

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛГОРИТМА ХАФФМАНА ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ПСЕВДОМЕДИАННОГО ФИЛЬТРА

А.В. Шостак<sup>1</sup>, Ю.И. Дорошенко<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков,

<sup>2</sup>Национальный технический университет «ХПИ», Харьков)

*Приводится методика синтеза структуры взвешенного псевдомедианного фильтра с помощью алгоритма Хаффмана.*

*медианная фильтрация, взвешенная псевдомедианная фильтрация*

**Введение.** Основными достоинствами медианной фильтрации при обработке изображений является [1]: сохранение при фильтрации перепадов яркости изображения; наилучшее подавление шумов, имеющих распределения с “тяжелыми хвостами” (например, биэкспоненциальное), и импульсных шумов. К недостаткам медианной фильтрации относят: худшее, чем при фильтрации с помощью скользящего среднего, подавление аддитивных шумов с равномерным и нормальным распределениями; при больших размерах апертуры фильтра искажаются мелкие детали изображения; повышенные требования к быстродействию фильтра при работе в режиме реального времени.

Несмотря на простоту некоторых алгоритмов оценки медианы [2], медианная фильтрация продолжает требовать значительных вычислительных ресурсов, что объясняется реальным режимом работы при обработке изображения, увеличением разрешения и глубины цвета, увеличением апертуры фильтра и использованием взвешенной медианной фильтрации. Поэтому поиск более эффективных алгоритмов оценки медианы является **актуальной** задачей. В данной статье рассматривается методика синтеза взвешенного псевдомедианного фильтра на основе структуры данных типа дерево с использованием алгоритма Хаффмана [3].

**Основная часть.** Пусть в апертуре фильтра имеется последовательность из  $n$  чисел ( $n$  нечетно)  $A = (a_1, \dots, a_n)$ . Для хранения последовательности чисел  $A$  и оценки медианы будем использовать  $m$ -арное корневое дерево, в котором каждая вершина (кроме листьев) имеет не более  $m$  потомков [3]. Псевдомедианная фильтрация при различной арности дерева отличается быстродействием и точностью оценки медианы последовательности  $A$ .

Пусть  $h_i$  – глубина  $i$ -го листа в дереве,  $h_{\max} = \max(h_1, \dots, h_n)$  – максимальная глубина листьев в деревьях с  $n$  листьями. Вес  $i$ -го листа в дереве определим по формуле  $w_i = 1 + \Delta h_i$ , где  $\Delta h_i = h_{\max} - h_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ . Упорядочим по убыванию веса листьев в дереве, т.е.  $w_1 \geq w_2 \geq \dots \geq w_n$ .

Тогда  $\bar{W} = (w_1, w_2, \dots, w_n)$  – упорядоченный вектор весов листьев дерева. Пусть также для выполнения взвешенной медианной фильтрации известен вектор весов в апертуре фильтра  $\bar{V}'$ , элементы которого также упорядочены по убыванию, т.е.  $v_1 \geq v_2 \geq \dots \geq v_n$ . Пусть существует  $k$  различных  $m$ -арных корневых деревьев с  $n$  листьями.

Время взвешенной медианной фильтрации с фильтром  $\bar{V}'$  пропорционально сумме всех  $n$  элементов вектора, тогда как время псевдомедианной фильтрации с фильтром  $\bar{W}'$  пропорционально  $n$ .

Задача синтеза псевдомедианного фильтра апертуры  $n$  состоит в определении структуры  $m$ -арного корневого дерева, вектор весов которого  $\bar{W}$  наиболее близок к заданному вектору весов взвешенного фильтра  $\bar{V}$ .

Для синтеза  $\bar{W}$  по  $\bar{V}$  воспользуемся алгоритмом Хаффмана [3].

**Пример.** Пусть апертура фильтра  $N = 9$ , вектор весов оптимального взвешенного медианного фильтра  $\bar{V}' = (2 \ 2 \ 5 \ 6 \ 9 \ 6 \ 5 \ 2 \ 2)$  [4]. Упорядоченный по убыванию вектор весов имеет вид  $\bar{V} = (9 \ 6 \ 6 \ 5 \ 5 \ 2 \ 2 \ 2 \ 2)$ . На рис. 1 для  $\bar{V}$  представлены  $m$ -арные корневые деревья ( $m = 3, 5, 7$ ) и соответствующие им псевдомедианные фильтры  $\bar{W}$ , построенные в соответствии с алгоритмом Хаффмана.

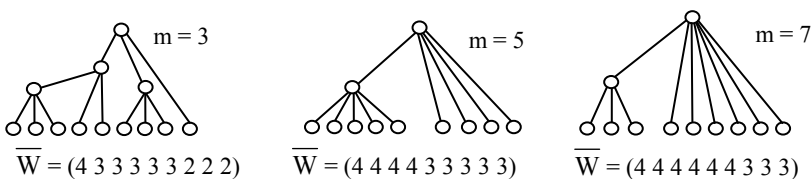


Рис. 1.  $m$ -арные деревья, построенные по алгоритму Хаффмана для  $\bar{V}$

В табл. 1 приведены характеристики псевдомедианных фильтров  $\bar{W}$ , полученных в соответствии с алгоритмом Хаффмана для  $\bar{V}' = (2 \ 2 \ 5 \ 6 \ 9 \ 6 \ 5 \ 2 \ 2)$ .

Таблица 1

Характеристики псевдомедианных фильтров  $\bar{W}$

№	фильтр $\bar{W}$	$m$ -арность дерева	Ошибка $E$	Число совпадений фильтра $\bar{W}$ с фильтром $\bar{V}'$
1.	4 3 3 3 3 3 2 2 2	3	52	5131
2.	4 4 4 4 3 3 3 3 3	5	42	7309
3.	4 4 4 4 4 4 3 3 3	7	42	6078

По алгоритму Хаффмана для взвешенного медианного фильтра  $\bar{V}' = (2\ 2\ 5\ 6\ 9\ 6\ 5\ 2\ 2)$  деревом с оптимальным вектором длин путей при  $m = 3$  является дерево с весами  $\bar{W}' = (2\ 2\ 3\ 3\ 4\ 3\ 3\ 2\ 3)$  с алгоритмом поиска псевдомедианы  $a^* = \text{med}(a(5), \text{med}(a(3), a(7), a(9))), \text{med}(a(4), a(6), \text{med}(a(1), a(2), a(8))))$ , при  $m = 5$  – дерево с весами  $\bar{W}' = (3\ 3\ 4\ 4\ 4\ 4\ 3\ 3\ 3)$  с алгоритмом поиска псевдомедианы  $a^* = \text{med}(a(3), a(4), a(5), a(6), \text{med}(a(1), a(2), a(7), a(8), a(9))))$ , при  $m = 7$  – дерево с весами  $\bar{W}' = (3\ 3\ 4\ 4\ 4\ 4\ 4\ 3\ 4)$  с алгоритмом поиска псевдомедианы  $a^* = \text{med}(a(3), a(4), a(5), a(6), a(7), a(9), \text{med}(a(1), a(2), a(8))))$ . В 4-м столбце таблицы приведена среднеквадратическая ошибка  $E$ , которая вычисляется как сумма разности квадратов отклонений  $w_i$  от  $v_i$  и оценивает степень близости псевдомедианного фильтра  $\bar{W}'$  к фильтру  $\bar{V}'$ .

Значение среднеквадратической ошибки  $E = 42$ , полученное для фильтра  $\bar{W} = (4\ 4\ 4\ 4\ 3\ 3\ 3\ 3\ 3)$ , является минимальным среди всех  $m$ -арных корневых деревьев ( $m = 3, 5, 7, 9$ ).

В столбце 5 приведено число совпадений значений оценок медиан псевдомедианного фильтра  $\bar{W}'$  с оценками взвешенного фильтра  $\bar{V}'$  (на входы фильтров подавались равномерно распределенные в интервале  $0 \dots 255$  числа и подсчитывалось число совпадений значений оценок на 10000 испытаний). Наиболее близким к взвешенному медианному фильтру  $\bar{V}'$  является псевдомедианный фильтр  $\bar{W}' = (3\ 3\ 4\ 4\ 4\ 4\ 3\ 3\ 3)$ .

Время взвешенной фильтрации с  $\bar{V}'$  пропорционально сумме 9 элементов  $v_i$ , равной 39, тогда как время псевдомедианной фильтрации с  $\bar{W}'$  пропорционально  $n = 9$ .

**Выводы.** Таким образом, приведена методика синтеза структуры древовидного взвешенного псевдомедианного фильтра с использованием алгоритма Хаффмана. Исходными данными при синтезе фильтра являются размер апертуры фильтра  $n$ , целые значения весов взвешенного медианного фильтра  $\bar{V}'$  и арность дерева  $m$ .

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Быстрые алгоритмы в цифровой обработке изображений.* / Под ред. Т.С. Хуанга. – М.: Радио и связь, 1984. – 224 с.
2. Шостак А.В., Дорошенко Ю.И. Выбор алгоритма поиска медианы при небольшой размерности задачи // Вісник НТУ «ХПІ». – Х.: НТУ «ХПІ», 2003. – Вип. 21. – С. 183-186.
3. Свами М., Тхуласираман К. Графы, сети и алгоритмы. – М.: Мир, 1984. – 454 с.
4. Yin L., Yang R., Neuvo Y. Weighted median filters: a tutorial // IEEE transactions on circuits and systems. – 1996. – Vol. 43, No. 3. – P. 157-191.

Поступила 10.03.2006

**Рецензент:** доктор технических наук, профессор В.С. Харченко,  
Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ».

---