

## О ПОВЫШЕНИИ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ МЕТОДА КОМПЛЕКСИРОВАНИЯ МНОГОСПЕКТРАЛЬНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ПЕРЕНОСА ГРАДИЕНТОВ

*Шипко В.В., к.т.н., ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж, e-mail: shipko.v@bk.ru.*

## ABOUT INCREASE OF THE NOISE STABILITY OF THE METHOD OF INTEGRATION OF MULTISPECTRAL IMAGES ON THE BASIS OF TRANSFER OF GRADIENTS

*Shipko V.V.*

*Approach to increase of a noise stability of a method of integration of multispectral images on the basis of transfer of gradients is given in article. It is shown that estimates of brightness priority spectral components can be created by a method of interchannel gradient reconstruction. The presented examples of integration images and results of numerical researches, confirm efficiency of the offered approach.*

**Key words:** integration of images, multispectral images, noise stability.

**Ключевые слова:** комплексирование изображений, многоспектральные изображения, помехоустойчивость.

### Введение

Комплексирование многоспектральных изображений является одним из самых важных направлений обработки изображений. Адекватным способом комплексирования разнородных многоспектральных изображений является комплексирование с приоритетом одной из спектральных компонент с целью максимизировать ее влияние на результирующее единое изображение. При этом необходимо перенести отличительные признаки остальных спектральных изображений на результирующее изображение. Наиболее информативным признаком изображений объектов являются их контуры [1-4]. Поэтому именно контуры изображений всех спектральных компонент многоспектрального изображения должны присутствовать в едином комплексированном изображении.

Хорошие результаты комплексирования с приоритетом, показал метод на основе переноса градиентов [5]. Но качественное выделение и перенос контурных признаков приоритетному изображению могут затруднять помехи и различного рода искажения. Поэтому необходимо учитывать эти обстоятельства при построении алгоритмов комплексирования на основе переноса градиентов.

### Пути повышения помехоустойчивости метода комплексирования мультиспектральных изображений на основе переноса градиентов

Очень важно, при формировании единого (эталонного) изображения для оценки общих контурных признаков выбрать адекватный метод. Например, метод усреднения  $L$ -компонент, частично сгладит шумовую составляющую, однако не всегда это даст хороший результат [2, 3], и такому изображению потребуются дополнительная фильтрация, что может привести к потере ценной информации о контурах объектов. В свою очередь метод максимума

*Приведен подход к повышению помехоустойчивости метода комплексирования многоспектральных изображений на основе переноса градиентов. Показано, что оценки яркости приоритетной спектральной компоненты можно формировать по методу межканальной градиентной реконструкции. Представленные примеры комплексированных изображений и результаты численных исследований, подтверждают эффективность предложенного подхода.*

может наоборот повысить интенсивность шума на едином изображении. Поэтому вопрос формирования эталона контурных признаков является очень важной задачей и требует отдельного рассмотрения.

После получения эталона контуров, как указано в [5], формируется набор оценок каждого пиксела единого комплексированного изображения с приоритетной компонентой  $r$  по полученным градиентам единого эталонного изображения:

$$(\hat{\lambda}_{i,j}^r)_d = \lambda_{i,j}^r + (\Delta_{i\pm p, j\pm q})_d \quad (1)$$

При формировании набора оценок (1), в случае наличия шума или различного рода искажений в приоритетном канале, эти искажения перейдут и в комплексированное изображение.

Хороший результат по устранению как импульсного, так и аддитивного шума на многоспектральных изображениях показал метод межканальной градиентной реконструкции [6, 7], заключающийся в восстановлении искаженных пикселей одной спектральной компоненты по градиентам соседних компонент. В соответствии с методом межканальной градиентной реконструкции, набор оценок комплексированного изображения можно сформировать следующим образом:

$$(\hat{\lambda}_{i,j}^r)_d = \lambda_{i\pm p, j\pm q}^r + (\Delta_{i\pm p, j\pm q})_d \quad (2)$$

Тогда единое комплексированное изображение можно получить в виде оценки:

$$\hat{\lambda}_{i,j}^r = M[(\hat{\lambda}_{i,j}^r)_d], \quad (3)$$

где  $M$  – оператор формирования оценки единого комплексированного изображения [5].

**Примеры комплексирования и результаты численных исследований**

При проведении численных исследований использовались спектрозональные изображения, представленные в [5]. В качестве приоритетного изображения при комплексировании и оценке яркости выбрано первое спектрозональное изображение  $\lambda_{i,j}^1$ , в качестве эталонов для переноса градиентов и последующей оценки контуров использовалось среднее изображение  $y_{i,j}^{mean}$ . Конечная оценка (3) вычислялась как **медиана** набора оценок (1) или (2). На рис. 1 представлены зависимости  $\sigma$  и  $\delta$  [5]

от СКО аддитивного гауссовского шума  $\sigma_{ш}$  при разных значениях  $P, Q$ . На рис. 1 кривая 1 – для оценок (1) при  $(P, Q) = 1$ , 2 – для оценок (1) при  $(P, Q) = 5$ , 3 – для (2) при  $(P, Q) = 1$ , 4 – для (2) при  $(P, Q) = 5$ . Кривые 1-4 получены при наличии шума в каждой спектрозональной компоненте. Кривые 5 и 6 получены для оценки (2) при  $(P, Q) = 1$  и  $(P, Q) = 5$  соответственно, в случае наличия шума в одной (приоритетной) компоненте.

На рис. 2, 3 представлены некоторые варианты комплексированных изображений, полученные по разработанному методу с результатами их численных оценок.

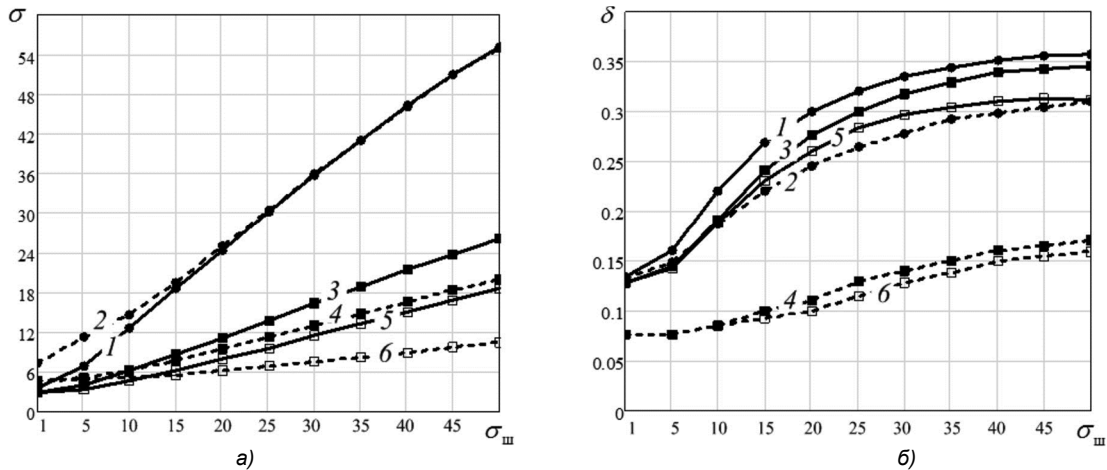


Рис. 1. Зависимость  $\sigma$  (а) и  $\delta$  (б) от СКО шума  $\sigma_{ш}$

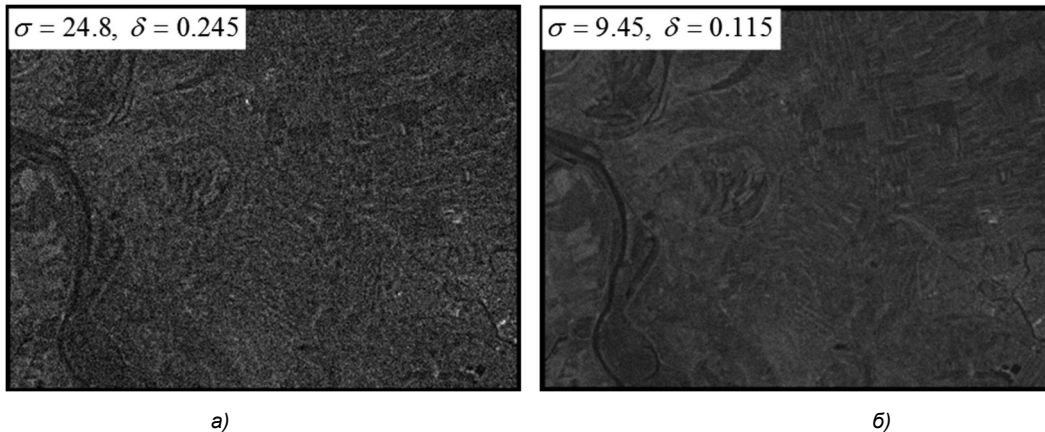


Рис. 2. Комплексированные изображения при наличии шума  $\sigma_{ш} = 20$  в каждом канале, для следующих оценок: (1) при  $(P, Q) = 5$  – а; (2) при  $(P, Q) = 5$  – б

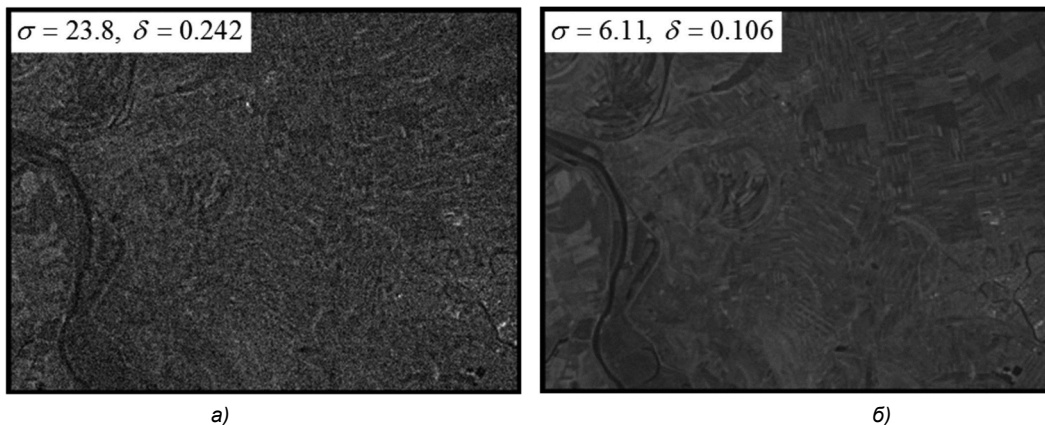
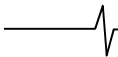


Рис. 3. Комплексированные изображения при наличии шума  $\sigma_{ш} = 20$  в одном канале (приоритетном), для следующих оценок: (1) при  $(P, Q) = 5$  – а; (2) при  $(P, Q) = 5$  – б



Рассмотрим еще один пример. На рис. 4 представлены спектрозональные компоненты гиперспектрального изображения с различного рода искажениями и помехами.

На рис. 5 показаны изображения и их контура, полученные усреднением и максимумом исходных спектрозональных изображений. В качестве эталона для получения контуров в комплексированном изображении по разработанному методу предпочтительней выбрать усредненное изображение  $y_{i,j}^{\text{mean}}$  (рис. 5 а), т.к. на изображении  $y_{i,j}^{\text{max}}$  (рис. 5 б) присутствуют помехи, имеющие максимумы в исходных спектрозональных изображении-

ях, и которые отрицательно повлияют на результирующее изображение.

На рис. 6 представлены комплексированные изображения, полученные по разработанному методу усреднением оценок (2) с приоритетом спектрозональной компоненты  $\lambda_{i,j}^4$  и эталоном для переноса контуров  $y_{i,j}^{\text{mean}}$ . Полученные комплексированные изображения имеют выраженные контурные признаки эталонного изображения  $y_{i,j}^{\text{mean}}$ , при этом яркостный портрет исходного (приоритетного) изображения сохранился. Искажения и помехи присутствующие в исходных спектрозональных изображениях, на результирующем изображении практически отсутствуют.

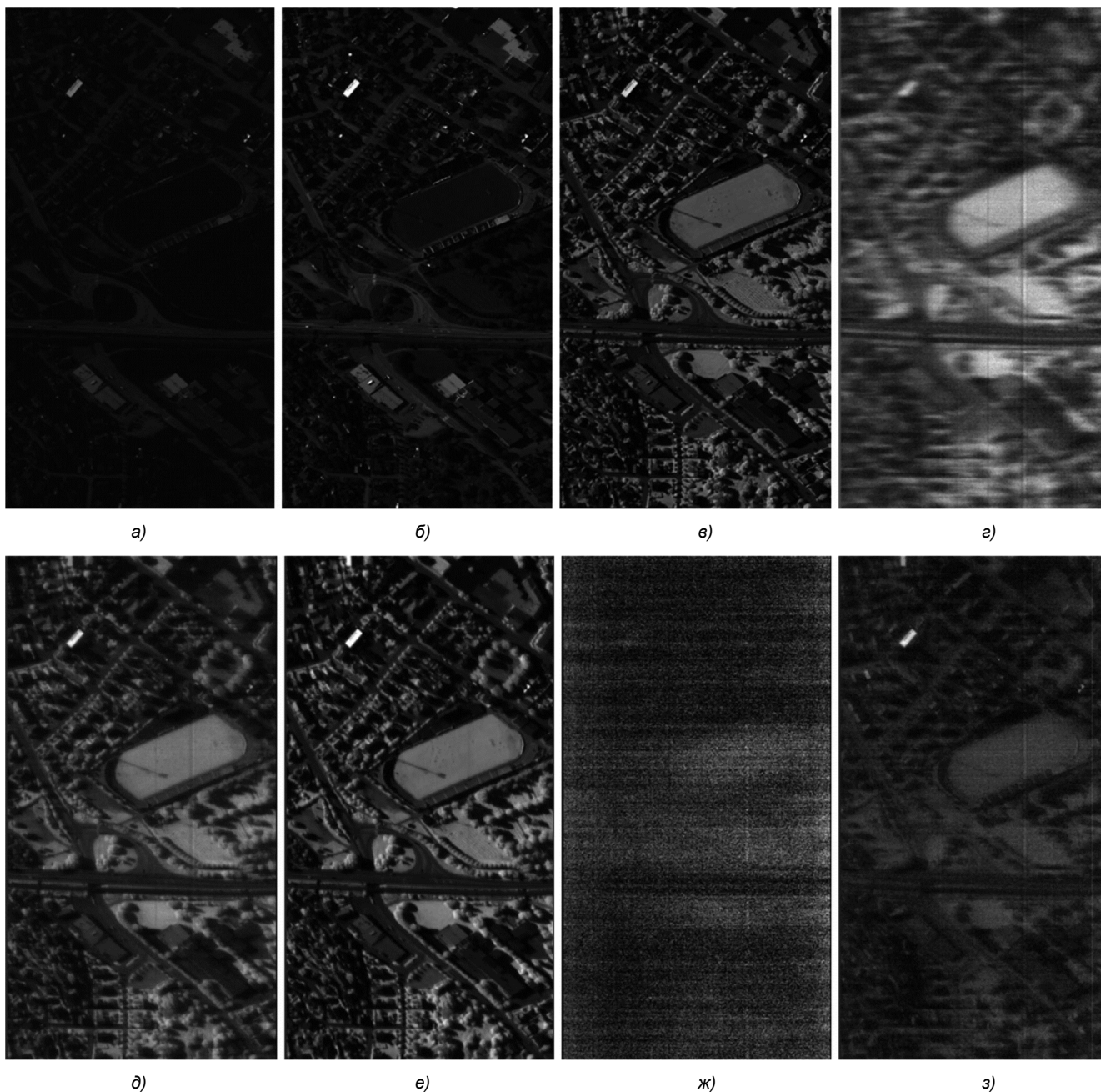


Рис. 4. Спектрозональные изображения:  $\lambda_{i,j}^1$  (401 нм) – а,  $\lambda_{i,j}^2$  (537,8 нм) – б,  $\lambda_{i,j}^3$  (869,8 нм) – в,  $\lambda_{i,j}^4$  (903,4 нм) – г,  $\lambda_{i,j}^5$  (918,6 нм) – д,  $\lambda_{i,j}^6$  (1065,5 нм) – е,  $\lambda_{i,j}^7$  (1364,7 нм) – ж,  $\lambda_{i,j}^8$  (1733,8 нм) – з

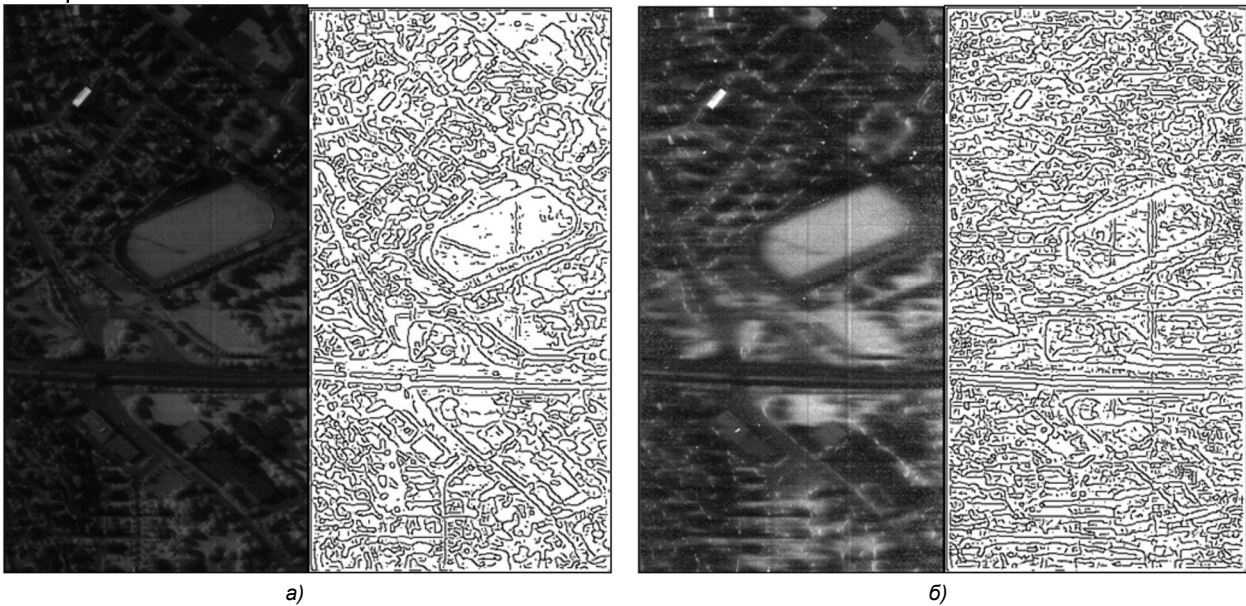


Рис. 5. Эталонные комплексированные изображения и их контура:  $y_{i,j}^{\text{mean}}$  – а,  $y_{i,j}^{\text{max}}$  – б

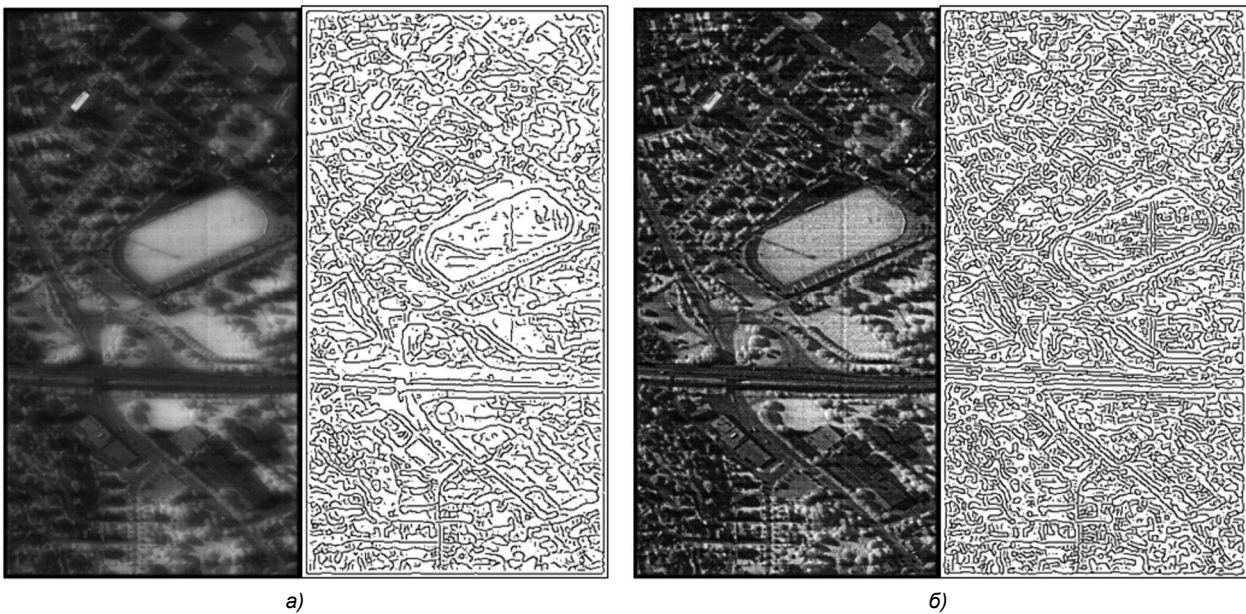


Рис. 6. Комплексированные изображения, полученные усреднением оценок (2) с приоритетом яркости изображения  $\lambda_{i,j}^4$  и переносом градиентов изображения  $y_{i,j}^{\text{mean}}$ :  $(P, Q) = 1, k = 1$ , – а,  $(P, Q) = 5, k = 4$ , – б

## Заключение

Таким образом, разработанный метод позволяет с высокой эффективностью комплексировать многоспектральные изображения, в том числе и гиперспектральные, в условиях помех и различного рода искажений. Дальнейшим направлением развития предложенного метода на основе переноса градиентов является его оптимизация в смысле критериев минимума СКО яркости приоритетного и комплексированного изображений и минимума ошибок определения контуров комплексированного и эталонного изображений.

## Литература

1. Современные технологии обработки данных дистанционного зондирования Земли / Под ред. В.В. Еремеева. М.: Физматлит, 2015. 460 с.
2. Автоматизированные системы наземных комплексов сбора и обработки данных воздушной разведки.

Учебное пособие / Под ред. И.Н. Белоглазова. М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского. 2003. 296 с.

3. Сагдуллаев Ю.С., Ковин С.Д. Восприятие и анализ разноспектральных изображений: Монография. М.: Издательство «Спутник+», 2016. 251 с.

4. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2005. 1072 с.

5. Шипко В.В. Метод комплексирования многоспектральных изображений на основе переноса градиентов // Цифровая обработка сигналов. 2019. № 3.

6. Самойлин Е.А., Шипко В.В. Метод межканальной градиентной реконструкции искаженных сигналов цветных цифровых изображений // Цифровая обработка сигналов. 2013. № 3. С. 13-16.

7. Самойлин Е.А., Шипко В.В. Межканальная градиентная реконструкция сигналов цветных цифровых изображений искаженных импульсными помехами // Автометрия. 2014. Т. 50. № 2. С. 22-30.