АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ОБНАРУЖЕНИЯ ИМПУЛЬСНОГО ШУМА НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ

Н. Х. Фан, В. Г. Спицын

Институт кибернетики Национального исследовательского
Томского политехнического университета, 634034, Томск, Россия

УДК 004.932

Выполнен анализ алгоритмов обнаружения импульсного шума на изображениях. Проведено сравнение результатов, полученных с помощью этих алгоритмов по количеству необнаруженных и неправильно обнаруженных пикселей, искаженных импульсным шумом.

Ключевые слова: обработка изображения, импульсный шум, обнаружение шума.

Analysis of image impulse noise detection algorithms are carried out. Comparison of performances of these algorithms is resulted. The results have been compared by quantity of undetected and misdetected pixels, corrupted by impulse noise.

Key words: image processing, impulse noise, noise detection.

Введение. Изображения часто искажаются шумами, появляющимися на этапах их получения и (или) передачи. Причинами возникновения шумов на изображениях могут быть сбои в работе канала связи, шум видеодатчика и др. Одним из основных видов шумов является импульсный шум [1].

Пусть $X_{i,j}$ — интенсивность пикселя $(i,\ j)$ исходного изображения X, $[n_{\min},\ n_{\max}]$ — динамический диапазон изображения X, $Y_{i,j}$ — интенсивность пикселя $(i,\ j)$ зашумленного изображения Y. Тогда импульсный шум определяется по формуле

$$Y_{i,j} = \begin{cases} X_{i,j}, & 1-p, \\ R_{i,j}, & p, \end{cases} \qquad (1)$$

где p — вероятность импульсного шума; $R_{i,j}$ — заменитель значения интенсивности пикселя (i,j). При $R_{i,j} \in [n_{\min}, n_{\max}]$ изображение искажается импульсным шумом случайного значения (RVIN), при $R_{i,j} \in \{n_{\min}, n_{\max}\}$ — импульсным шумом фиксированного значения или шумом “соли и перца” (SPN).

Различие шумов между SPN и RVIN показано на рис. 1. В случае SPN значение $R_{i,j}$ в формуле (1) равно $n_{\min}(0)$ или $n_{\max}(255)$. Однако в случае RVIN значение $R_{i,j}$ изменяется в пределах от $n_{\min}$ до $n_{\max}$.

Одной из основных задач в области обработки изображения является подавление шумов. При этом, как правило, для удаления шумов используются фильтры. Обычно процесс фильтрации включает два этапа: классификацию (обнаружение) и реконструкцию (фильтрование).

В данной работе рассматриваются алгоритмы обнаружения импульсного шума “соли и перца”. Выполнен анализ этих алгоритмов и проведено сравнение результатов, полученных с их помощью.

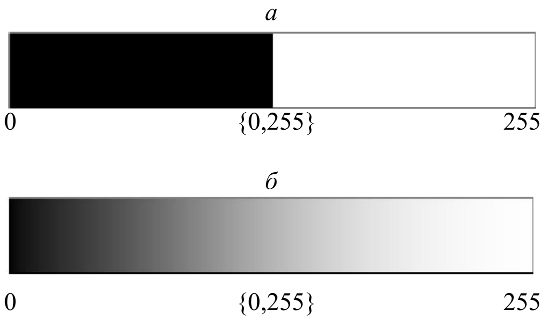

Рис. 1. Представление шума “соли и перца” при значении $R_{i,j} \in \{n_{\min}, n_{\max}\}$ (*а*) и импульсного шума случайного шума при $R_{i,j} \in [n_{\min}, n_{\max}]$ (*б*)

Алгоритмы обнаружения импульсного шума. В [2] предложен алгоритм обнаружения импульсного шума “соли и перца” с использованием адаптивного медианного фильтра (АМФ). Пусть Z — изображение, полученное при применении АМФ к зашумленному изображению Y. Заметим, что в формуле (1) значение $Y_{i,j}$ зашумленного пикселя равно $R_{i,j} \in \{n_{\min}, n_{\max}\}$, следовательно, множество зашумленных SPN пикселей можно определить следующим образом:

$$M = \{(i,j) \in A : Y_{i,j} \neq Z_{i,j} \text{ и } Y_{i,j} \in \{n_{\min}, n_{\max}\}\}.$$

Множество неискаженных пикселей определяется как $M^c = A \backslash M$.

В [3] предложен другой алгоритм обнаружения импульсного шума на основе применения параметра β — масштабного параметра, который определяется на основе изменения значений интенсивности в окрестности пикселя. Этот параметр представляет собой разность между значениями интенсивности центрального пикселя $Y_{i,j}$ и соседних пикселей $Y_{m,n}$ в окрестности. Одной из формул, предложенных для масштабной оценки, является формула для среднего значения $(Y_{i,j} - Y_{m,n})^2$ в окрестности

$$\beta_{x(i,j)} = \frac{1}{N-1} \sum_{x(m,n) \in A} (|Y_{i,j} - Y_{m,n}|),$$

где A — множество $N-1$ соседних пикселей.

Если значение β-пикселя мало, то он не является искаженным пикселем. В противоположном случае если значение β больше порогового значения, то пиксель является искаженным. В [3] использовалась окрестность размером 3×3 ($N = 9$). По результатам экспериментов пороговое значение равно 90.

В [4] предложен другой алгоритм обнаружения импульсного шума на основе учета интенсивности и приближения локальной непрерывности. Первое правило сформулировано по значению интенсивности. Пусть t_1 — порог для обнаружения импульсного шума. Пиксели, значения интенсивности которых меньше значения t_1 или больше, чем $n_{\max} - t_1$, с большей вероятностью являются искаженными. Множество этих пикселей определяется следующим образом:

$$N_1 = \{(i,j) : Y_{i,j} \leq t_1 \text{ или } Y_{i,j} \geq n_{\max} - t_1\}.$$

Второе правило сформулировано на основе применения приближения локальной непрерывности. В соответствии с этим правилом, если характер изменения значений пикселей в локальной окрестности достаточно гладкий, текущий пиксель имеет меньшую вероятность искажения импульсным шумом. Пусть $Y_{i,j}$ — значение интенсивности текущего пикселя,

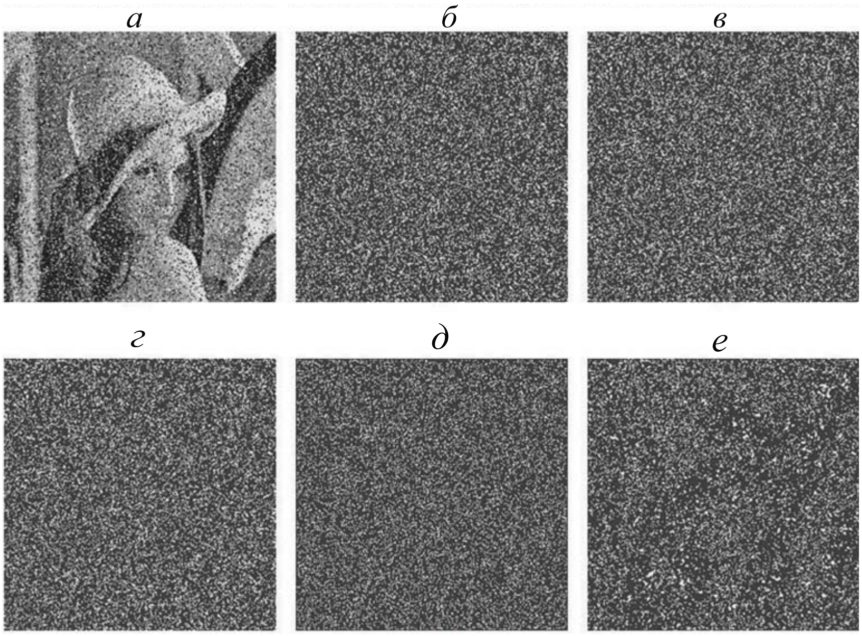

Рис. 2. Результаты обнаружения импульсного шума с плотностью 20 %:
а — зашумленное изображение; *б* — AdapMed3×3; *в* — AdapMed5×5;
г — AdapMed7×7; *д* — Threshold123; *е* — Beta

$Y_{m,n}$ — значение интенсивности восьми соседних пикселей окрестности, t_1 и t_2 — соответственно пороговое значение разности интенсивностей и пороговое значение пропорции, выраженные в процентах. Множество этих пикселей определяется по формуле

$$N_2 = \left\{ (i,j) : \frac{count\,(|Y_{i,j} - Y_{m,n}| \geq t_2)}{8} \geq t_3 \right\}.$$

Множество пикселей, искаженных импульсным шумом, является пересечением двух предыдущих множеств:

$$N = N_1 \ \cap \ N_2.$$

В соответствии с экспериментами, проведенными в [4], значения порогов t_1, t_2 и t_3 равны 0,15; 0,30 и 0,80 соответственно.

Результаты экспериментов. Выполнен анализ и проведено сравнение результатов перечисленных алгоритмов обнаружения импульсного шума “соли и перца”. Оценка результатов определяется по количеству неправильно обнаруженных пикселей и по количеству необнаруженных зашумленных пикселей. Пусть алгоритмы, основанные на АМФ с максимальным размером окрестности 3×3, 5×5 и 7×7, называются AdapMed3×3, AdapMed5×5 и AdapMed7×7 соответственно. Алгоритм, основанный на параметре β, называется Beta. Алгоритм, основанный на порогах t_1, t_2 и t_3, называется Threshold123.

Расчеты с использованием указанных алгоритмов проводились для изображения “Лена” с различными плотностями импульсного шума. На рис. 2 представлены результаты обработки изображения “Лена”, искаженного импульсным шумом с плотностью 20 %.

Количество неправильно обнаруженных пикселей (НОП) и необнаруженных пикселей (НП)

Плотность, %	AdapMed3×3		AdapMed5×5		AdapMed7×7		Threshold123		Beta	
	НОП	НП	НОП	НП	НОП	НП	НОП	НП	НОП	НП
1	0	7	0	1	0	0	0	9	4	162
2	0	10	0	0	0	0	0	14	3	291
3	0	7	0	0	0	0	0	35	8	425
4	0	9	0	0	0	0	0	62	7	587
5	0	17	0	1	0	0	0	83	15	671
6	0	24	0	0	0	0	0	153	20	838
7	0	25	0	2	0	0	0	188	27	969
8	0	15	0	0	0	0	0	303	48	1139
9	0	33	0	1	0	0	0	353	40	1267
10	0	26	0	2	0	0	0	455	74	1337
15	0	44	0	1	0	0	0	1267	141	2055
20	0	131	0	0	0	0	0	2668	395	2760
25	0	228	0	0	0	0	0	4437	708	3300
30	0	552	0	0	0	0	0	7145	1435	3925
35	0	981	0	8	0	0	0	9737	2182	4345
40	0	1829	0	26	0	0	0	13 171	3246	5061
45	0	2931	0	61	0	0	0	17 111	4560	5709
50	0	4736	0	220	0	1	0	21 173	6310	6256

В таблице указано количество необнаруженных пикселей и количество неправильно обнаруженных пикселей. На рис. 3, 4 представлены результаты сравнения с данными таблицы. Отметим, что алгоритм обнаружения шума, в котором используется адаптивный медианный фильтр с максимальным размером окрестности 7×7 (AdapMed7×7), дает наилучший результат.

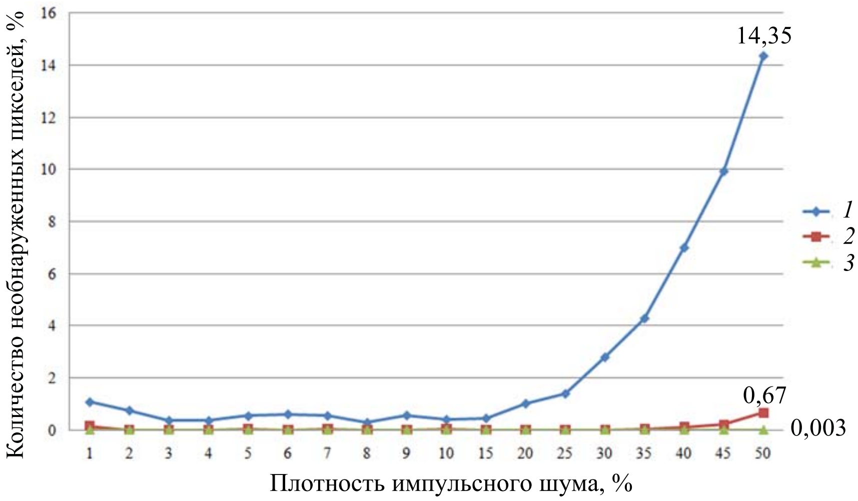

Рис. 3. Результат сравнения по количеству необнаруженных пикселей алгоритмов AdapMed3×3 (*1*), AdapMed5×5 (*2*), AdapMed7×7 (*3*)

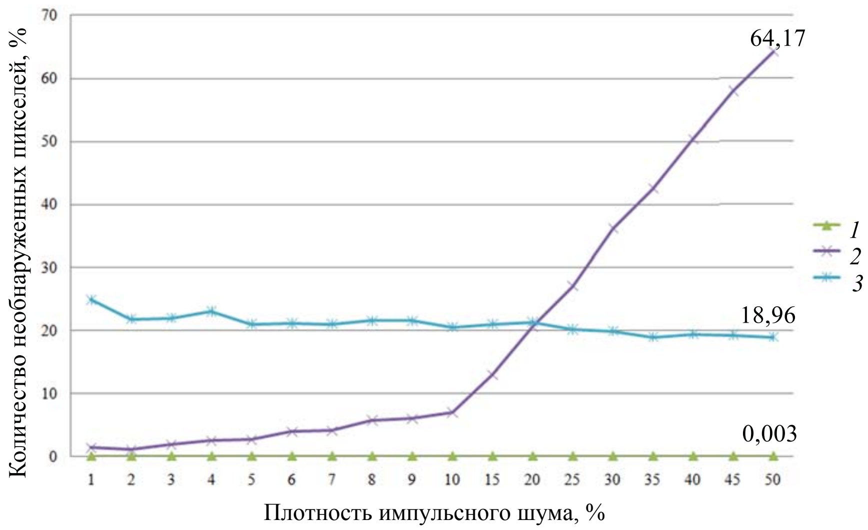

Рис. 4. Результат сравнения по количеству необнаруженных пикселей алгоритмов AdapMed7×7 (*1*), Threshold123 (*2*), Beta (*3*)

Заключение. В данной работе выполнен анализ и проведено сравнение результатов, полученных с помощью алгоритмов по обнаружению импульсного шума фиксированного значения или шума “соли и перца”. Результаты проведенных экспериментов показали, что алгоритм на основе адаптивного медианного фильтра с максимальным размером окрестности 7×7 дает наилучший результат по сравнению со всеми рассмотренными алгоритмами.

Список литературы

1. Gonzalez R. C., Woods R. E. Digital image processing. Boston: Addison-Wesley, 2001. 813 p.

2. Chan R., Ho C., Nikolova M. Salt-and-pepper noise removal by median-type noise detectors and detail-preserving regularization // IEEE Trans. Image Proc. 2005. V. 14, N 10. P. 1479–1485.

3. Kam H. S., Tan W. H. Noise detection fuzzy (NDF) filter for removing salt and pepper noise // Lecture Notes Comput. Sci. 2009. V. 5857. P. 479–486. (Intern. visual informatics conf. 2009 (IVIC’09)).

4. Najeer A. J., Rajamani V. Design of hybrid filter for denoising images using fuzzy network and edge detecting // Amer. J. Sci. Res. 2009. Iss. 3. P. 5–14.

Фан Нгок Хоанг — асп. Института кибернетики ТПУ;
тел. (3822) 41-89-12; e-mail: hoangpn285@gmail.com;
Спицын Владимир Григорьевич — д-р техн. наук,
проф. Института кибернетики ТПУ; тел. (3822) 41-89-12; e-mail: spvg@tpu.ru

Дата поступления — 25.02.11 г.