

УДК 621.3:681.34

В.В. АБРАМОВА

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина*

## СКАТТЕРОГРАММНЫЙ МЕТОД АВТОМАТИЧЕСКОГО ОЦЕНИВАНИЯ ДИСПЕРСИИ АДДИТИВНЫХ ПОМЕХ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ

*Предложен метод автоматического оценивания дисперсии аддитивных помех, основанный на вписывании полинома нулевого порядка по группе «нормальных» опорных точек скаттерограммы локальных оценок дисперсии и среднего. На основе данных численного моделирования для изображений из базы TID2008 показано, что точность предложенного метода в большинстве ситуаций оказывается выше по сравнению с другими известными методами, при этом наиболее существенное повышение точности наблюдается для изображений, содержащих большое количество текстурных участков, границ и малоразмерных объектов. Метод эффективен как в случае пространственно-некоррелированного шума, так и в случае, когда шум является пространственно-коррелированным.*

**Ключевые слова:** дистанционное зондирование, аддитивные помехи, автоматическое оценивание дисперсии помех, регрессионный анализ.

### Введение

В настоящее время изображения используются в самых разнообразных областях научной и практической деятельности человека: дистанционное зондирование (ДЗ), мониторинг земной поверхности с авиационных и космических носителей, слежение и ведение наблюдений и т.п. [1-3]. Однако всем системам формирования изображений (СФИ) в той или иной мере присуща общая особенность – присутствие на первичных изображениях помех и искажений, которые ухудшают их визуальное качество и затрудняют процесс извлечения полезной информации. Для устранения помех и повышения качества изображений применяется фильтрация [4, 5], однако в большинстве практических ситуаций эффективные методы фильтрации требуют знания характеристик помех, в частности, их дисперсии. Характеристики помех определяются множеством как внутренних, так и внешних по отношению к самой СФИ факторов, в связи с чем практически невозможно получить достаточно точные априорные сведения о величине дисперсии помех на сформированных изображениях. Поэтому определение дисперсии часто приходится производить непосредственно по обрабатываемому изображению, причем, ввиду большого объема обрабатываемых данных, желателен при помощи автоматических методов.

Как показали недавние исследования [6], несмотря на большое количество разработанных на данный момент методов, для большинства изображений достигнутая точность оценивания дисперсии по-прежнему далека от потенциального предела. При этом наихудшая точность оценивания наблюда-

ется для изображений со сложной структурой. Следовательно, задача повышения точности автоматического оценивания дисперсии помех на изображениях остается актуальной.

Существует три основных группы методов оценивания дисперсии: методы, работающие в пространственной области, методы, основанные на оценках максимального правдоподобия параметров шума и изображения [7]. Методы, относящиеся ко второй и третьей группам, обычно позволяют обеспечить достаточно высокую точность оценивания для высокотекстурных изображений, однако общим их недостатком является то, что они разработаны в предположении пространственной некоррелированности помех, в то время как на изображениях, формируемых реальными системами, шум практически всегда является в той или иной степени пространственно-коррелированным. Причем если для методов третьей группы коррелированность шума может привести к заметному ухудшению точности оценивания, то методы второй группы полностью утрачивают работоспособность. Среди недостатков методов третьей группы следует также отметить их низкое быстродействие. Что касается методов, работающих в пространственной области, то большинство из них, как правило, обладают высоким быстродействием и их точностные характеристики практически не зависят от того, коррелированный шум или нет. Однако оценки дисперсии помех для высокотекстурных изображений, полученные такими методами, в большинстве случаев оказываются существенно завышенными. Тем не менее, в силу высокого быстродействия и возможности работы при про-

странственно-коррелированном шуме, методы первой группы являются наиболее универсальными и перспективными с точки зрения использования в практических приложениях, в связи с чем предлагаемый метод относится именно к этой группе.

### Постановка задачи исследования

Рассмотрим простейший случай, когда шум на изображении является чисто аддитивным. Такой шум достаточно часто встречается на практике, например, на изображениях, полученных некоторыми СФИ оптического диапазона или в результате применения соответствующих гомоморфных преобразований к изображениям, искаженным сигнально-зависимым (мультипликативным, пуассоновским) или смешанным (пуассоновским и аддитивным) шумом [8, 9].

Для оценивания дисперсии аддитивного шума в пространственной области предложено множество методов [10]. Все эти методы базируются на предположении, что блоки определенного размера заполняют изображение и среди них есть набор блоков, принадлежащих однородным участкам. Локальные оценки дисперсии шума для этих блоков достаточно близки к истинному значению дисперсии шума. Путем совместной обработки «нормальных» локальных оценок может быть получено значение результирующей оценки дисперсии.

Основная проблема при использовании методов оценивания в пространственной области заключается в выделении группы «нормальных» оценок, соответствующих однородным участкам изображения, и устранении аномальных оценок, соответствующих участкам, содержащим границы и текстуру.

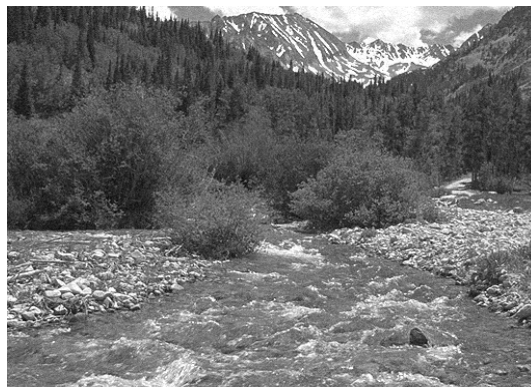
Одним из лучших методов оценивания дисперсии аддитивных помех в пространственной области является метод [11], основанный на поиске моды распределения локальных оценок дисперсии (МРЛОД), полученных на однородных участках изображения, при помощи интерквантильной оценки. В этом методе для частичного устранения аномальных локальных оценок используется предварительная сегментация изображения [12].

На рис. 1,а приведено тестовое изображение № 13 из базы TID2008 [13], зашумленное аддитивным гауссовским шумом с дисперсией  $\sigma_a^2 = 65$ .

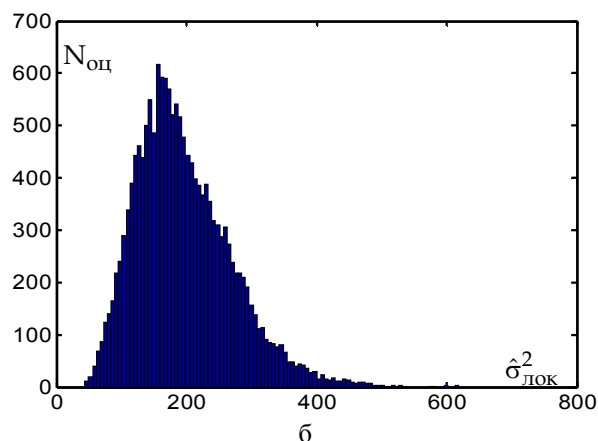
Гистограмма локальных оценок дисперсии ( $\hat{\sigma}_{\text{лок}}^2$ ) для этого изображения приведена на рис. 1,б. Оценки получены в блоках размером  $7 \times 7$  пикселей с полным перекрытием. Как видим, гистограмма содержит большое количество «явно» аномальных оценок, при этом даже оценки дисперсии, соответствующие моде распределения, существенно выше

истинного значения (оценка, полученная методом МРЛОД  $\hat{\sigma}_a^2 = 175$ ), следовательно, эти оценки были получены на неоднородных участках, содержащих границы и текстуру. И даже применение сегментации не гарантирует полного отсутствия таких оценок.

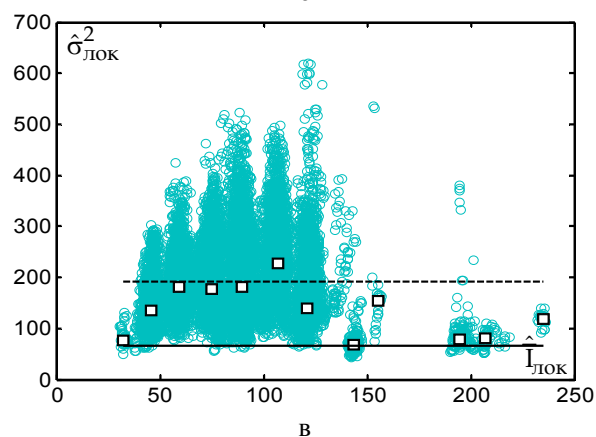
Наряду с методом [11] существует метод [14], который также работает в пространственной об-



а



б



в

Рис. 1. Зашумленное ( $\sigma_a^2 = 65$ ) тестовое изображение № 13 из базы TID2008 (а), гистограмма локальных оценок дисперсии (перекрывающиеся блоки размера  $7 \times 7$ ) (б), скаттерграмма локальных оценок дисперсии и среднего с двумя прямыми: истинной (сплошная) и полученной методом [14] для аддитивного шума (штриховая) (в)

ласти. Этот метод основан на вписывании регрессионной прямой (в общем случае полинома первого порядка) по опорным точкам скаттерогаммы локальных оценок дисперсии и квадрата среднего, полученных на однородных участках изображения. Для детектирования однородных участков здесь также используется сегментация [12]. Метод [14] предназначен для оценивания дисперсии шума сложного вида (смеси аддитивного и мультипликативного шума), однако может быть легко модифицирован для случая чисто аддитивного шума. Для этого порядок полинома следует понизить до нулевого и производить вписывание по опорным точкам скаттерогаммы локальных оценок дисперсии и среднего.

Такая скаттерогамма для тестового изображения № 13 из базы TID2008 приведена на рис. 1, в. Как видим, оценка дисперсии, полученная путем вписывания горизонтальной прямой по опорным точкам скаттерогаммы локальных оценок при помощи дважды взвешенного метода наименьших квадратов (ДВМНК) [14], также является существенно завышенной ( $\hat{\sigma}_a^2 = 192,6$ ), поскольку большая часть опорных точек лежит намного выше истинной прямой. Однако при более внимательном анализе скаттерогаммы можно заметить, что есть группа «нормальных» опорных точек, лежащих в районе истинного значения (точки № 1, 8, 10, 11), и группа «аномальных» опорных точек, к которой можно отнести все остальные точки. Очевидно, что если предварительно отсеять все «аномальные» оценки и при вписывании регрессионной прямой использовать только «нормальные», есть возможность повысить точность оценивания дисперсии даже для высокотекстурных изображений (точность оценивания считается приемлемой, если значение полученной оценки дисперсии попадает в диапазон 0,8...1,2 от ее истинного значения [15, 16]).

Поэтому целью данной работы является создание эффективной методики отсева аномальных оценок.

### Описание предлагаемого метода оценивания дисперсии аддитивных помех

Предлагаемый метод (ВГрОТС – вписывание по группе опорных точек скаттерогаммы) содержит следующие этапы: сегментация изображения, получение локальных оценок дисперсии и среднего для однородных участков, построение скаттерогаммы, определение опорных точек, выделение группы нормальных оценок, вписывание полинома нулевого порядка по опорным точкам из группы

нормальных оценок при помощи ДВМНК. Для выделения группы нормальных опорных точек предлагается следующий алгоритм.

1. Вычисление матрицы расстояний между опорными точками:

$$D_{ij} = \left| \sigma_{опi}^2 - \sigma_{опj}^2 \right|, i, j = \overline{1, N},$$

где  $N$  – количество опорных точек.

2. Нормирование элементов каждого столбца на сумму элементов в данном столбце:

$$DN_{ij} = D_{ij} / \sum_{i=1}^N D_{ij}.$$

3. Выделение в каждом столбце групп точек, «подобных»  $j$ -той точке ( $GrS_j$ ) и отличающихся от нее ( $GrD_j$ ), путем сравнения значения нормированного расстояния для текущей точки с величиной порога  $Th$ : точки, для которых  $DN_{ij} < Th$ , входят в группу  $GrS_j$ , в противном случае точка включается в группу  $GrD_j$  (рис. 2).

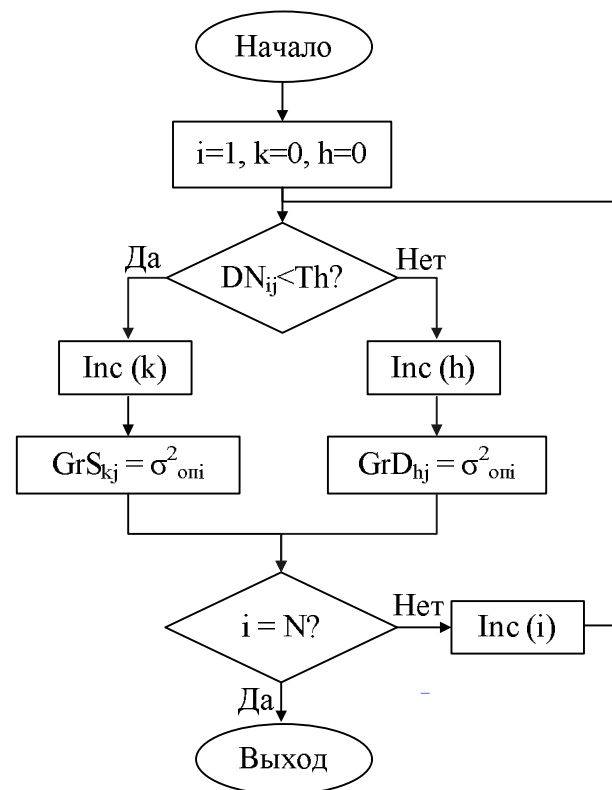


Рис. 2. Алгоритм выделения групп точек, подобных  $j$ -й точке и отличающихся от нее

4. Вписывание по всем найденным  $2N$  группам точек  $GrS_j$  и  $GrD_j$  регрессионных прямых (полиномов нулевого порядка) с использованием ДВМНК.

5. Вычисление средних квадратических отклонений (СКО) точек, входящих в каждую из групп

GrS<sub>j</sub> и GrD<sub>j</sub> от значений параметров вписанных прямых bs<sub>j</sub> и bd<sub>j</sub> соответственно.

$$\text{DevS}_j = \sqrt{\sum_{k=1}^K (\text{GrS}_{kj} - bs_j)^2 / (N-1)},$$

$$\text{DevD}_j = \sqrt{\sum_{h=1}^H (\text{GrD}_{hj} - bd_j)^2 / (N-1)},$$

где K, H – количество точек в группах GrS<sub>j</sub> и GrD<sub>j</sub> соответственно.

6. Принятие в качестве результирующей оценки дисперсии параметра прямой, вписанной по группе точек с наименьшим СКО. При этом поиск группы с наименьшим СКО осуществляется только среди групп, в состав которых входит вторая по значению опорная точка в отсортированной по возрастанию выборке  $\{\sigma_{\text{оп}j}^2\}$  ( $j = \overline{1, N}$ ).

На рис. 3 приведен пример скаттерграммы локальных оценок дисперсии и среднего для изображения № 13. Опорные точки, составляющие «нормальную» группу, обозначены маркерами квадрат-

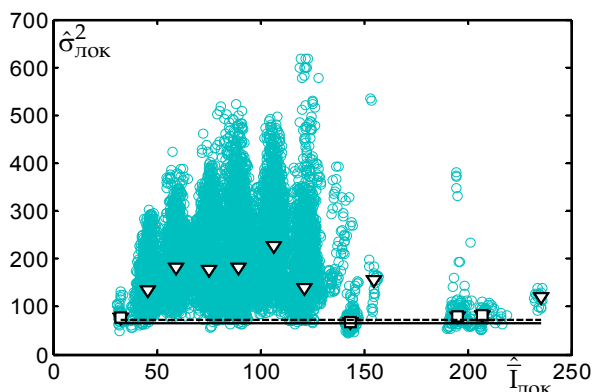


Рис. 3. Скаттерграмма локальных оценок дисперсии и среднего с двумя прямыми аппроксимации: истинной (сплошная) и полученной методом VGrOTS (штриховая)

ной формы, группа «аномальных» точек обозначена маркерами треугольной формы. Сплошной линией показана прямая, вписанная по истинным параметрам шума, штриховой – вписанная при помощи ДВМНК по группе «нормальных» точек, полученной при помощи описанного выше алгоритма.

С целью определения оптимального значения порога Th с точки зрения его влияния на общую точность автоматического метода оценивания дисперсии аддитивных помех был рассмотрен диапазон его значений от 0,03 до 0,075. Анализ проводился по изображениям из базы TID2008, на которых присутствовал шум, описываемый моделью:

$$I_{ml} = I_{ml}^{\text{ист}} + n_{ml},$$

где I<sub>ml</sub><sup>ист</sup> – незашумленное изображение; n<sub>ml</sub> – аддитивная Гауссова помеха с нулевым средним и дисперсией σ<sub>a</sub><sup>2</sup>; m, l – индексы пикселей изображения.

В качестве критериев точности использовались смещенность  $\Delta = \langle \hat{\sigma}_a^2 \rangle - \sigma_a^2$ , дисперсия

$$\theta^2 = \langle (\hat{\sigma}_a^2 - \langle \hat{\sigma}_a^2 \rangle)^2 \rangle$$

и приведенная ошибка оценивания  $\varepsilon = \Delta^2 + \theta^2$ , где  $\langle \cdot \rangle$  – означает операцию усреднения по ансамблю реализаций помех. Для получения статистически достоверных результатов усреднение проводилось по 100 реализациям шума.

Результаты для некоторых значений порога приведены на рис. 4.

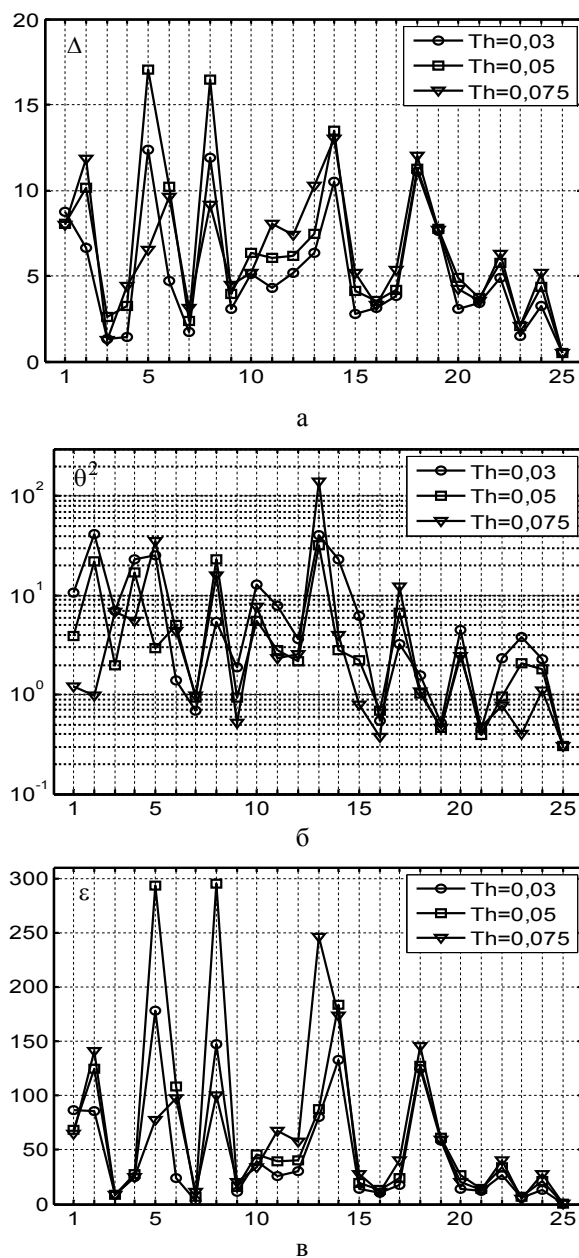


Рис. 4. Сравнительный анализ величин смещенности (а), дисперсии (б) и приведенной ошибки (в) оценивания при различных значениях порога Th

По оси абсцисс отложены номера изображений в базе TID2008 (красная компонента).

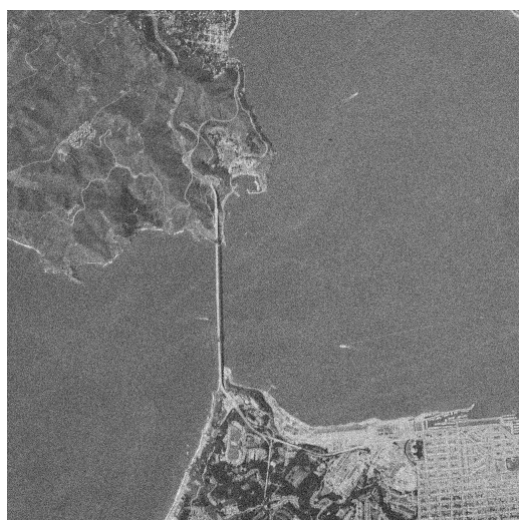
Как видим, уменьшение порога приводит к уменьшению смещенности, однако при этом, как правило, возрастает дисперсия оценивания. При величине порога  $Th = 0,05$  наблюдаемые смещенности оценок дисперсии существенно ниже, чем при  $Th = 0,075$ , а дисперсия оценивания при этом выше ненамного. В связи с чем все последующие результаты для метода ВГрОТС приведены для значения порога  $Th = 0,05$ .

### Анализ результатов

На рис. 5 приведены тестовые изображения Frisco и Airfield, являющиеся характерными примерами аэрофотосъемки местности. В табл. 1 приведе-

ны результаты оценивания дисперсии для этих тестовых изображений, полученные с использованием метода ВГрОТС. Для сравнения приведены результаты для метода (МРЛОД) [11], а также для метода Зорана и Вейса (ЗВ-метод) [17], который относится ко второй группе (основан на поиске минимума двумерной функции коэффициента эксцесса и локальной дисперсии в ДКП-области). Рассмотрены случаи пространственно некоррелированного и коррелированного шума.

Начнем анализ с результатов для изображения Frisco (см. рис. 5,а). Это изображение может быть отнесено к классу низкотекстурных, поскольку большую часть его площади занимают однородные участки. Как видим (см. табл. 1), на этом изображении в случае пространственно некоррелированного шума ЗВ-метод обеспечивает наименее смещенные



а



б

Рис. 5. Тестовые изображения Frisco (а) и Airfield (б), зашумленные аддитивным шумом с дисперсией  $\sigma_a^2=65$

Таблица 1

Сравнительный анализ точности оценивания дисперсии на тестовых изображениях Frisco и Airfield

Изображение	Параметры шума	Метод	Некоррелированный шум			Коррелированный шум		
			$\Delta$	$\theta^2$	$\varepsilon$	$\Delta$	$\theta^2$	$\varepsilon$
Frisco	$\sigma_a^2 = 65$	ВГрОТС	4,29	0,6	18,98	-9,42	0,95	89,71
		МРЛОД	4,25	0,1	18,19	-9,15	0,32	83,96
		ЗВ-метод	2,26	0,14	5,25	-61,95	0,01	3837,2
	$\sigma_a^2 = 130$	ВГрОТС	2,9	1,84	10,22	-24,86	6,9	625,0
		МРЛОД	3,04	0,34	9,56	-23,89	1,24	571,92
		ЗВ-метод	-0,75	0,53	1,1	-130,0	0,00053	1690,0
Airfield	$\sigma_a^2 = 65$	ВГрОТС	28,65	52,38	873,1	17,22	76,23	372,6
		МРЛОД	50,13	0,69	2513,5	38,02	1,26	1446,93
		ЗВ-метод	23,7	0,36	562,03	-34,9	0,046	1218,0
	$\sigma_a^2 = 130$	ВГрОТС	28,67	73,62	895,8	1,82	114,69	118,0
		МРЛОД	49,41	1,56	2442,6	24,2	3,62	589,39
		ЗВ-метод	18,81	0,64	354,4	-100,05	0,083	10011,0

оценки, однако при коррелированном шуме, оценки, полученные с использованием этого метода оказываются существенно заниженными. Методы МРЛОД и ВГрОТС обеспечивают немного завышенные оценки в случае пространственно некоррелированного шума и несколько заниженные в случае, когда шум является пространственно коррелированным, однако в обоих случаях точность оценивания является приемлемой. Следует отметить, что величина смещенности оценок, полученных методом ВГрОТС практически такая же, как и для метода МРЛОД, однако дисперсия оценивания для метода ВГрОТС несколько выше.

Обратимся теперь к результатам для изображения Airfield (см. рис. 5,б). Данное изображение является высокотекстурным и содержит большое количество границ и малоразмерных объектов. Как видим, на этом изображении ЗВ-метод также обеспечивает наименее смещенные оценки при некоррелированном шуме, однако в случае пространственно-коррелированного шума его оценки становятся существенно заниженными. Метод МРЛОД обеспечивает наиболее смещенные оценки как в случае некоррелированного, так и в случае коррелированного шума. Оценки, полученные методом ВГрОТС, для случая некоррелированного шума смещены существенно меньше, чем для метода МРЛОД и ненамного больше по сравнению с ЗВ-методом. При пространственно-коррелированном шуме смещенность оценивания методом ВГрОТС наименьшая среди всех рассмотренных методов. Что касается дисперсии оценивания, то для метода ВГрОТС она существенно выше, чем для МРЛОД и ЗВ-метода, однако даже с учетом этого метод ВГрОТС в большинстве ситуаций обеспечивает наилучший результат по критерию минимума приведенной ошибки.

Проанализируем точность оценивания дисперсии вышеупомянутыми методами на цветных изображениях из базы TID2008. Истинная дисперсия шума 65. Результаты оценивания для красной компоненты для случаев пространственно-некоррелированного и пространственно-коррелированного шума приведены на рис. 6 и 7 соответственно.

Как видим, в случае некоррелированного шума ЗВ-метод обеспечивает существенно смещенные оценки (в основном заниженные), дисперсия оценивания при этом оказывается небольшой (не выше единиц). Однако в случае пространственно-коррелированного шума этот метод полностью утрачивает работоспособность (оценки дисперсии близки к нулю, а дисперсия оценивания может достигать  $10^5$ ).

Метод ВГрОТС в большинстве ситуаций обеспечивает наименее смещенные оценки в случае пространственно некоррелированного шума и практически на том же уровне, что и метод МРЛОД, когда

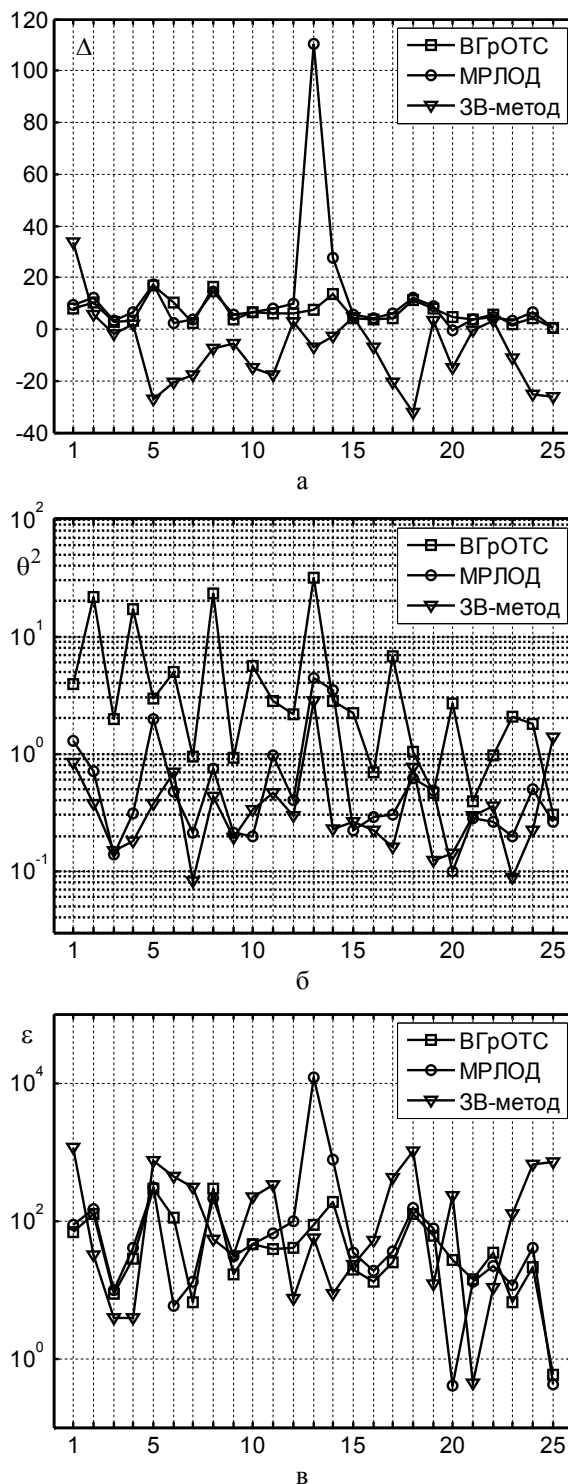


Рис. 6. Сравнительный анализ точности методов оценивания дисперсии некоррелированного шума с дисперсией  $\sigma_a^2 = 65$  на изображениях из базы TID2008 (красная компонента): а – смещенность, б – дисперсия, в – приведенная ошибка оценивания

шум пространственно-коррелированный. Отдельно следует отметить существенное уменьшение смещенностей оценок дисперсии для высокотекстурных изображений № 13 и 14 как в случае некоррелированного, так и в случае коррелированного шума.

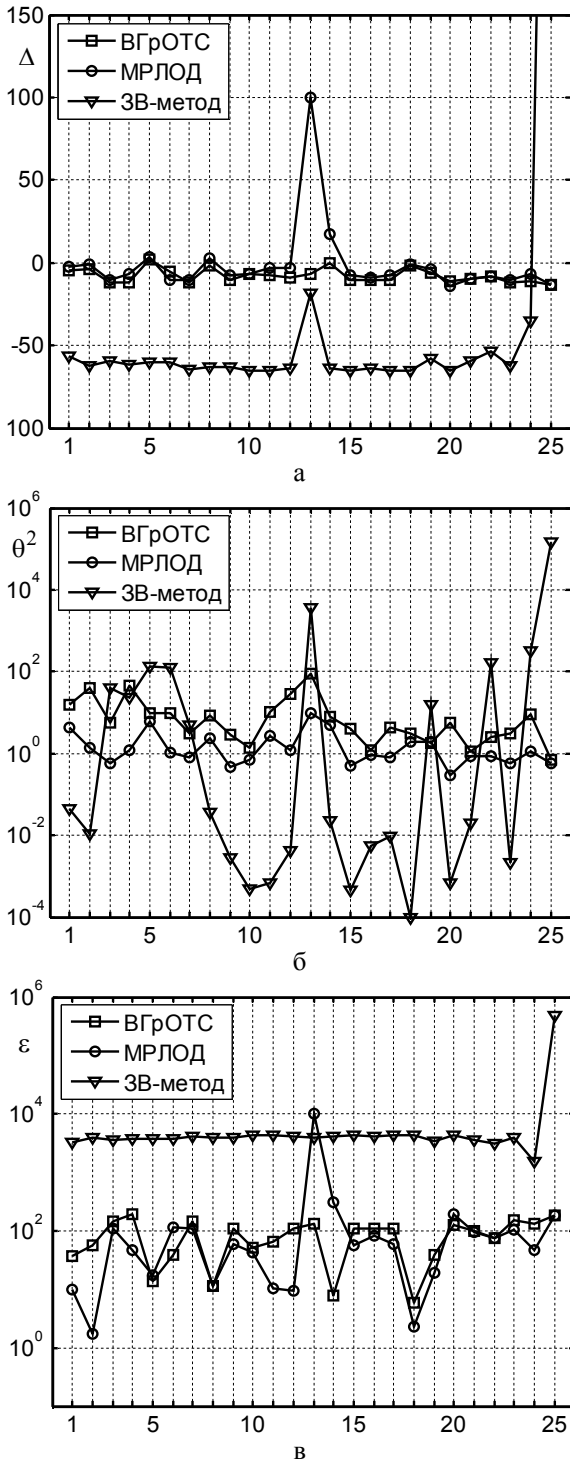


Рис. 7. Сравнительный анализ точности методов оценивания дисперсии коррелированного шума с дисперсией  $\sigma_a^2 = 65$  на изображениях из базы TID2008 (красная компонента): а – смещенность, б – дисперсия, в – приведенная ошибка оценивания

Недостатком метода ВГрОТС является то, что поскольку для получения результирующей оценки дисперсии используется меньшее количество локальных оценок, дисперсия оценивания для этого метода в среднем на порядок выше, чем для методов ЗВ и МРЛОД. Однако даже с учетом этого приве-

денная ошибка оценивания за счет существенного уменьшения смещенности оказывается практически такой же либо ниже, чем для метода МРЛОД как при пространственно-некоррелированном, так и при пространственно-коррелированном шуме, причем наиболее заметные улучшения наблюдаются для высокотекстурных изображений.

## Заключение

Предложенный автоматический метод оценивания дисперсии аддитивного шума, основанный на вписывании полинома нулевого порядка по группе «нормальных» опорных точек скаттерграммы локальных оценок дисперсии и среднего, позволяет существенно повысить точность оценивания (в особенности для текстурных изображений) по сравнению с ранее разработанными методами, рассмотренными в данной работе. В дальнейшем планируется провести исследования возможности уменьшения дисперсии оценивания для этого метода, а также возможности использования описанного подхода для повышения точности методов оценивания дисперсии помех сложного вида.

## Литература

1. Bovik, A. *Handbook on Image and Video Processing [Text]* / A. Bovik. – USA: Academic Press, 2000. – 1354 p.
2. Pratt, W.K. *Digital Image Processing. Fourth Edition [Text]* / W.K. Pratt. – NY: Wiley-Interscience, 2007. – 720 p.
3. *Обработка случайных сигналов и процессов [Текст]: учеб. пособие* / А.Н. Беседин, А.А. Зеленский, Г.П. Кулемин, В.В. Лукин. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2005 – 469 с.
4. Hoffman, R. *Interpreting Remote Sensing Imagery: Human Factors [Text]* / R. Hoffman, A. Markman. – CRC Press, LLC, 2001. – 424 p.
5. *Remote Sensing Digital Image Analysis. An Introduction. 3-rd edition [Text]* / Jia Xiuping, J.A. Richards, W. Gessner, D.E. Ricken. – Berlin: Springer-Verlag, 1999. – 400 p.
6. *Image Informative Maps for Estimating Noise Standard Deviation and Texture Parameters [Text]* / M. Uss, B. Vozel, V. Lukin, S. Abramov, I. Baryshev, K. Chehdi // *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*. – 2011. – Vol. 2011. – Article ID 806516, – 12 p., Doi: 10.1155/2011/806516
7. *Анализ методов автоматического оценивания дисперсии помех по базе цифровых тестовых изображений [Текст]* / В.В. Лукин, С.К. Абрамов, М.Л. Усс, В.В. Абрамова, Н.Н. Пономаренко, А.А. Зеленский, Б. Возель, К. Шеди, Я. Астола // *Методы цифровой обработки сигналов для решения прикладных задач: моногр.* – М.: Радиотехника, 2012 – Гл. 1. – С. 7 – 51.

8. Astola, J. *Fundamentals of nonlinear digital filtering [Text]* / J. Astola, P. Kuosmanen. – Boca Raton (USA): CRC Press LLC, 1997. – 276 p.

9. Starck, J. *Image Processing and Data Analysis: The Multiscale Approach [Text]* / J. Starck, F.D. Murtagh, A. Bijaoui. – Cambridge University Press, 1998. – 315 p.

10. *Methods for blind evaluation of noise variance in multichannel optical and radar images [Text]* / V.V. Lukin, S.K. Abramov, N.N. Ponomarenko, B. Vozel, K. Chehdi // *Telecommunications and Radioengineering*. – 2006. – Vol. 65 (6). – P. 509-537.

11. *Improved minimal inter-quantile distance method for blind estimation of noise variance in images [Text]* / V.V. Lukin, S.K. Abramov, A.A. Zelensky, J.T. Astola, B. Vozel, K. Chehdi // *Proc. of the SPIE on Image and Signal Processing for Remote Sensing XIII*, Florence, Italy. – 2007. – Vol. 6748. – P. 67481I.

12. Klaine, L. *Unsupervised Variational Classification Through Image Multi-Thresholding [Text]* / L. Klaine, B. Vozel, K. Chehdi // *Proc. of the 13th EUSIPCO Conference, Antalya, Turkey, 2005*. – 4 p.

13. *Tampere Image Database 2008 TID2008, version 1.0 [Электронный ресурс]*. – Режим доступа: <http://ponomarenko.info/tid2008.htm>. – 7.05.2010 г.

14. Забродина, В.В. *Применение робастных методов вписывания регрессионной прямой для повышения точности оценивания дисперсии сложных помех на изображениях [Текст]* / В.В. Забродина, С.К. Абрамов // *Радіоелектронні і комп'ютерні системи*. – 2010. – №4(45). – С. 149 – 155.

15. *Influence of multiplicative noise variance evaluation accuracy on MM-band SLAR image filtering efficiency [Text]* / S.K. Abramov, V.V. Lukin, N.N. Ponomarenko, K.O. Egiazarian, O.B. Pogreb-nyak // *Proceedings of the Fifth International Kharkov Symposium "Physics and Engineering of Millimeter and Sub-Millimeter Waves"*, Kharkov, Ukraine, June 2004. – Vol.1. – P. 250-252.

16. *Local Activity Indicators: Analysis and Application to Hard-Switching Adaptive Filtering of Images [Text]* / V.P. Melnik, V.V. Lukin, A.A. Zelensky, J.T. Astola, P. Kuosmanen // *Optical Engineering Journal*. – 2001. – Vol. 40, No 8. – P. 1441-1455.

17. Zoran, D. *Scale Invariance and Noise in Natural Images [Text]* / D. Zoran, Y. Weiss // *ICCV*. – 2009. – P. 2209-2216. – Available from: <http://www.cs.huji.ac.il/~yweiss/> – 29.01.2012.

Поступила в редакцию 30.01.2012

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф., проф. каф. «Проектирования радиоэлектронных систем летательных аппаратов» Э.Н. Хомяков, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

## СКАТТЕРОГРАМНИЙ МЕТОД АВТОМАТИЧНОГО ОЦІНЮВАННЯ ДИСПЕРСІЇ АДИТИВНИХ ЗАВАД НА ЗОБРАЖЕННЯХ

*В.В. Абрамова*

Запропоновано метод автоматичного оцінювання дисперсії адитивних завад, заснований на вписуванні полінома нульового порядку по групі «нормальних» опорних точок скаттерограми локальних оцінок дисперсії та середнього. На основі даних чисельного моделювання для зображень з бази TID2008 показано, що точність запропонованого методу в більшості ситуацій виявляється вищою у порівнянні з іншими відомими методами, при цьому найістотніше підвищення точності спостерігається для зображень, що містять велику кількість текстурних ділянок, меж та малорозмірних об'єктів. Метод є ефективним як у випадку просторово-корельованого шуму, так і у випадку, коли шум є просторово-корельованим.

**Ключові слова:** дистанційне зондування, адитивні завади, автоматичне оцінювання дисперсії, регресійний аналіз.

## SCATTER-PLOT METHOD FOR BLIND ADDITIVE NOISE VARIANCE EVALUATION IN IMAGES

*V.V. Abramova*

A method for blind additive noise variance evaluation has been proposed. It is based on first degree polynomial fitting into "normal" reference points on scatter-plot of local variance and mean estimates. Numerical simulation results obtained for images from TID2008 database show that accuracy of the method is higher in comparison to other known methods. The most significant accuracy increase is observed for highly-textural images containing many edges and small objects. The method is effective both for cases of spatially uncorrelated and correlated noise.

**Key words:** remote sensing, additive noise, blind variance evaluation, regression analysis.

**Абрамова Виктория Валерьевна** – аспирант каф. приема, передачи и обработки сигналов, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина, e-mail: [Victoriya\\_Zabr@mail.ru](mailto:Victoriya_Zabr@mail.ru).