

УПОРЯДОЧИВАНИЕ МАССИВА ЧИСЕЛ С ПРИМЕНЕНИЕМ СЕТЕЙ ПЕТРИ

А.Н. Сочнев

В данной статье приводится описание метода упорядочивания массива чисел в порядке возрастания с использованием обобщенных и временных сетей Петри. Предлагаемый метод расширяет область применения сетей Петри и может быть использован для решения практических задач обработки данных.

Ключевые слова: сеть Петри, массив, упорядочивание.

Введение

В большинстве случаев массивы применяются для хранения большого количества однотипной информации, создания и организации баз данных, банков данных и т.д. Во многих случаях номер (индекс) элемента в массиве не играет большой роли. Важно именно его значение или, иначе говоря, сама информация. Базы и банки данных, в свою очередь, необходимы не только для того, чтобы добавлять в них информацию, но и для удобного и быстрого доступа к информации. В обычном неотсортированном массиве найти информацию можно только способом последовательного перебора-просмотра всех его элементов до тех пор, пока нужный элемент не будет обнаружен. При этом на поиск элемента уходит много времени, а более эффективные методы поиска применяются в упорядоченных, отсортированных массивах, поэтому на практике часто возникает задача упорядочивания массива [1].

Сортировкой, или упорядочиванием массива, называется расположение его элементов по возрастанию (или убыванию). Если не все элементы различны, то надо говорить о неубывающем (или невозрастающем) порядке.

Существует множество различных методов сортировки. Среди наиболее известных методов можно назвать: пузырьковый алгоритм, сортировку выбором, сортировку вставками, быструю сортировку [2, 3]. Критерии оценки эффективности этих методов могут включать следующие параметры:

- скорость выполнения сортировки;
- количество шагов алгоритма, необходимых для упорядочения;
- количество сравнений элементов;
- количество перестановок, выполняемых при сортировке.

В данной статье описывается метод упорядочивания элементов числового массива с использованием математического аппарата сетей Петри [4, 5]. Предлагаемый метод частично использует идеи алгоритма сортировки методом подсчета.

Общая идея метода основана на свойстве сетей Петри запускать переходы последовательно в соответствии с модельным временем. Основные преимущества использования сетей Петри для упорядочивания:

- визуализация процесса сортировки;
- слабая зависимость скорости работы от размерности массива;
- простая структура составляющих сетевую модель элементов.

Упорядочивание массива обобщенной сетью Петри

Задача сортировки может быть решена с использованием обобщенных сетей Петри, временных сетей или раскрашенных сетей. Дальнейшее изложение приводится для класса обобщенных сетей Петри.

В сети выделяется множество входных позиций, маркировка которых соответствует значениям массива исходных чисел $a = (a_1 a_2 \dots a_n)$. Аналогично определяется множество выходных позиций, в которые будут помещаться числа в порядке упорядочивания $b = (b_1 b_2 \dots b_n)$. Формируется модель счетчика, считающего на увеличение (уменьшение) от минимально возможного числа в исходном массиве до максимально возможного. Алгоритм может применяться только для массивов положительных чисел либо целых, либо ок-

ругленных до фиксированных дробных долей. В ходе имитации сети маркеры из входных позиций передаются через внутреннюю структуру сети последовательно в порядке сортировки в соответствии с показаниями счетчика.

На рис. 1 и 2 приведена структура сети Петри, предназначенной для сортировки массива шести чисел.

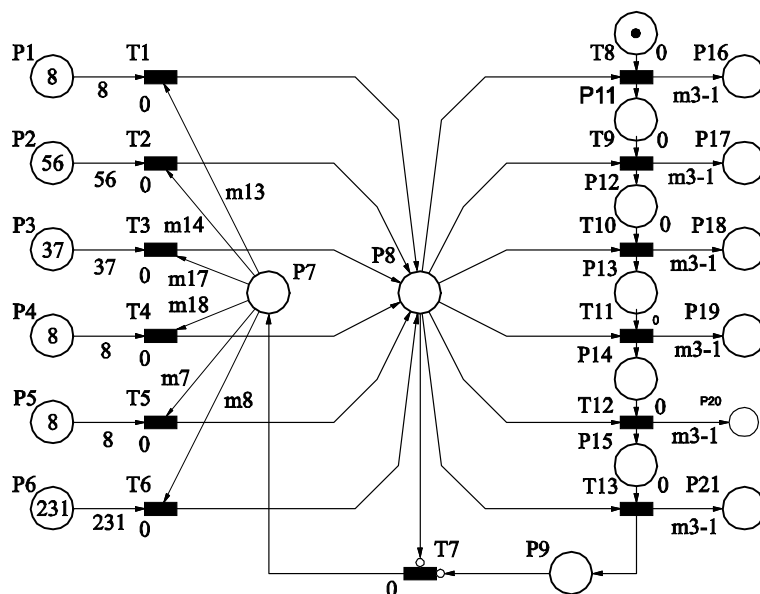


Рис. 1. Обобщенная сеть Петри (начальная маркировка)

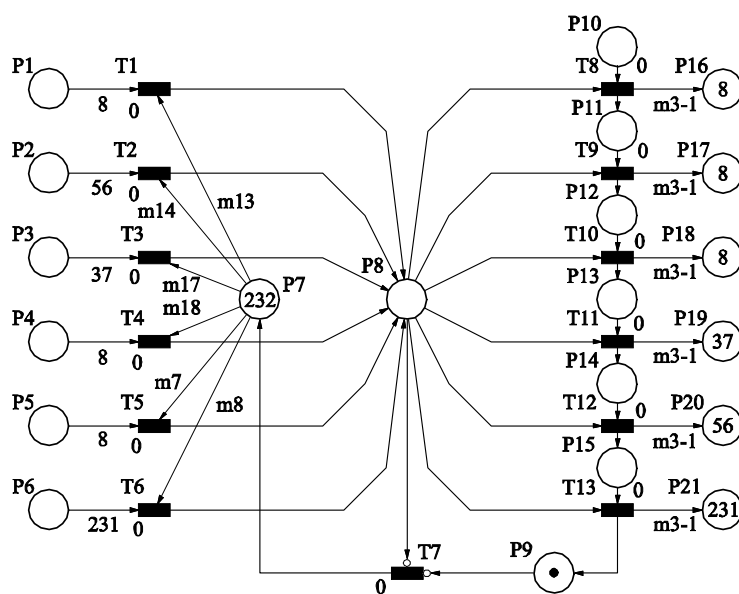


Рис. 2. Обобщенная сеть Петри (конечная маркировка)

Исходный массив a помещается в позиции $P1, P2 \dots P6$, выходной – в позиции $P16, P17 \dots P21$. С технической точки зрения представленная сеть Петри состоит из модели счетчика (позиция $P7$ и переход $T7$), буферного регистра ($P8$) и сдвигового регистра с 1 в одном разряде ($P10, P11 \dots P15$).

Практическая реализация представленного метода предполагается программной. Качество различных алгоритмов упорядочивания данных оценивается, во-первых, по скорости выполнения сортировки; во-вторых, по различным дополнительным критериям, например объему используемой памяти, требованиям

к исходному массиву данных и др. Описанный алгоритм сортировки, использующий математический аппарат сетей Петри, может применяться только для массивов положительных чисел, при этом он обеспечивает наибольшую скорость работы для целочисленных массивов. Это обстоятельство обусловлено принципами работы сетей Петри. Кроме того, данный алгоритм требует, чтобы до начала его работы были известны минимальный и максимальный элементы массива. Поэтому в общем случае упорядочиванию должен предшествовать запуск процедуры поиска минимума и максимума в массиве.

Скорость работы была оценена эмпирически в сравнении с другими методами упорядочивания массивов: сортировкой включениями, вставками, пузырькового алгоритма и методом быстрой сортировки Хоара. Исходный массив был сгенерирован случайным образом и содержит целые числа в диапазоне от 1 до 255. Эксперименты по определению скорости работы выполнялись с двумя массивами, размерностью – 50 000 и 5 000 000 чисел.

Каждый алгоритм упорядочивания был реализован программно на языке программирования Паскаль в классическом виде, описанном в литературе, без использования оптимизирующих скорость работы методов.

Результаты показывают, что для описанных условий быстродействие представленного метода близко быстродействию метода быстрой сортировки (табл. 1). Объем используемой памяти можно оценить по размерности матрицы инцидентности используемой сети Петри. Размер матрицы инцидентности будет составлять $(3 \times n + 3) \times (2 \times n + 1)$ элементов (n – количество элементов массива).

Таблица 1

Время работы алгоритмов упорядочивания массивов

Название метода	Время работы, с	
	$n = 50\,000$	$n = 500\,000$
Пузырькового алгоритма	17	-
Сортировка включениями	11	-
Сортировка вставками	18	-
Быстрая сортировка (метод Хоара)	<1	2
Сортировка сетью Петри	<1	16

Анализ принципов работы представленного алгоритма упорядочивания числовых данных позволяет прогнозировать падение его быстродействия при увеличении диапазона, которому принадлежат числа массива. Оценка влияния этого фактора определена изменением верхней границы генератора случайных чисел \max с 255 до 65 536 (табл. 2).

Таблица 2

Время работы алгоритмов упорядочивания массивов

Название метода	Время работы, с	
	$\max = 255$	$\max = 65\,536$
Пузырькового алгоритма	17	17
Сортировка включениями	11	11
Сортировка вставками	18	18
Быстрая сортировка (метод Хоара)	<1	1
Сортировка сетью Петри	<1	35

Представленный метод сортировки наилучшим образом подходит для больших массивов со сравнительно небольшими элементами.

Упорядочивание массива временной сетью Петри

Задача упорядочивания массива может быть решена временной сетью Петри. При этом структура сети упрощается (рис. 3, 4).

В показанной сетевой модели позиции $P_1, P_2 \dots P_6$ представляют входной массив чисел, позиции $P_{16}, P_{17} \dots P_{21}$ – выходной упорядоченный массив. Позиция P_8 служит для промежуточного хранения очередного (текущего) элемента массива, позиция P_7 определяет количество равных чисел в исходном массиве. Времена срабатывания переходов $T_1, T_2 \dots T_6$ соответствуют числам исходного массива.

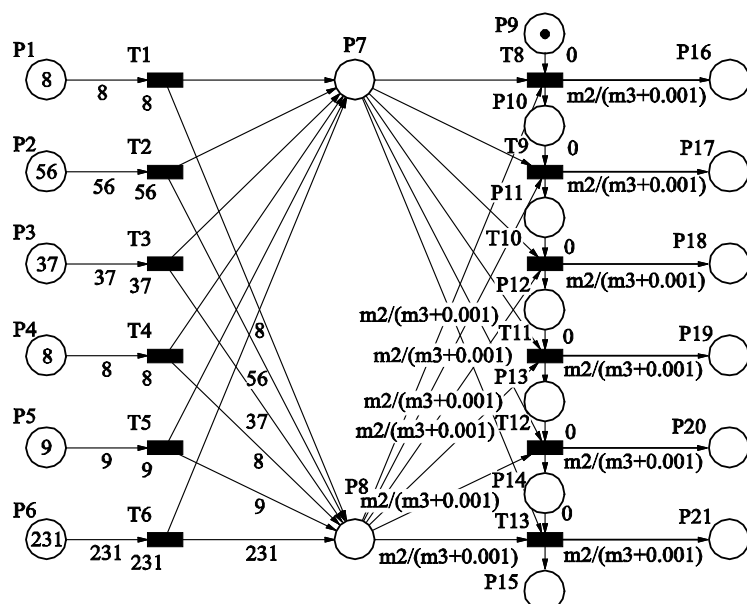


Рис. 3. Временная сеть Петри (начальная маркировка)

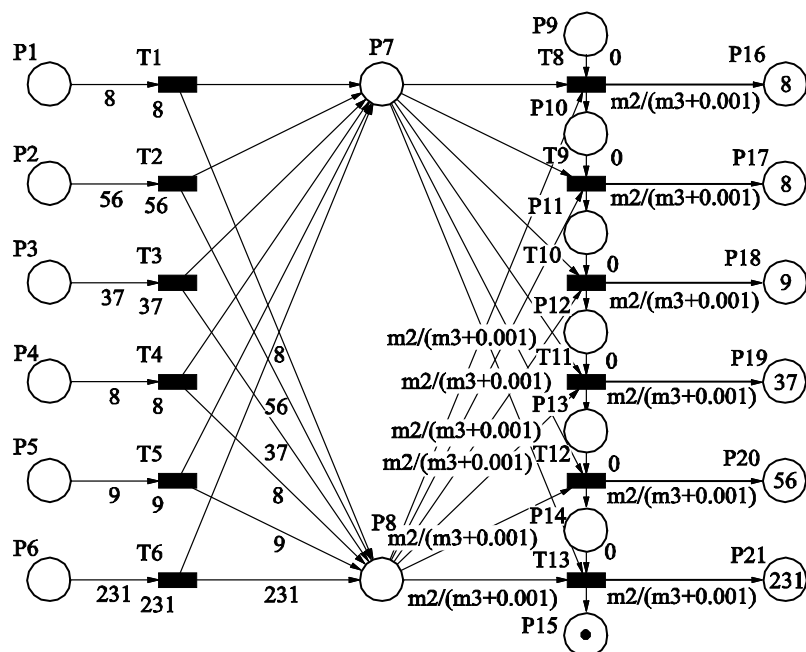


Рис. 4. Временная сеть Петри (конечная маркировка)

Заключение

Описанный метод упорядочивания данных с использованием сетей Петри развивает теорию сетей и теорию информации. Практически, его применение может быть обосновано для ограниченного круга задач, поскольку при увеличении размерности массива n матрица инцидентности сети увеличивается пропорционально n^2 , что делает метод неэффективным с точки зрения затрат памяти. Реализация предполагается исключительно программной.

Таким образом, приведенный в статье метод упорядочивания с использованием сетей Петри может применяться для сортировки массивов данных с учетом всех его достоинств и ограничений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <http://www.pascal.ru/pascal/arrays/sortir/1/>
2. Кнут Д. Искусство программирования. Т. 3. Сортировка и поиск = The Art of Computer Programming, Vol. 3. Sorting and Searching/ 2-е изд. М.: Вильямс, 2007. 824 с.
3. <http://citforum.ru/programming/theory/sorting/sorting1.shtml>
4. Котов В.Е. Сети Петри. М.: Наука, 1984. 160 с.
5. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем. М.: Мир, 1984. 264 с.

Поступила в редколлегию 30.05.12

ORDERING OF THE NUMBER ARRAY WITH USE OF PETRI NETS

A.N. Sochnev

We describe here the method for ordering the array of numbers in ascending order with use of the generalized and temporal Petri nets. The herein-presented method makes it possible to expand the domain of the Petri net application and can be used to solve practical problems in the field of data processing.

Key words: Petri net, array, ordering.

Сочнев Алексей Николаевич – канд. техн. наук, доцент (ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск)
E-mail: lesek@mail.ru