

**УДК 519.6**

**Заика И.В., Тюшнякова И.А.**

## **ОБЗОР МЕТОДОВ СОРТИРОВКИ**

*Таганрогский институт имени А.П. Чехова (филиал) ФГБОУ ВО «РГЭУ»  
(РИНХ), Россия, Ростовская область, г. Таганрог, ул. Инициативная д.48,  
347936*

**Zaika I.V., Tjushnyakova I.A.**

## **REVIEW SORTING METHODS**

*Taganrog Institute named after A. P. Chekhov (branch) Rostov State University of  
Economics, Rostov region, Taganrog, Iniziativnaya street, 48, 347936.*

*Аннотация. В работе выполнен обзор известных методов сортировки. Сортировка присутствует практически во всех приложениях операционных систем при обработке больших объемов данных. Сортировка используется при поиске с целью его ускорения, в контексте сортировки рассматриваются многие аспекты программирования. Описание алгоритмов сопровождается примерами, иллюстрирующими их работу. Приводятся оценки временной сложности алгоритмов сортировки, отдельное внимание уделяется аспекту параллелизма и практическому применению сортировок при решении различных математических задач. Все рассмотренные методы сортировки ориентированы на компьютерную реализацию.*

*Ключевые слова: сортировка, временная сложность, параллелизм.*

*Abstract. The paper gives an overview of the known methods of sorting. Sorting present in almost all applications, operating systems to handle large amounts of data. Sorting used when searching in order to accelerate in the context of the sort discussed many aspects of programming. Description of algorithms is accompanied by examples to illustrate their work. Estimations of the time complexity of sorting algorithms, special attention is paid to the aspect of parallelism and the practical*

*application of sorts to solve various mathematical problems. All of the sorting methods are focused on computer implementation.*

*Key words: sorting, time complexity, parallelism.*

### **Вступление.**

Сортировка является одной из основных процедур нечисловой обработки данных, которая используется в задачах, связанных с системами автоматизированного управления и с информационно-поисковыми системами, включая экономику, медицину, систему образования, библиотечное дело и т.д.

Сортировка нужна для того, чтобы обеспечить эффективную обработку (например, поиск) в больших наборах данных; представить массивы данных в форме, удобной для анализа; группировать элементы по некоторому признаку; строить гистограммы распределения данных и др.

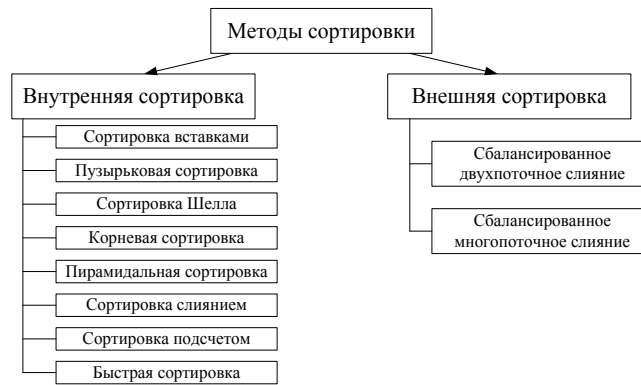
### **Обзор литературы.**

В процессе использования последовательных компьютеров был накоплен и отработан огромный фонд численных методов и программ. Однако оказалось, что современные компьютеры не в состоянии решить за приемлемое время многие задачи, имеющие большой объем вычислений. В данном аспекте целесообразно принять во внимание схемы использования сортировки для приближенных вычислений, рассмотренные в работах [1, 4-7, 14, 15].

### **Основной текст.**

В работе рассмотрены сортировки, выполнение которых позволяет минимизировать количество формул и методов традиционной математики.

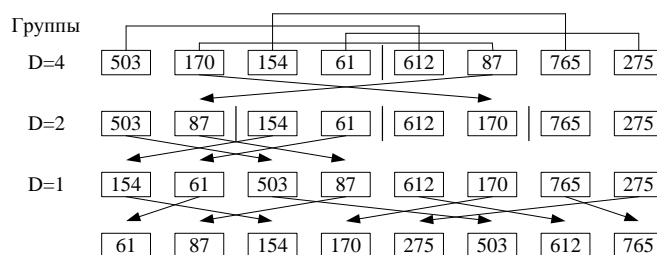
Сортировки делятся на внутренние и внешние. Внутренние сортировки выполняются в оперативной памяти. В процессе внешней сортировки часть файла считывается в основную память, упорядочивается, переписывается на внешние устройства. Классификация основных методов сортировки представлена на рис.1. Временная сложность алгоритмов будет измеряться количеством последовательных шагов их выполнения. В частности, временная сложность последовательной сортировки измеряется числом выполняемых сравнений.



**Рис. 1. Классификация основных методов сортировки**

Временная сложность параллельной сортировки будет оцениваться количеством последовательных сравнений с использованием обозначения,  $T(R)=kt$ , где  $t$  – время бинарного сравнения,  $k$  – количество последовательных сравнений,  $R$  – число процессорных элементов.

Сортировка вставками (включением) [4] (временная сложность –  $T(1)=O(N^2)$ ), где  $O(f)$  – класс функций, растущих не быстрее  $f$ ) сортирует список, вставляя очередной элемент в нужное место уже отсортированного списка. Пузырьковая сортировка ( $T(1)=O(N^2)$ ) сравнивает элементы попарно, переставляя между собой элементы тех пар, порядок в которых нарушен. Сортировка Шелла [14] ( $T(1)=O(N^{1.5})$ ) представляет собой многопроходную сортировку, при которой список разбивается на подспски, каждый из которых сортируется отдельно (сортировкой вставками), причем на каждом проходе число подспсков уменьшается, а их длина растет.



**Рис. 2. Пример сортировки методом Шелла**

При корневой сортировке (поразрядная сортировка,  $T(1)=O(N)$  [1, 14] при условии, что длина ключа невелика по сравнению с числом ключей) список разбивается на стопки, и при каждом проходе используется отдельная часть ключа. Ключевым препятствием в реализации корневой сортировки служит неэффективность по памяти.

Пирамидальная сортировка ( $T(1) = O(N \log_2 N)$ ) строит бинарное дерево, значение каждого узла в котором превышает значение потомков. В результате наибольший элемент списка помещается в корень, при его удалении и выборе очередной пирамиды в корне оказывается следующий по величине элемент.

Сортировку подсчетом ( $T(1) = O(N^2)$ ) можно представить с помощью матрицы сравнений (МС) [6, 13]:

	7	4	8	2	8
7	0	-	+	-	+
4	+	0	+	-	+
8	-	-	0	-	0
2	+	+	+	0	+
8	-	-	0	-	0

Массив  $s$  располагается горизонтально сверху и вертикально слева от МС. Чтобы произвести вставку в отсортированный массив  $j$ -го элемента входного массива, достаточно подсчитать число нулей и плюсов в  $j$ -м столбце над диагональю, включая диагональный элемент, и сложить это число с числом плюсов ниже диагонали. Сумма накапливается в счетчик по  $k$ , значение  $k$  становится адресом вставки, при этом запоминается обратный адрес вставленного элемента.

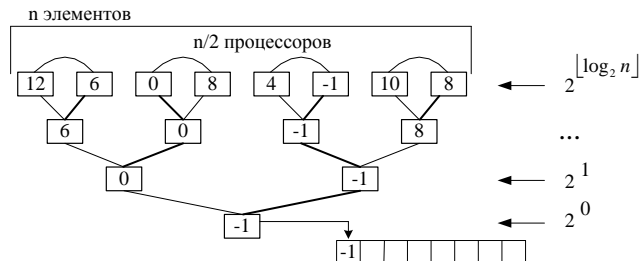
Быстрая сортировка (сортировка Хоара, в наихудшем случае  $T(1) = O(N^2)$ , в среднем случае  $T(1) = O(N \log_2 N)$ ) представляет собой рекурсивный алгоритм, который выбирает в списке осевой элемент, а затем разбивает список на две части, соответственно элементов меньших или больших выбранного.

Исходный список	6	2	4	7	1	3	8	5
Ось в ячейке 6:	5	2	4	1	3	6	8	7
Ось в ячейке 5:	3	2	4	1	5	6	8	7
Ось в ячейке 3:	1	2	3	4	5	6	8	7
Ось в ячейке 1:	1	2	3	4	5	6	8	7
Ось в ячейке 8:	1	2	3	4	5	6	7	8

**Рис. 3. Пример быстрой сортировки**

Касаясь отдельно аспекта параллелизма сортировок, отметим, что среди известных схем выделяются параллельная сортировка Бэтчера [5] ( $T(N) = O(\log_2^2 N)$ ); сортировка на линейных сетях [14, 15] ( $T(N) = O(N)$ ); четно-нечетная сортировка перестановками [1, 5] ( $T(N/2) = O(N)$ ); асинхронная конвейерная сортировка альтернативными вставками [1, 4].

Принцип построения параллельных схем сортировки можно пояснить на схеме известной сортировки деревом (рис.4). Каждый из текущих минимальных элементов можно найти на  $\leq n/2$  процессорах за время  $O(\log_2 n)$ . После  $n$  просеиваний найденных минимумов, получаем отсортированный массив.



**Рис. 4. Пример распараллеливания этапа сортировки деревом**

Немаловажным качеством сортировок является их устойчивость. Сортировка называется устойчивой, если она обладает свойством сохранения порядка записей с одинаковыми ключами [4, 12]. К числу устойчивых относятся, например, сортировка вставками, к числу неустойчивых – корневая, пирамидальная, быстрая. В [6, 8, 9] предложены такие параллельные модификации известных схем сортировок, при которых модифицированные сортировки приобретают устойчивость, включая параллельное видоизменение сортировок подсчетом и слиянием.

Алгоритмы сортировки традиционно применяются в методах поиска, для моделирования операторных схем, находят разнообразное применение в системах программирования, в системах обработки информации, управления базами данных, используются в базовых элементах компьютеров. Применение сортировки для построения схем локализации и устойчивого вычисления нулей полиномов и функций описано в [7, 10]. Схемы применения сортировки распространяются на решение полной проблемы собственных значений [11]. Сортировка используется для решения задач оптимизации функций многих переменных и нелинейных систем уравнений общего вида [3]. На основе алгоритмов сортировки возможна компьютеризация анализа устойчивости по Ляпунову системы обыкновенных дифференциальных уравнений как в случае асимптотической, так и неасимптотической устойчивости [2, 13].

## **Заключение и выводы.**

Сортировка присутствует практически во всех приложениях операционных систем при обработке больших объемов данных. С помощью сортировки решаются задачи «группировки», когда нужно собрать элементы по некоторому признаку. В статье выполнен обзор методов сортировки, указана временная сложность алгоритмов. Все рассмотренные методы сортировки ориентированы на компьютерную реализацию и актуальны для решения научно-технических задач в различных областях.

### Литература:

1. Вирт Н. Алгоритмы и структуры данных. – М. Мир, 1989. – 352 с.
2. Заика И.В., Ромм Я.Е. Численное решение нелинейных систем уравнений общего вида на основе алгоритмов сортировки // В сборнике: Научные исследования в современном мире, Материалы Международной (заочной) научно-практической конференции . НИЦ «Наука и образование» ; под общей редакцией Д.А. Ефремова. г. Нефтекамск, 2015. С. 78-80.
3. Заика И.В., Ромм Я.Е. Метод нахождения экстремумов решений дифференциальных уравнений на основе адресной сортировки // Депонированная рукопись № 908-В2003 12.05.2003.
4. Кнут Д. Искусство программирования. Т.3. Сортировка и поиск (второе издание). – М.: Вильямс, 2000. – 844 с.
5. Макконнелл Дж. Анализ алгоритмов. – М.: Техносфера, 2002. – 304 с.
6. Ромм Я.Е. Параллельная сортировка слиянием по матрицам сравнений. I // Кибернетика и системный анализ. – 1994. – № 5. – С. 3 – 23.
7. Ромм Я.Е. Применение сортировки для поиска нулей и особенностей функций с приложением к идентификации плоских изображений /Учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специализации "Математика и информатика" / Я. Е. Ромм, И. А. Тюшнякова; Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования "Таганрогский гос. пед. ин-т". Таганрог, 2009.

8. Ромм Я.Е. Схемы численной оптимизации на основе алгоритмов сортировки с приложением к идентификации экстремумов решений дифференциальных уравнений. Учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 050202.65 «Информатика» / Я. Е. Ромм, И. В. Заика; М-во образования и науки Российской Федерации, Гос. образовательное учреждение высшего проф. образования «Таганрогский гос. педагогический ин-т». Таганрог, 2010.

9. Ромм Я.Е., Гуревич М.Ю., Белоконова С.С., Соловьева И.А. Вычисление нулей и полюсов функций на основе устойчивой адресной сортировки с приложением к поиску и распознаванию // Проблемы програмування. 2004. № 2-3. С. 462.

10. Ромм Я.Е., Соловьева И.А. Распараллеливаемый метод вычисления нулей многочленов в произвольной области комплексной плоскости / Депонированная рукопись № 210-В2005 14.02.2005.

11. Ромм Я.Е., Тюшнякова И.А. Метод вычисления собственных значений матриц на основе сортировки в приложении к распознаванию изображений / Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. 2006. № 1. С. 11- 20.

12. Gerbessiotis A.V., Siniolakis C. J.. Probabilistic integer sorting. – Information Processing Letters, Volume 90, Issue 4, 31 May 2004. – P. 187-193.

13. Romm Y.E., Zaika I.V. Numerical sorting-based optimization as applied to general differential and nonlinear equations //Cybernetics and Systems Analysis. 2011. T. 47. № 2. С. 316-329.

14. Shell D.L. A High-Speed Sorting Procedure, Communications of the ACM, 2(7), 1959. – P. 30-32.

15. Yijie Han. Deterministic sorting in  $O(n\log\log n)$  time and linear space. – Journal of Algorithms, Volume 50, Issue 1, January 2004. – P. 96-105.

Статья отправлена: 1.12.2015 г.

© Заика И.В., Тюшнякова И.А.