3.1.2. Множество Мандельброта

Алгоритм выполняет вычисление множества Мандельброта с использованием многопоточности для повышения производительности. Он разделен на несколько этапов:

1. **Инициализация данных**:
    - Программа принимает два аргумента: количество потоков (`nthreads`) и количество точек (`npoints`) по каждой оси комплексной плоскости.
    - Также задаются границы области комплексной плоскости, в пределах которой будет вычисляться множество Мандельброта: от `min_real` до `max_real` по оси действительных чисел и от `min_imag` до `max_imag` по оси мнимых чисел.
2. **Подготовка к многопоточному выполнению**:
    - Массив `result` используется для хранения результатов проверки принадлежности каждой точки множеству Мандельброта. Для каждой точки хранится логическое значение (принадлежит или нет).
    - Программа делит все точки на участки, которые будут обрабатываться параллельно в каждом потоке. Каждому потоку назначается определенный диапазон точек для обработки.
    - Каждый поток получает объект структуры `ThreadData`, содержащий параметры для вычислений: границы диапазона точек, параметры плоскости, максимальное количество итераций для проверки принадлежности множеству и указатель на общий массив результатов.
3. **Вычисления в потоках**:
    - Каждый поток вычисляет, принадлежат ли назначенные ему точки множеству Мандельброта. Для каждой точки координаты преобразуются в соответствующие действительное и мнимое число.

- Функция `is_in_mandelbrot` проводит итеративное вычисление для каждой точки на основе рекуррентного соотношения.
- Если после определенного количества итераций (максимум — 1000) модуль комплексного числа не превышает 2, точка считается принадлежащей множеству.

4. **Запись результатов**:
   - После завершения вычислений все потоки завершаются, и программа объединяет результаты.
   - Результаты (координаты точек, принадлежащих множеству) записываются в CSV-файл.
   - Также время выполнения алгоритма и ключевые параметры (количество потоков, количество точек) записываются в текстовый файл с форматированием: каждая запись включает три значения (количество потоков, количество точек и время выполнения), записанных через запятую.
5. **Измерение времени**:
   - Время выполнения программы измеряется с использованием встроенного таймера (`GET_TIME`), чтобы оценить эффективность параллельного вычисления и производительность системы при изменении числа потоков и количества точек.

Оценка времени и эффективности работы

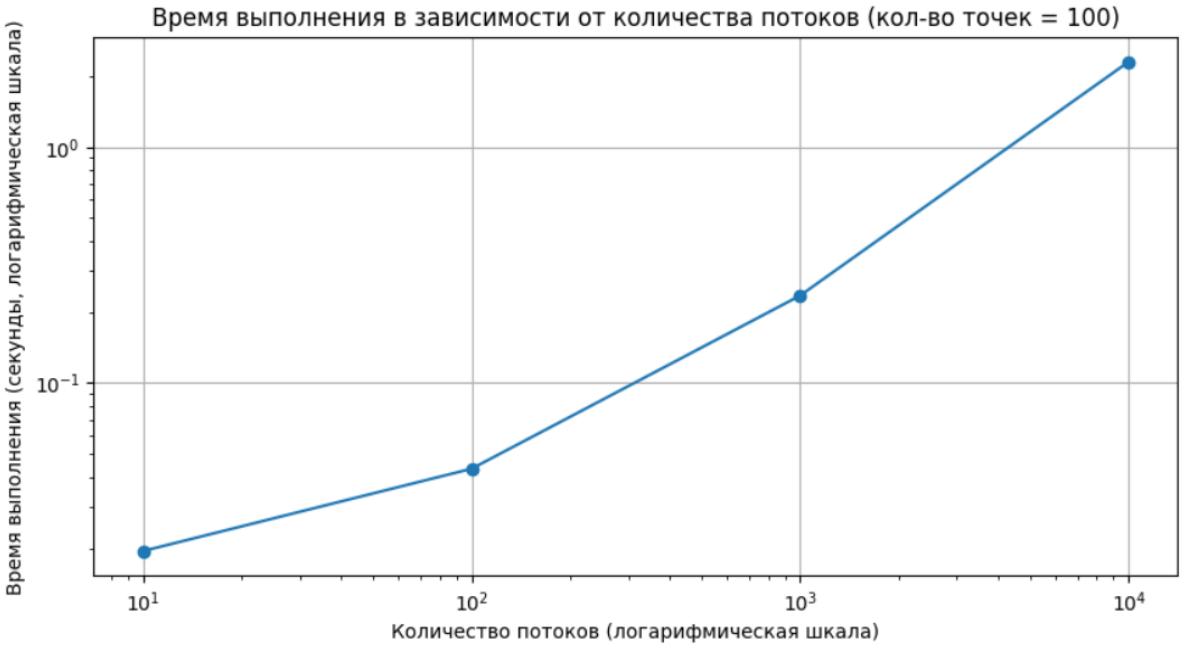
После неоднократного запуска программы с различными значениями у меня получились следующие результаты:

Кол-во потоков, кол-во точек, время выполнения программы

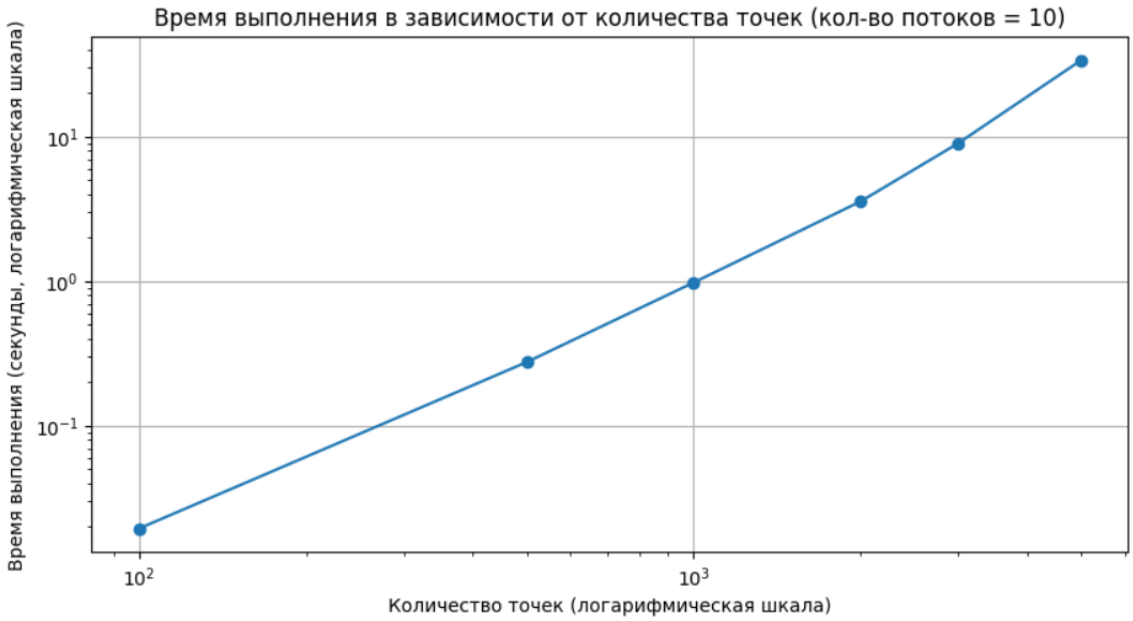
10,100,0.019438
100,100,0.043376
1000,100,0.234723
10000,100,2.295463
10,500,0.275231
10,1000,0.978109
10,2000,3.560509

10,3000,8.997245
10,5000,33.814126

```
import matplotlib.pyplot as plt

# Данные для графика 1: Влияние количества потоков на время выпо
num_threads = [10, 100, 1000, 10000]
execution_times_threads = [0.019438, 0.043376, 0.234723, 2.2954(

plt.figure(figsize=(10, 5))
plt.plot(num_threads, execution_times_threads, marker='o')
plt.xscale('log')
plt.yscale('log')
plt.title('Время выполнения в зависимости от количества потоков
plt.xlabel('Количество потоков (логарифмическая шкала)')
plt.ylabel('Время выполнения (секунды, логарифмическая шкала)')
plt.grid(True)
plt.show()

# Данные для графика 2: Влияние количества точек на время выполн
num_points = [100, 500, 1000, 2000, 3000, 5000]
execution_times_points = [0.019438, 0.275231, 0.978109, 3.560509

plt.figure(figsize=(10, 5))
plt.plot(num_points, execution_times_points, marker='o')
plt.xscale('log')
plt.yscale('log')
plt.title('Время выполнения в зависимости от количества точек (л
plt.xlabel('Количество точек (логарифмическая шкала)')
plt.ylabel('Время выполнения (секунды, логарифмическая шкала)')
plt.grid(True)
plt.show()
```



Как видно из графика, время выполнения растет с увеличением числа потоков. Это вполне логично и связано с накладными расходами на создание потоков, синхронизацией между ними и эффективностью использования ресурсов.



Из графика видно, что при увеличении количества точек время выполнения также растет, так как каждый поток обрабатывает больше данных, а вычисления становятся более ресурсоемкими.

Выводы

При увеличении количества потоков от 10 до 10,000 время выполнения программы возрастает не линейно. Наименьшее время выполнения наблюдается при 10 потоках, после чего время начинает расти с увеличением числа потоков. Это связано с накладными расходами на управление потоками и синхронизацию, что приводит к неэффективному использованию ресурсов процессора при высоком числе потоков.

При фиксированном количестве потоков (10) время выполнения значительно возрастает с увеличением количества точек. Эта зависимость также нелинейна: время выполнения увеличивается значительно быстрее при больших значениях точек. Это указывает на то, что алгоритм становится более затратным по времени, когда требуется обработать большее количество точек для вычисления множества Мандельброта.