

Разностный метод оценивания дисперсии дискретного белого шума на цифровом изображении

А.И. Новиков¹, А.В. Пронькин¹

¹Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина, Гагарина 59/1, Рязань, Россия, 390005

Аннотация

Приводятся два варианта разностного метода оценивания дисперсии дискретного белого шума на цифровом изображении.

Ключевые слова

Цифровое изображение, линейные фильтры, дисперсия

1. Введение

При решении многих задач цифровой обработки изображений возникает необходимость иметь оценку дисперсии шума в составе обрабатываемого изображения. В реальных системах технического зрения (СТЗ) такая задача предварительной обработки изображения должна решаться с минимальными затратами машинного времени. Предлагаемый метод оценивания дисперсии шума отличается от известных аналогов низкой вычислительной сложностью и хорошими показателями точности получаемых оценок дисперсии.

2. Теоретические основы метода

Основные известные методы оценивания дисперсии шума описаны в [1]. Это медианный метод, метод блочной фильтрации и методы, основанные на вейвлет-преобразовании. В [2] схематично описан подход, основанный на сглаживании изображения линейным матричным фильтром с маской размером $(2k-1) \times (2k-1)$ и независимо от него таким же фильтром, но с маской размером $(2k+1) \times (2k+1)$ с последующим вычитанием из результата одного сглаживания результата другого сглаживания. По полученному остатку вычисляется выборочная дисперсия, которая затем пересчитывается в дисперсию шума. Подробный алгоритм метода приведен в [3]. Предполагается, что вычитание результатов двух независимых сглаживаний приводит к аннулированию детерминированной компоненты \mathbf{U} изображения в рамках аддитивной модели «сигнал+шум»: $\mathbf{I} = \mathbf{U} + \mathbf{\Xi}$. Однако такое предположение справедливо лишь для линейно изменяющейся в пределах маски компоненты \mathbf{U} . В [3] предложено использовать вместо матричных масок векторные маски, обладающие свойством несмещенного оценивания многочленов до 3-й степени включительно.

Предлагаемый метод оценивания дисперсии шума на основе векторных масок представлен двумя вариантами – «метод 1» и «метод 2». Вычислительный алгоритм «метода 1» состоит из четырех шагов. На первом шаге изображение разбивается на блоки одинакового размера, в каждом из которых вычисляется дисперсия изображения, и выбираются 4-5 блоков с минимальными дисперсиями. На втором шаге в каждом выбранном блоке фиксируются несколько строк (5-7 строк), производится фильтрация изображения с помощью разностного оператора $\mathbf{V} = \mathbf{A}_{1 \times 5} - \mathbf{A}_{1 \times 7}$ с маской $\frac{1}{105}(10, -24, 6, 16, 6, -24, 10)$. Операторы $\mathbf{A}_{1 \times 5}$ и $\mathbf{A}_{1 \times 7}$, в свою очередь, задаются масками

$$\frac{1}{35}(-3, 12, 17, 12, -3) \text{ и } \frac{1}{21}(-2, 3, 6, 7, 6, 3, -2) \quad (1)$$

соответственно. На третьем шаге в выбранных блоках вычисляются выборочные дисперсии и отвечающие им среднеквадратические отклонения (СКО) $\sigma_{\eta}^{(t)}$, $t = \overline{1,5}$ и среднее значение СКО $\overline{\sigma}_{\eta}$. На последнем шаге находится искомая оценка СКО шума по формуле $\hat{\sigma}_{\xi} = (\sqrt{105}/4)\overline{\sigma}_{\eta}$.

Второй вариант метода предназначен для оперативного анализа изображения. В нем с заданным шагом h (например, $h = 50$) выбираются строки изображения. Каждая выбранная строка разбивается на 4 промежутка равной длины. На каждом промежутке вычисляется дисперсия сигнала. Фиксируются 5 отрезков с минимальными дисперсиями. Выполняется сглаживание изображений в выбранных 5-и отрезках с помощью линейного оператора с одной из масок (1). Производится вычитание сглаженных изображений из исходных сигналов на этих промежутках. Далее, как и в «методе 1», вычисляются выборочные дисперсии, отвечающие им СКО $\sigma_{\eta}^{(t)}$ и среднее значение СКО $\overline{\sigma}_{\eta}$. Искомая оценка СКО шума находится по одной из формул $\hat{\sigma}_{\xi} = (35/18)^{1/2} \overline{\sigma}_{\eta}$, $\hat{\sigma}_{\xi} = (3/2)^{1/2} \overline{\sigma}_{\eta}$ в зависимости от применяемой маски (1).

3. Результаты экспериментальных исследований

Экспериментальные исследования методов оценивания уровня шума проводились на серии из 16 изображений подстилающей поверхности в плоскости Земли, полученных с бортов воздушных судов. На изображения налагался дискретный гауссов шум различной мощности с СКО от 1 до 30. В таблице 1 приведены найденные оценки СКО шума по трем методам для 7 изображений.

Таблица 1
Оценки СКО шума

Номер изображения	Оценки $\hat{\sigma}_{\xi}$		
	Метод [3]	Метод 1	Метод 2
1	4,85	4,82	4,64
2	5,08	4,97	4,71
3	5,08	4,81	4,73
4	5,06	4,84	4,89
5	4,50	5,03	4,88
6	4,81	4,89	4,80
7	4,74	4,89	5,05
Средняя ошибка	3,64%	1,99%	5,1%

4. Заключение

Результаты, приведенные в таблице 1, подтверждают эффективность оценок СКО шума по предложенным методам. Обоснование формул, применяемых для оценивания СКО шума, будет приведено в докладе и в расширенной версии статьи.

5. Литература

- [1] Лапшенков, Е.М. Неэталонная оценка уровня шума цифрового изображения на основе гармонического анализа // Компьютерная оптика. – 2012. – Т. 36, № 3. – С. 439-447.
- [2] Kovalevsky, V. Effective filtering and boundary detection [Electronic resource]. – Access mode: <https://Irtc.org.ua> (9.10.2013).
- [3] Ustukov, D.I. Method for Suppressing Discrete White Noise in Images / D.I. Ustukov, A.V. Pronkin, E.R. Muratov, A.I. Novikov // 9th Mediterranean Conference on Embedded Computing, MECO. – 2020. – P. 534-538.