EcoLab1

Создание компонента, реализующего алгоритм **«Timsort»**

Выполнил

Семенов Никита

21ПИ-2

Нижний Новгород

2024

Оглавление

[Описание алгоритма 3](#_Toc160367928)

[Псевдокод 4](#_Toc160367929)

[Оценка сложности 5](#_Toc160367930)

[Общий анализ 5](#_Toc160367931)

[Лучший случай 5](#_Toc160367932)

[Средний и худший случай 5](#_Toc160367933)

[Выводы 5](#_Toc160367934)

[Результаты тестирования 6](#_Toc160367935)

[Случайные числа типа **int** 6](#_Toc160367936)

[Случайные числа типа **float** 7](#_Toc160367937)

[Случайные числа типа **double** 8](#_Toc160367938)

[Случайные значения типа **char** 9](#_Toc160367939)

[Случайные значения типа **string** 10](#_Toc160367940)

[Выводы 10](#_Toc160367941)

# Описание алгоритма

**Timsort** – это алгоритм сортировки, объединяющий в себе идеи сортировок слиянием и вставками. Он был разработан ***Тимом Петерсом*** для использования в языке программирования Python и широко применяется в различных языках программирования и библиотеках.

Среднее время работы **Timsort** также составляет ***O(n\*log(n))***, что делает его асимптотически оптимальным для алгоритма, основанного на сравнении. Хотя в худшем случае его время работы может быть ***O(n\*log(n))***, на практике **Timsort** проявляет высокую производительность благодаря использованию эффективных оптимизаций.

Принцип работы **Timsort** можно описать как комбинацию двух подходов:

* Сначала массив разбивается на подмассивы минимальной длины, которые затем сортируются с использованием сортировки вставками. Этот этап позволяет эффективно обрабатывать части массива, где элементов немного или массив уже частично отсортирован.
* Затем отсортированные подмассивы объединяются с использованием сортировки слиянием. Этот этап гарантирует стабильность сортировки и эффективно обрабатывает случаи, когда в массиве есть большие участки упорядоченных данных.

Подобно быстрой сортировке, **Timsort** работает по принципу **«разделяй и властвуй»**, что позволяет ему эффективно справляться с различными типами входных данных.

# Псевдокод

void Timsort (array[size], minrun)

    for (i = 0; i < size; i += minrun)

        insertionSort(array[size], i, min((i + minrun - 1), (size - 1)));

    for (i = run; i < size; i = 2 \* i)

        for (left; left < size; left += 2 \* i)

            mid = left + i - 1;

            right = min((left + 2 \* i - 1), (size - 1));

            if (mid < right)

                merge(array[size], left, mid, right);

# Оценка сложности

## Общий анализ

**Timsort** имеет несколько этапов, включающих определение границ блоков данных, сортировку этих блоков и их объединение для получения окончательного отсортированного массива. При этом используется комбинация различных техник сортировки, чтобы достичь оптимальной производительности.

Временная сложность алгоритма **timsort** зависит от нескольких факторов, таких как размер входного массива, его степени уже отсортированности и наличия повторяющихся значений. Худший случай возникает, когда входной массив отсортирован в обратном порядке или содержит большое количество повторяющихся элементов.

## Лучший случай

В лучшем случае, когда входной массив уже отсортирован, временная сложность **timsort** составляет **O(n)**, где **n** — количество элементов в массиве. Это объясняется тем, что алгоритм использует сортировку вставками для блоков данных, которые уже находятся в нужном порядке.

## Средний и худший случай

Средний случай и худший случай временной сложности **timsort** составляют ***O(n\*log(n))***, где n — количество элементов в массиве. Этот результат достигается благодаря сортировке слиянием, которая эффективна на больших и неотсортированных массивах данных.

## Выводы

Алгоритм **timsort** обеспечивает хорошую производительность и стабильность в большинстве случаев. Однако, в некоторых ситуациях, реализация **timsort** может потребовать дополнительной памяти для хранения временных переменных и структур данных. Это следует учитывать при выборе алгоритма сортировки для конкретной задачи.

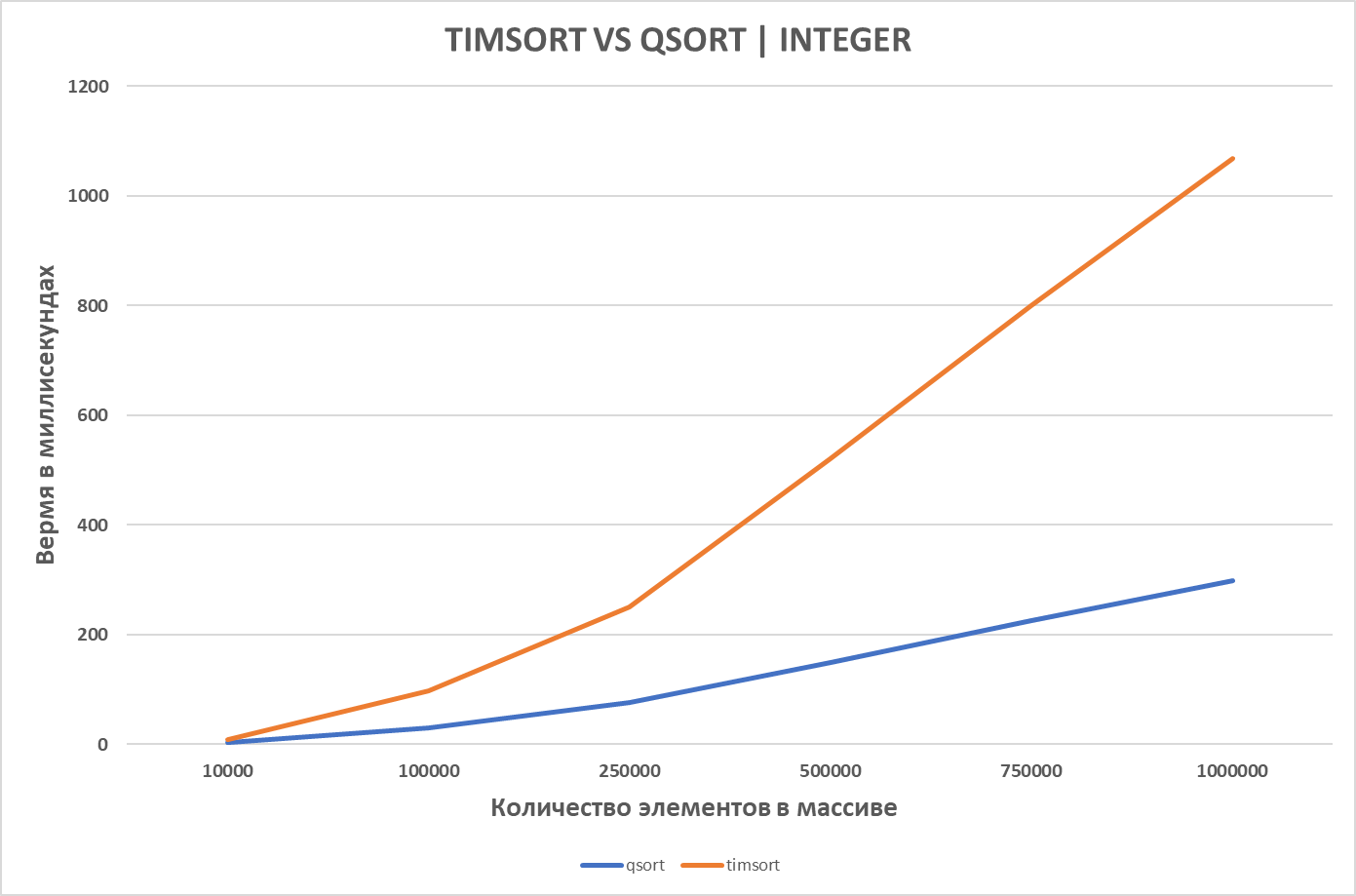
# Результаты тестирования

Было проведено тестирование алгоритма с различными входными данными: случайные числа типа **int**, случайные числа типа **float**, случайные числа типа **double**, случайные значения типа **char**, случайные значения типа **string**. Размеры сортируемых массивов варьировались от 10.000 элементов до 1.000.000 элементов.

Результаты тестирования приведены ниже:

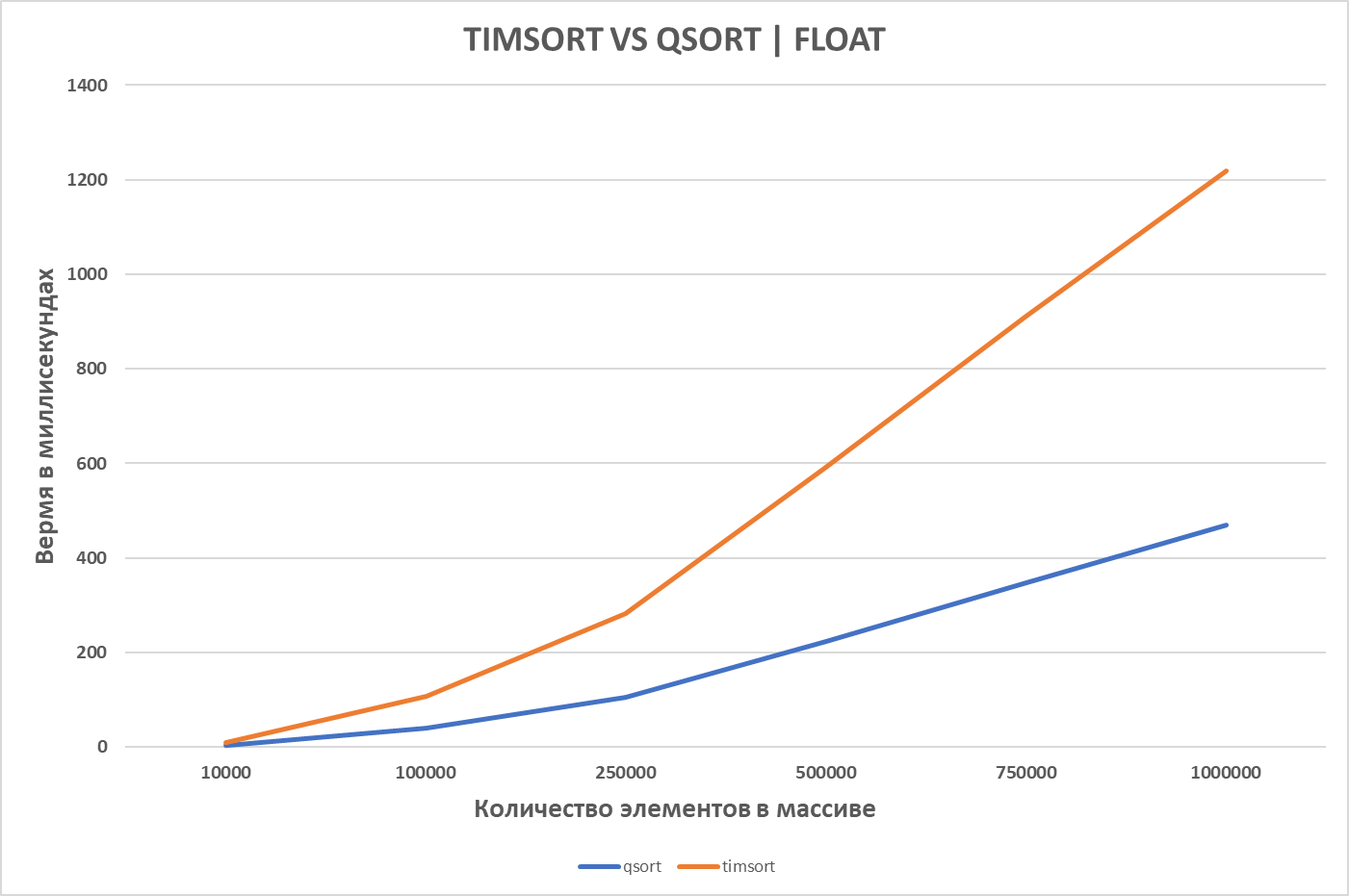
## Случайные числа типа **int**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Время работы | | |
| **Алгоритм** | **Количество элементов массива** | **Время, миллисекунды** |
| qsort | 10000 | 3 |
| 100000 | 30 |
| 250000 | 77 |
| 500000 | 150 |
| 750000 | 226 |
| 1000000 | 298 |
| timsort | 10000 | 9 |
| 100000 | 98 |
| 250000 | 250 |
| 500000 | 521 |
| 750000 | 800 |
| 1000000 | 1068 |



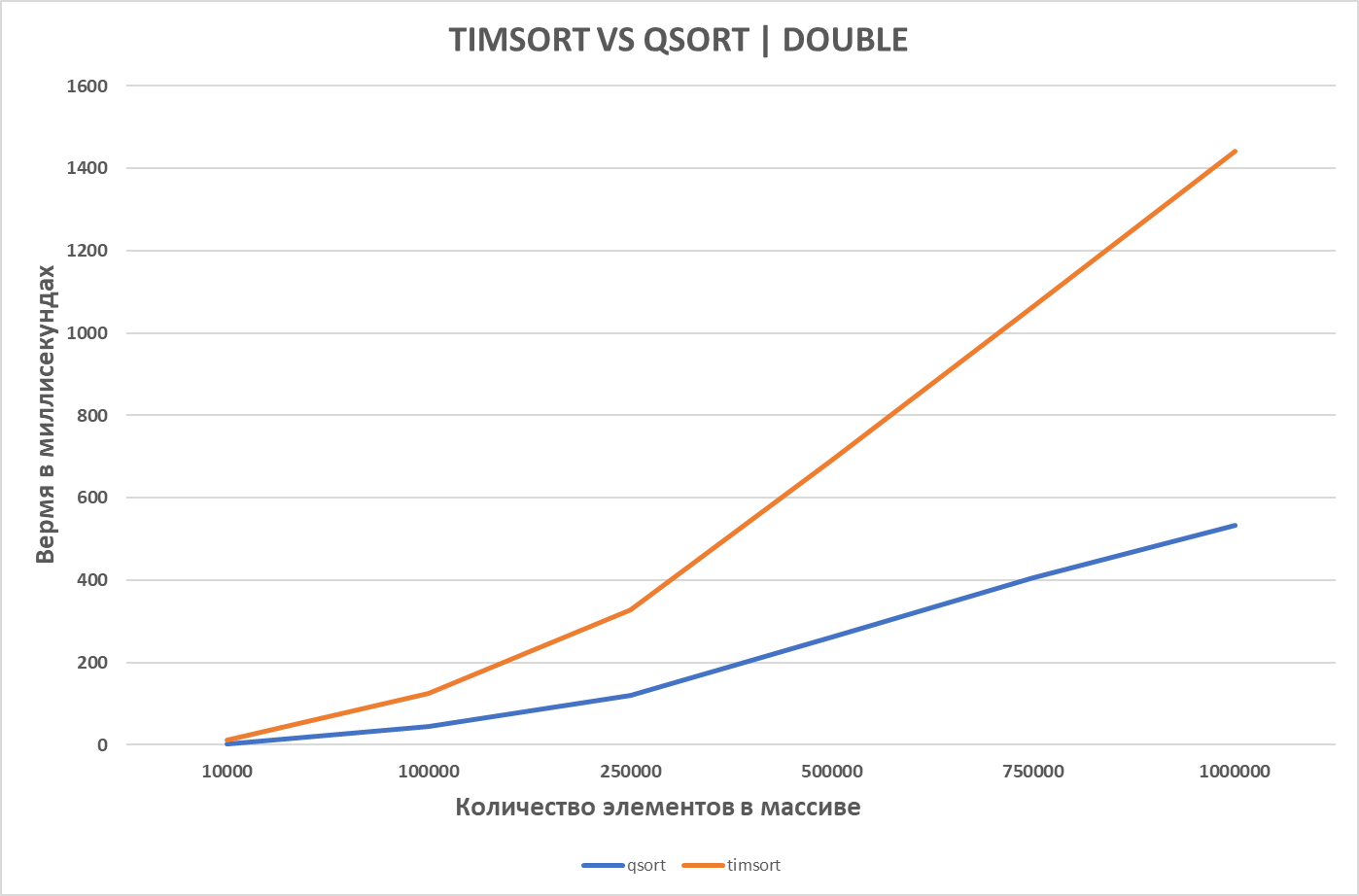
## Случайные числа типа **float**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Время работы | | |
| **Алгоритм** | **Количество элементов массива** | **Время, миллисекунды** |
| qsort | 10000 | 3 |
| 100000 | 41 |
| 250000 | 105 |
| 500000 | 224 |
| 750000 | 348 |
| 1000000 | 469 |
| timsort | 10000 | 9 |
| 100000 | 107 |
| 250000 | 282 |
| 500000 | 592 |
| 750000 | 912 |
| 1000000 | 1219 |



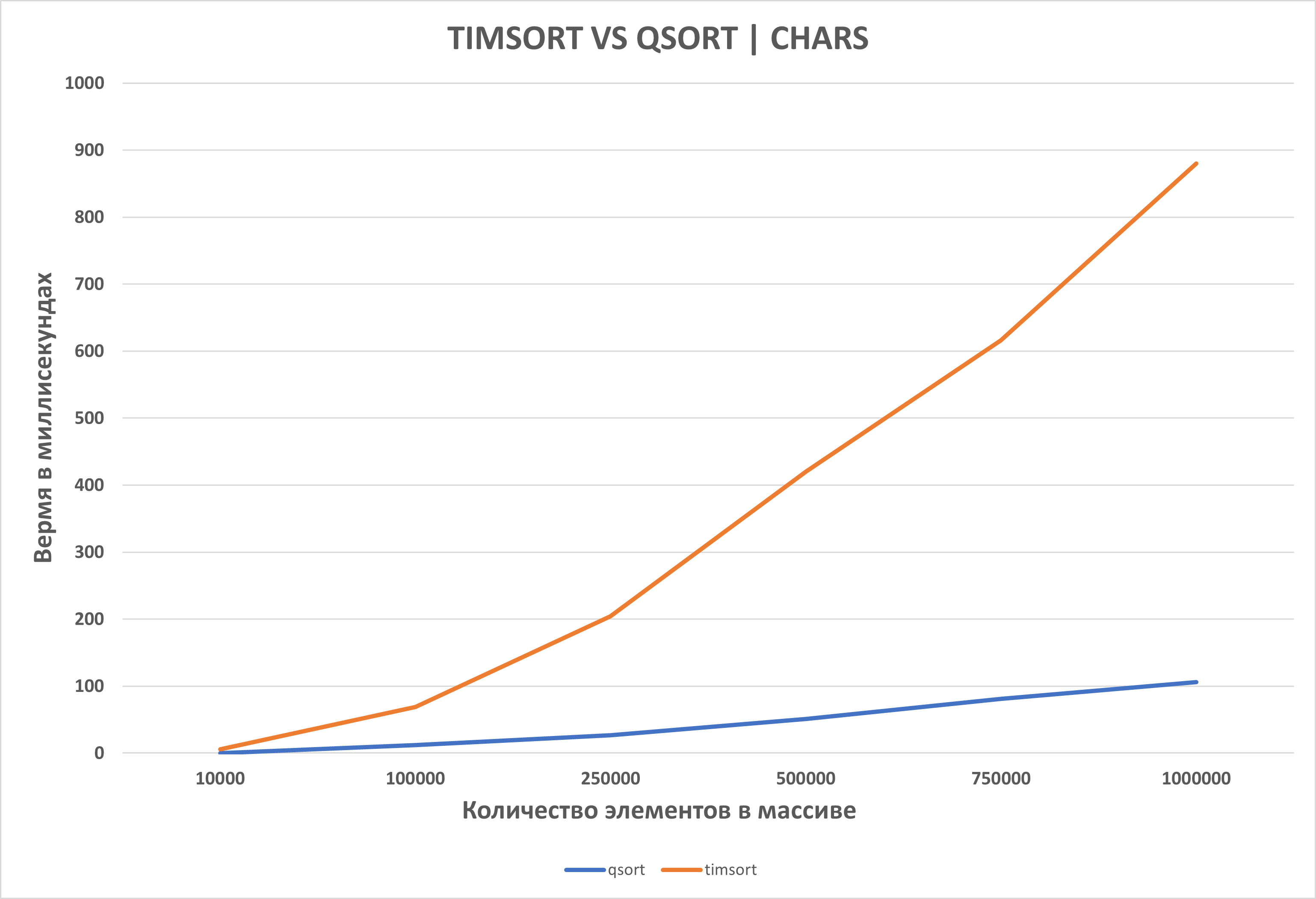
## Случайные числа типа **double**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Время работы | | |
| **Алгоритм** | **Количество элементов массива** | **Время, миллисекунды** |
| qsort | 10000 | 3 |
| 100000 | 45 |
| 250000 | 121 |
| 500000 | 261 |
| 750000 | 406 |
| 1000000 | 534 |
| timsort | 10000 | 11 |
| 100000 | 126 |
| 250000 | 328 |
| 500000 | 691 |
| 750000 | 1065 |
| 1000000 | 1442 |



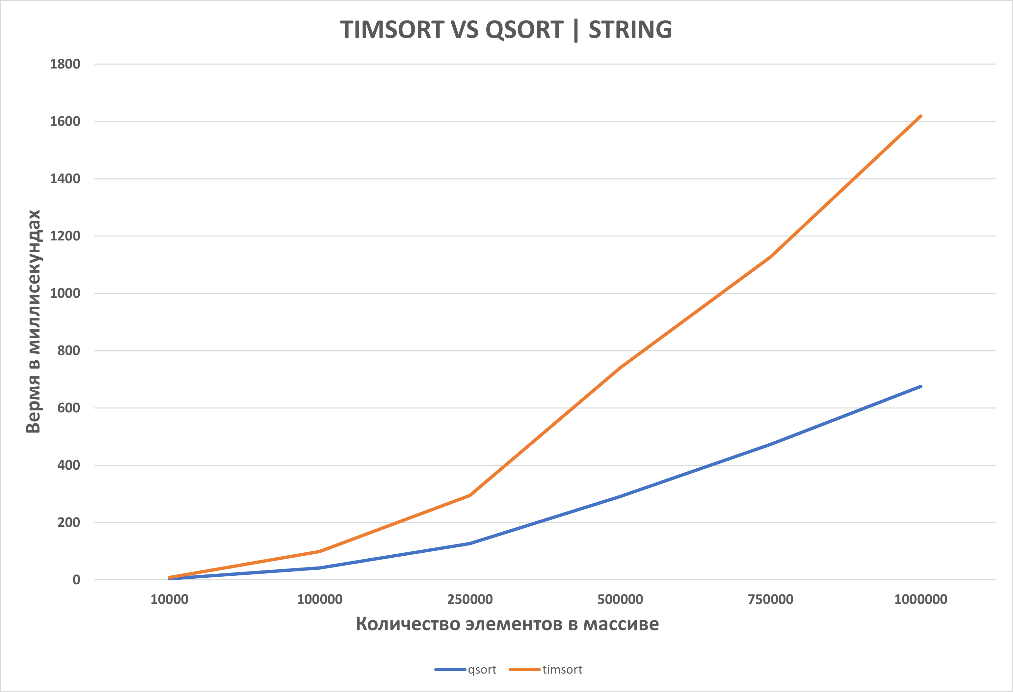
## Случайные значения типа **char**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Время работы | | |
| **Алгоритм** | **Количество элементов массива** | **Время, миллисекунды** |
| qsort | 10000 | 0 |
| 100000 | 12 |
| 250000 | 27 |
| 500000 | 51 |
| 750000 | 81 |
| 1000000 | 106 |
| timsort | 10000 | 6 |
| 100000 | 69 |
| 250000 | 204 |
| 500000 | 420 |
| 750000 | 616 |
| 1000000 | 880 |



## Случайные значения типа **string**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Время работы | | |
| **Алгоритм** | **Количество элементов массива** | **Время, миллисекунды** |
| qsort | 10000 | 4 |
| 100000 | 42 |
| 250000 | 126 |
| 500000 | 291 |
| 750000 | 472 |
| 1000000 | 675 |
| timsort | 10000 | 8 |
| 100000 | 99 |
| 250000 | 294 |
| 500000 | 740 |
| 750000 | 1127 |
| 1000000 | 1619 |



## Выводы

Из приведенных выше данных можно сделать вывод, что время работы сортировки напрямую зависит от входных данных. В целом, моя реализация алгоритма **Timsort** уступает в скорости стандартной функции сортировки **qsort** из **stdlib** примерно в **3 – 4** раза, однако все ровно показывает хорошие результаты на всех типах входных данных. Худший результат обе функции показали на входных данных типа string, тогда как лучший достигнут при тестировании на типе данных char. Это связано с тем, что тип **string** занимает наибольшее количество байт памяти, в то время как тип **char** ― наименьшее.

# Визуализация

Для визуализации работы сортировки было создано несколько обратных вызовов:

**OnMinRunCalculated** вызывается при окончании подсчета переменной MinRun, необходимой для оптимизации работы TimSort.

int16\_t (ECOCALLMETHOD \*OnMinRunCalculated)(struct IEcoLab1Events\* me, int minRun);

**OnInsertionSortCalled** вызывается при начале сортировки вставками и выводит состояния массива до начала сортировки.

int16\_t (ECOCALLMETHOD \*OnInsertionSortCalled)(struct IEcoLab1Events\* me, const void \*startPtr, size\_t elem\_count);

**OnInsetionSortIteration** вызывается на каждом шаге сортировки вставками и наглядно демонстрирует смену элементов в массиве во время сортировки.

int16\_t (ECOCALLMETHOD \*OnInsertionSortIteration)(struct IEcoLab1Events\* me, const void \*startPtr, size\_t elem\_count, int leftIdx, int rightIdx);

**OnInsertionSortEnded** вызывается при окончании сортировки вставками и выводит результаты сортировки.

int16\_t (ECOCALLMETHOD \*OnInsertionSortEnded)(struct IEcoLab1Events\* me, const void

\*startPtr, size\_t elem\_count);

**OnMergeSortCalled** вызывается при вызове сортировки слиянием и выводит состояние массива непосредственно до самой сортировки.

int16\_t (ECOCALLMETHOD \*OnMergeSortCalled)(struct IEcoLab1Events\* me, const void \*startPtr, size\_t elem\_count);

**OnMergeSortEnded** вызывается при окончании сортировки слиянием и выводит две половины массива, получившиеся в результате сортировки. Первая половина выделяется синим цветом, а вторая – красным.

int16\_t (ECOCALLMETHOD \*OnMergeSortEnded)(struct IEcoLab1Events\* me, const void \*startPtr,

size\_t elem\_count);

Для удобства наблюдения за визуализацией сортировок каждый обратный вызов заканчивается функцией **Sleep**, выжидая определенное время после вывода информации.