063 y: -1.14434 f: 0.204781

-----  
 GENERATION N # 26  
 MIDDLE = 0.227814  
 MAXIMUM = 0.228344  
 x: -1.10066 y: -1.18674 f: 0.228344  
 x: -1.10066 y: -0.860191 f: 0.228955  
 x: -1.10066 y: -1.14434 f: 0.230522  
 x: -1.18395 y: -0.860191 f: 0.223435

-----  
 GENERATION N # 27  
 MIDDLE = 0.225983  
 MAXIMUM = 0.228955  
 x: -1.10066 y: -0.860191 f: 0.228955  
 x: -1.13418 y: -1.14899 f: 0.22924  
 x: -1.10066 y: -1.35215 f: 0.215429  
 x: -1.10066 y: -1.14899 f: 0.230309

-----  
 GENERATION N # 28  
 MIDDLE = 0.228844  
 MAXIMUM = 0.230309  
 x: -1.10066 y: -1.14899 f: 0.230309

x:	-1.05584	y:	-0.935896	f:	0.234299
x:	-1.10066	y:	-1.32161	f:	0.218279
x:	-1.10066	y:	-0.935896	f:	0.23249

-----

GENERATION N # 29  
MIDDLE = 0.224849  
MAXIMUM = 0.23249

x:	-1.10066	y:	-0.935896	f:	0.23249
x:	-1.24177	y:	-0.867768	f:	0.219108
x:	-1.10066	y:	-0.935896	f:	0.23249
x:	-1.28198	y:	-0.867768	f:	0.215307

-----

GENERATION N # 30  
MIDDLE = 0.20682  
MAXIMUM = 0.23359

x:	-0.928873	y:	-0.867768	f:	0.23359
x:	-1.48817	y:	-0.867768	f:	0.19162
x:	-0.928873	y:	-0.464589	f:	0.172645
x:	-1.10066	y:	-0.867768	f:	0.229423

-----

GENERATION N # 31  
MIDDLE = 0.233569  
MAXIMUM = 0.23359

x:	-0.928873	y:	-0.867768	f:	0.23359
x:	-0.911059	y:	-0.967265	f:	0.235231
x:	-0.928873	y:	-0.867768	f:	0.23359
x:	-0.835728	y:	-0.967265	f:	0.231864

-----

GENERATION N # 32  
MIDDLE = 0.213876  
MAXIMUM = 0.235651

x:	-0.928873	y:	-0.967265	f:	0.235651
x:	-1.29391	y:	-0.748045	f:	0.202333
x:	-0.928873	y:	-1.51277	f:	0.192615
x:	-0.928873	y:	-0.748045	f:	0.224907

-----

GENERATION N # 33  
MIDDLE = 0.204556  
MAXIMUM = 0.214009

x:	-0.928873	y:	-1.33164	f:	0.214009
x:	-0.928873	y:	-1.13567	f:	0.230388
x:	-0.928873	y:	-0.748045	f:	0.224907
x:	-0.41644	y:	-1.13567	f:	0.14892

-----

GENERATION N # 34  
MIDDLE = 0.23228  
MAXIMUM = 0.233983

x:	-0.928873	y:	-1.05943	f:	0.233983
x:	-0.928873	y:	-0.95699	f:	0.235635
x:	-0.928873	y:	-1.13567	f:	0.230388
x:	-0.795919	y:	-0.95699	f:	0.229113

-----

GENERATION N # 35  
MIDDLE = 0.225555  
MAXIMUM = 0.222698

x:	-1.1157	y:	-1.26592	f:	0.222698
x:	-0.928873	y:	-0.95699	f:	0.235635
x:	-1.1157	y:	-0.95699	f:	0.232315

x: -0.650016 y: -0.95699 f: 0.211571

-----  
GENERATION N # 36

MIDDLE = 0.211074

MAXIMUM = 0.21065

x: -0.688792 y: -0.723952 f: 0.21065

x: -1.1157 y: -0.95699 f: 0.232315

x: -0.688792 y: -0.95699 f: 0.217375

x: -1.5897 y: -0.95699 f: 0.183957

-----  
GENERATION N # 37

MIDDLE = 0.228088

MAXIMUM = 0.236033

x: -0.981894 y: -0.95699 f: 0.236033

x: -0.905097 y: -0.95699 f: 0.235069

x: -0.981894 y: -1.24868 f: 0.223875

x: -0.688792 y: -0.95699 f: 0.217375

-----  
GENERATION N # 38

MIDDLE = 0.223676

MAXIMUM = 0.222966

x: -0.968736 y: -0.734939 f: 0.222966

x: -0.981894 y: -0.95699 f: 0.236033

x: -0.968736 y: -0.58563 f: 0.199674

x: -0.981894 y: -0.95699 f: 0.236033

-----  
GENERATION N # 39

MIDDLE = 0.216043

MAXIMUM = 0.236041

x: -0.968736 y: -0.95699 f: 0.236041

x: -0.629847 y: -0.738162 f: 0.204147

x: -0.968736 y: -1.46493 f: 0.200652

x: -0.968736 y: -0.738162 f: 0.223332

-----  
GENERATION N # 40

MIDDLE = 0.226969

MAXIMUM = 0.223332

x: -0.968736 y: -0.738162 f: 0.223332

x: -0.851484 y: -0.830206 f: 0.229975

x: -0.968736 y: -0.738162 f: 0.223332

x: -0.985998 y: -0.830206 f: 0.231236

-----  
GENERATION N # 41

MIDDLE = 0.225153

MAXIMUM = 0.231494

x: -0.968736 y: -0.830206 f: 0.231494

x: -1.01859 y: -1.03119 f: 0.235546

x: -0.968736 y: -1.48614 f: 0.198025

x: -0.968736 y: -1.03119 f: 0.235547

-----  
GENERATION N # 42

MIDDLE = 0.235915

MAXIMUM = 0.235977

x: -0.968736 y: -0.950206 f: 0.235977

x: -0.968736 y: -0.960277 f: 0.236065

x: -0.968736 y: -1.03119 f: 0.235547

x: -0.977172 y: -0.960277 f: 0.236071



-----  
GENERATION N # 43

MIDDLE = 0.230518

MAXIMUM = 0.235956

x:	-0.950547	y:	-0.960277	f:	0.235956
x:	-1.21939	y:	-0.960277	f:	0.225658
x:	-0.950547	y:	-1.23109	f:	0.224394
x:	-0.968736	y:	-0.960277	f:	0.236065

-----  
GENERATION N # 44

MIDDLE = 0.224384

MAXIMUM = 0.235956

x:	-0.950547	y:	-0.960277	f:	0.235956
x:	-1.26999	y:	-1.01033	f:	0.222635
x:	-0.950547	y:	-0.960277	f:	0.235956
x:	-1.45783	y:	-1.01033	f:	0.202992

-----  
GENERATION N # 45

MIDDLE = 0.205314

MAXIMUM = 0.177417

x:	-0.73267	y:	-1.49028	f:	0.177417
x:	-0.950547	y:	-1.01033	f:	0.235693
x:	-0.73267	y:	-1.01033	f:	0.221509
x:	-0.532603	y:	-1.01033	f:	0.186636

-----  
GENERATION N # 46

MIDDLE = 0.223201

MAXIMUM = 0.232548

x:	-0.860127	y:	-1.01033	f:	0.232548
x:	-1.33373	y:	-1.01033	f:	0.216686
x:	-0.860127	y:	-1.20115	f:	0.222062
x:	-0.73267	y:	-1.01033	f:	0.221509

-----  
GENERATION N # 47

MIDDLE = 0.224307

MAXIMUM = 0.222616

x:	-0.907889	y:	-0.726636	f:	0.222616
x:	-0.860127	y:	-1.01033	f:	0.232548
x:	-0.907889	y:	-0.6327	f:	0.209517
x:	-0.860127	y:	-1.01033	f:	0.232548

-----  
GENERATION N # 48

MIDDLE = 0.235187

MAXIMUM = 0.235526

x:	-1.01545	y:	-0.945418	f:	0.235526
x:	-0.907889	y:	-1.01033	f:	0.234661
x:	-1.01545	y:	-0.995993	f:	0.235903
x:	-0.907889	y:	-1.01033	f:	0.234661

-----  
GENERATION N # 49

MIDDLE = 0.213646

MAXIMUM = 0.211488

x:	-1.01545	y:	-0.661815	f:	0.211488
x:	-1.01545	y:	-0.790506	f:	0.22737
x:	-1.01545	y:	-1.01033	f:	0.235826
x:	-1.52357	y:	-0.790506	f:	0.179901

## **ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Исходный код**

Ссылка на git-репозиторий: [https://github.com/Kulikova-A18/TSiSa\\_lab\\_2](https://github.com/Kulikova-A18/TSiSa_lab_2)