

МЕТОД РАЗЛИЧЕНИЯ СЛУЧАЙНЫХ СИГНАЛОВ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ И ИМПУЛЬСНЫХ ПОМЕХ НА ОСНОВЕ СВОЙСТВА МЕЖКАНАЛЬНОЙ ИЗБЫТОЧНОСТИ

Самойлин Е.А., д.т.н., профессор ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж, e-mail: es977@mail.ru

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

Ключевые слова: многокомпонентные изображения, импульсные помехи, межканальная избыточность, случайные сигналы, градиентная оценка.

Введение

Для многих современных систем и приложений характерно использование многокомпонентных цифровых изображений, к которым можно отнести цветные оптические, многочастотные и многополяризационные радиолокационные, мульти- и гиперспектральные изображения. Многокомпонентность таких данных позволяет либо повысить точность и надежность решения ряда конечных задач, либо извлекать полезную информацию, которую принципиально невозможно извлечь из одноканальных изображений [1].

Для многих из перечисленных выше типов многокомпонентных изображений одним из основных факторов, снижающих качество исходных данных, является наличие различного рода помех и искажающих факторов. Поэтому для повышения визуального качества изображений и, соответственно, эффективности решения конечных задач (классификации, обнаружения объектов, измерения параметров и т.п.) используют алгоритмы фильтрации изображений, синтезируемые для конкретной модели помех [2].

Как известно [3], многие практические условия передачи и преобразования цифровых изображений становятся причиной появления на растре случайных помех, относящихся к классу точечных или импульсных. При этом импульсные помехи (ИП) со случайными значениями импульсов являются наиболее сложным случаем при их фильтрации [4, 5]. Наиболее распространенными на практике являются ИП с равномерным, бимодальным и модальным гауссовоподобными распределениями яркости [3-5].

Практически все известные [6-10] алгоритмы подавления ИП на изображениях на первом этапе обработки реализуют процедуру различения полезных сигналов и ИП, а на втором – восстановление каким-либо методом потерянных (вследствие воздействия помех) элементов изображения. К настоящему времени разработано множество разнообразных алгоритмов обнаружения ИП [5, 6, 10, 11], являющихся покомпонентными. При этом лишь незначительное количество этих алгоритмов мо-

Предложен метод различения случайных сигналов многокомпонентных изображений и импульсных помех, основанный на вычислении и сопоставлении межканальных градиентных оценок. Представлены результаты численных исследований метода, свидетельствующие о снижении числа ошибок различения сигналов и помех по сравнению с известными ранговыми алгоритмами обработки многокомпонентных изображений.

жет быть обобщено на векторный случай. Поэтому представляет интерес использование свойства межканальной избыточности для построения векторного алгоритма обнаружения ИП. В частности, это свойство было использовано на этапе восстановления сигналов многокомпонентных изображений [6, 7]. Однако в работах [6, 7] на первом этапе обработки использованы известные скалярные обнаружители ИП.

Цель предлагаемой работы – разработка метода различения случайных сигналов и ИП на цифровых многокомпонентных изображениях на основе свойства межканальной избыточности.

Постановка задачи различения сигналов и помех на многокомпонентных цифровых изображениях

Используемая модель исходного оцифрованного по строкам i и столбцам j L -компонентного изображения Λ в общем случае имеет вид [3]

$$\Lambda = [\lambda_{i,j}^1 \quad \lambda_{i,j}^2 \quad \dots \quad \lambda_{i,j}^L]^T, \quad \lambda_{i,j}^l \in [0, \dots, 2^N - 1]. \quad (1)$$

Здесь $i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n$, где m, n – число строк и столбцов изображения соответственно; $l = 1, \dots, L$, где L – число компонент, N – степень квантования яркости компонент изображения.

Модель L -компонентного изображения, искаженного воздействием ИП, описывается выражением

$$\mathbf{X} = [x_{i,j}^1 \quad x_{i,j}^2 \quad \dots \quad x_{i,j}^L]^T, \quad (2)$$

где каждый канал l (2) содержит ИП

$$x_{i,j}^l = \begin{cases} h_{i,j}^l & \text{с вероятностью } p_h^l, \\ \lambda_{i,j}^l & \text{с вероятностью } 1 - p_h^l, \end{cases} \quad (3)$$

где p_h^l – вероятность появления помехи $h_{i,j}^l$ в ячейке с координатой (i, j) , которая не зависит ни от наличия помех в других координатах, ни от исходного сигнала, ни от

наличия помех в соседних каналах; $h_{i,j}^l$ – независимые случайные значения ИП в каналах изображения. Эти значения описываются, как правило, равномерным законом распределения и соответствуют интервалу квантования (1):

$$h_{i,j}^l = \text{md}[0, \dots, 2^N - 1]. \quad (4)$$

Необходимо синтезировать алгоритм различения сигналов и помех, позволяющий сформировать бинарные матрицы оценок положения ИП $\hat{h}_{i,j}^l \in [0, 1]$ на изображениях $x_{i,j}^l$, наиболее близких к истинному положению помех $\tilde{h}_{i,j}^l = \begin{cases} 1, & x_{i,j}^l = h_{i,j}^l, \\ 0, & x_{i,j}^l = \lambda_{i,j}^l, \end{cases}$ где единицы указывают на координаты ИП, а нули – на полезные сигналы изображения.

Сущность метода различения сигналов и помех на основе межканальной избыточности

Сущность метода различения сигналов и помех на основе межканальной избыточности

Как известно [1-3], цветные RGB-компонентные изображения являются частным случаем многокомпонентных изображений, поэтому предлагаемый метод рассмотрим для случая трехкомпонентного цифрового изображения с цветовыми каналами R (красный), G (зеленый) и B (синий).

Введем следующие обозначения. Пусть $a = (R \ V \ G \ V \ B)$, $b = (R \ V \ G \ V \ B)$, $c = (R \ V \ G \ V \ B)$, при этом $a \neq b$, c ; $b \neq a$, c и $c \neq a$, b , символ V означает логическое «ИЛИ».

Тогда модель изображения, искаженного ИП (2), примет вид

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} x_{i,j}^a & x_{i,j}^b & x_{i,j}^c \end{bmatrix}^T. \quad (5)$$

Обработка многокомпонентного изображения X осуществляется скользящим по пространству окном (апертурой) с параметрами $s = (0, \dots, S)$ и $q = (0, \dots, Q)$, определяющими ее размер по строкам i и столбцам j соответственно.

На 1-м этапе обработки в каждом цветовом канале вычисляются $(2S + 1)(2Q + 1) - 1$ локальных градиента в направлении от центрального элемента апертуры (i, j) до каждого из остальных ее элементов в пределах окрестности $i \pm s, j \pm q$:

$$g_{i \pm s, j \pm q}^a = x_{i,j}^a - x_{i \pm s, j \pm q}^a; \quad (6)$$

$$g_{i \pm s, j \pm q}^b = x_{i,j}^b - x_{i \pm s, j \pm q}^b; \quad (7)$$

$$g_{i \pm s, j \pm q}^c = x_{i,j}^c - x_{i \pm s, j \pm q}^c, \quad (8)$$

при этом переменные s, q одновременно не равны нулю.

После этого вычисляется набор невязок (межканальных градиентных ошибок) локальных градиентов между всеми цветовыми компонентами:

$$\Delta_{i \pm s, j \pm q}^{ab} = |g_{i \pm s, j \pm q}^a - g_{i \pm s, j \pm q}^b|; \quad (9)$$

$$\Delta_{i \pm s, j \pm q}^{bc} = |g_{i \pm s, j \pm q}^b - g_{i \pm s, j \pm q}^c|; \quad (10)$$

$$\Delta_{i \pm s, j \pm q}^{ac} = |g_{i \pm s, j \pm q}^a - g_{i \pm s, j \pm q}^c|. \quad (11)$$

На 2-м этапе обработки на основе значений межканальных градиентных ошибок (9)-(11) осуществляется определение элементов, подозрительных на помехи.

Так, в случае если взаимная межканальная градиентная ошибка каких-либо двух каналов превышает некоторое пороговое значение, то принимается предварительное решение о наличии помехи в этих каналах. С этой целью вначале формируются бинарные оценки межканальных градиентных ошибок по каждому направлению:

$$\hat{h}_{i \pm s, j \pm q}^{ab} = \begin{cases} 1, & \Delta_{i \pm s, j \pm q}^{ab} > T, \\ 0, & \Delta_{i \pm s, j \pm q}^{ab} \leq T, \end{cases} \quad (12)$$

$$\hat{h}_{i \pm s, j \pm q}^{bc} = \begin{cases} 1, & \Delta_{i \pm s, j \pm q}^{bc} > T, \\ 0, & \Delta_{i \pm s, j \pm q}^{bc} \leq T, \end{cases} \quad (13)$$

$$\hat{h}_{i \pm s, j \pm q}^{ac} = \begin{cases} 1, & \Delta_{i \pm s, j \pm q}^{ac} > T, \\ 0, & \Delta_{i \pm s, j \pm q}^{ac} \leq T, \end{cases} \quad (14)$$

где T – порог, выбираемый экспериментально, в зависимости от корреляции между компонентами изображения X.

А затем, по полученным наборам оценок (12)-(14) формируются суммарные оценки для всех возможных пар каналов каждого сигнала изображения:

$$\hat{h}_{i,j}^{ab} = \begin{cases} 1, & \left(\sum_{s=0}^S \sum_{q=0}^Q \hat{h}_{i \pm s, j \pm q}^{ab} \right) > t, \\ 0, & \left(\sum_{s=0}^S \sum_{q=0}^Q \hat{h}_{i \pm s, j \pm q}^{ab} \right) \leq t, \end{cases} \quad (15)$$

$$\hat{h}_{i,j}^{bc} = \begin{cases} 1, & \left(\sum_{s=0}^S \sum_{q=0}^Q \hat{h}_{i \pm s, j \pm q}^{bc} \right) > t, \\ 0, & \left(\sum_{s=0}^S \sum_{q=0}^Q \hat{h}_{i \pm s, j \pm q}^{bc} \right) \leq t, \end{cases} \quad (16)$$

$$\hat{h}_{i,j}^{ac} = \begin{cases} 1, & \left(\sum_{s=0}^S \sum_{q=0}^Q \hat{h}_{i \pm s, j \pm q}^{ac} \right) > t, \\ 0, & \left(\sum_{s=0}^S \sum_{q=0}^Q \hat{h}_{i \pm s, j \pm q}^{ac} \right) \leq t, \end{cases} \quad (17)$$

где t – порог, выбираемый экспериментально в зависимости от размера апертуры фильтра.

Заключительным этапом обработки многокомпонентного изображения является определение по полученным подозрительным элементам (т.е. парным оценкам (15)-(17)) конечных оценок пространственного положения ИП в цветовых компонентах. С этой целью происходит логическое сравнение парных оценок (15)-(17), которое позволяет получить конечные межканальные оценки шумовых элементов каждой компоненты в отдельности:

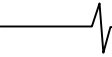
$$\hat{h}_{i,j}^a = \begin{cases} 1, & (\hat{h}_{i,j}^{ab} = 1) \wedge (\hat{h}_{i,j}^{ac} = 1), \\ 0, & \text{в остальных случаях,} \end{cases} \quad (18)$$

$$\hat{h}_{i,j}^b = \begin{cases} 1, & (\hat{h}_{i,j}^{ab} = 1) \wedge (\hat{h}_{i,j}^{bc} = 1), \\ 0, & \text{в остальных случаях,} \end{cases} \quad (19)$$

$$\hat{h}_{i,j}^c = \begin{cases} 1, & (\hat{h}_{i,j}^{bc} = 1) \wedge (\hat{h}_{i,j}^{ac} = 1), \\ 0, & \text{в остальных случаях,} \end{cases} \quad (20)$$

где символ \wedge означает логическое «И».

Таким образом, полученные бинарные оценки (18)-



(20) указывают на наличие ($\hat{h}_{i,j}^{a,b,c} = 1$) или отсутствие ($\hat{h}_{i,j}^{a,b,c} = 0$) ИП в соответствующих координатах (i, j) компонент a, b, c изображения X .

Результаты вычислительных исследований предлагаемого метода

Вычислительные исследования проводились на разнообразных цветных (RGB-компонентных) цифровых оптических изображениях со следующими параметрами $m \times n = 320 \times 320$, $N = 8$. Приводимые далее результаты усреднены по выборке более чем из 100 самых различных цветных цифровых изображений с указанными параметрами.

Для обоснования выбора величины порога T в формулах (12)-(14) на рис. 1(а) представлены рассчитанные нормированные распределения межканальных градиентных ошибок $F(\Delta) = \frac{\Delta_{i,j}}{mn}$, где расчет ошибок $\Delta_{i,j}$ выполнялся по единственному направлению от центра апертуры

$$\Delta_{i,j}^1 = \frac{1}{3} (\Delta_{i\pm s, j\pm q}^{ab} + \Delta_{i\pm s, j\pm q}^{ac} + \Delta_{i\pm s, j\pm q}^{bc}). \quad (21)$$

На рис. 1(б) представлено рассчитанное распределение $F(\Delta)$ суммарных градиентных ошибок по всем 8-ми направлениям апертуры 3×3 :

$$\Delta_{i,j}^8 = \frac{\sum_{s=0}^S \sum_{q=0}^Q (\Delta_{i\pm s, j\pm q}^{ab} + \Delta_{i\pm s, j\pm q}^{ac} + \Delta_{i\pm s, j\pm q}^{bc})}{3((2S+1)(2Q+1)-1)}. \quad (22)$$

На рис. 1(а, б) кривая 1 – для незашумленных компонент изображения; кривая 2 – при $p_h^a = 0,1$ в одной из компонент; кривая 3 – при $p_h^a = 0,5$ в одной из компонент; кривая 4 – при $p_h^a = 0,8$ в одной из компонент.

Из рис. 1(а, б) видно, что градиентные ошибки для незашумленных изображений (кривая 1) в большинстве случаев группируются на интервале $\Delta = 0 \dots 7$, при этом для случая зашумления одного из каналов с ростом интенсивности помех происходит смещение центра распределения градиентных ошибок в сторону увеличения (кривые 2-4). Отсюда следует, что при правильном выборе порога в (12)-(14) возможно определить, каким именно фактором обусловлено значение градиента – наличием помехи или присутствием в апертуре перепада полезных сигналов изображения. Таким образом, величину порога T целесообразно устанавливать как максимальное отклонение градиентной ошибки от ее математического ожидания m_Δ . Очевидно, что для незашумленных компонент изображения X , $m_\Delta = 0$. При усреднении результатов множества вычислительных исследований установлено наилучшее значение порога, равное $T = 7$.

С целью обоснования выбора величины порога t в ходе исследований вычислялась общая частота ошибок обнаружения

$$\delta_{\text{ош}}^{a,b,c} = \delta_{\text{ПП}}^{a,b,c} + \delta_{\text{ЛТ}}^{a,b,c}, \quad (23)$$

где $\delta_{\text{ПП}}^{a,b,c}$, $\delta_{\text{ЛТ}}^{a,b,c}$ – частоты ошибок обнаружения ИП, соот-

ветствующие пропуску помех (ПП) и ложной тревоге (ЛТ):

$$\delta_{\text{ПП}}^{a,b,c} = \frac{1}{mn} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \begin{cases} 1, & (\tilde{h}_{i,j}^{a,b,c} - \hat{h}_{i,j}^{a,b,c}) = 1, \\ 0, & (\tilde{h}_{i,j}^{a,b,c} - \hat{h}_{i,j}^{a,b,c}) \neq 1, \end{cases} \quad (24)$$

$$\delta_{\text{ЛТ}}^{a,b,c} = \frac{1}{mn} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \begin{cases} 1, & (\hat{h}_{i,j}^{a,b,c} - \tilde{h}_{i,j}^{a,b,c}) = 1, \\ 0, & (\hat{h}_{i,j}^{a,b,c} - \tilde{h}_{i,j}^{a,b,c}) \neq 1. \end{cases} \quad (25)$$

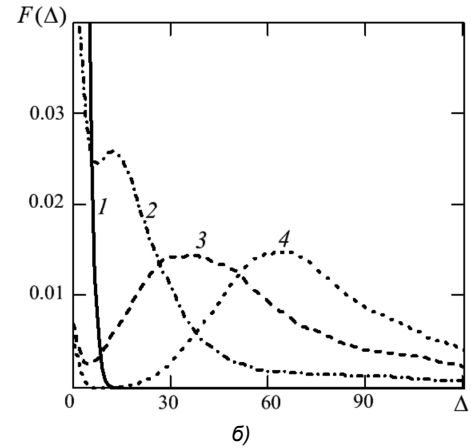
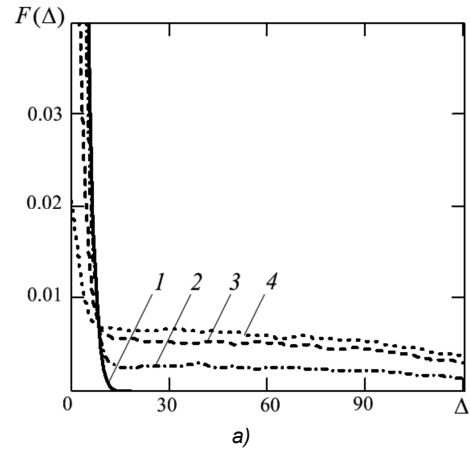


Рис. 1. Плотность распределения межканальных градиентных ошибок по одному направлению (а) и всем 8-ми направлениям (б) для апертуры 3×3

На рис. 2 представлены зависимости значений ошибки $\delta_{\text{ош}}^a$ от вероятности наличия ИП p_h^a с равномерным распределением яркости в канале a при условии отсутствия помех в каналах b и c ($p_h^a = 0, \dots, 1$; $p_h^b = 0$; $p_h^c = 0$) для апертуры 3×3 , и $T = 7$.

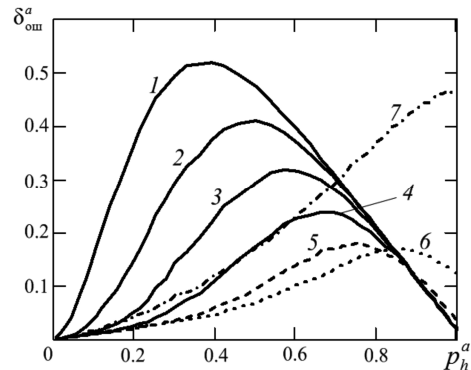


Рис. 2. Зависимость $\delta_{\text{ош}}^a$ от p_h^a : 1 – $t = 1$; 2 – $t = 2$; 3 – $t = 3$; 4 – $t = 4$; 5 – $t = 5$; 6 – $t = 6$; 7 – $t = 7$

Из рис. 2 видно, что наименьшая частота ошибок $\delta_{\text{ош}}^a$ соответствует величине порога $t = 6$ (кривая 6). При проведении аналогичных исследований для апертур других размеров ($S, Q = 2 \dots 5$) установлена общая зависимость для значения порога, приводящего к минимальной частоте ошибок $\delta_{\text{ош}}^{a,b,c}$:

$$t = (2S + 1)(2Q + 1) - SQ - 2. \quad (26)$$

Для исследования качественных характеристик предлагаемого метода вычислялись ошибки типа ПП и ЛТ различных обнаружителей в соответствии с выражениями

$$\delta_{\text{ПП}} = \frac{1}{3} (\delta_{\text{ПП}}^a + \delta_{\text{ПП}}^b + \delta_{\text{ПП}}^c); \quad (27)$$

$$\delta_{\text{ЛТ}} = \frac{1}{3} (\delta_{\text{ЛТ}}^a + \delta_{\text{ЛТ}}^b + \delta_{\text{ЛТ}}^c). \quad (28)$$

Введем параметр $p = 0, \dots, 1$, в соответствии с которым изменяются заданные вероятности наличия ИП (p_h^a, p_h^b, p_h^c).

На рис. 3-5 приведены ошибки обнаружения (27), (28) ИП с равномерным распределением яркости на интервале (0...255) для алгоритма на основе предлагаемого метода, а также для известных ранговых процедур. На рис. 3-5 кривая 1 – известный разностный алгоритм, основанный на выделении границ объектов [11], где решение о принадлежности элемента $x_{i,j}^a$ к контуру принимается, исходя из разности между значением яркости этого элемента и оценкой среднего значения апертуры; кривая 2 – известный алгоритм, основанный на сравнении центрального элемента апертуры $x_{i,j}^a$ с медианным элементом [11]; кривая 3 – предлагаемый алгоритм с апертурой 3x3; кривая 4 – предлагаемый алгоритм с апертурой 5x5.

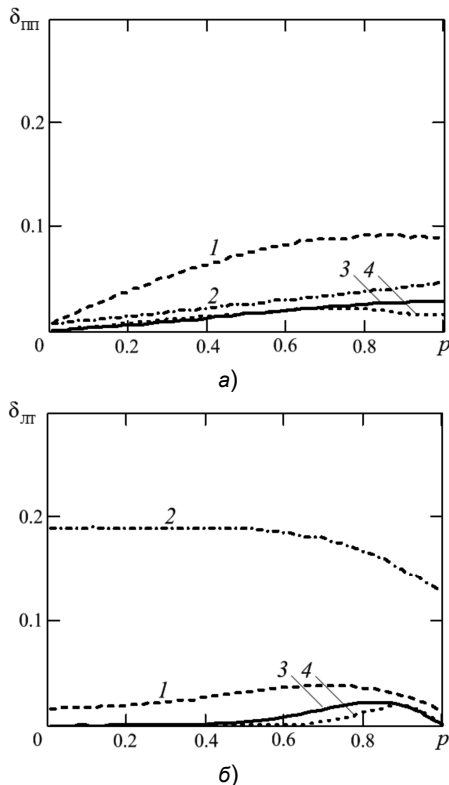


Рис. 3. Зависимость ошибок $\delta_{\text{ПП}}$ (а) и $\delta_{\text{ЛТ}}$ (б) от p при наличии ИП в одном канале ($p_h^a = 0, \dots, 1; p_h^b = 0; p_h^c = 0$)

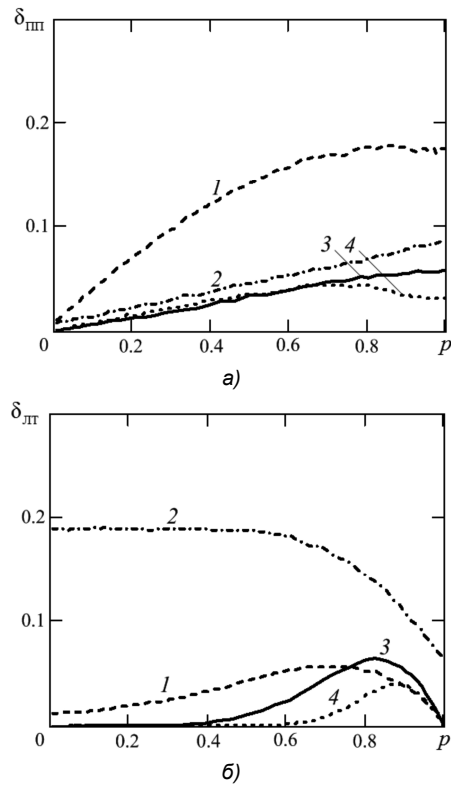


Рис. 4. Зависимость ошибок $\delta_{\text{ПП}}$ (а) и $\delta_{\text{ЛТ}}$ (б) от p при наличии ИП в двух каналах ($p_h^a = 0, \dots, 1; p_h^b = 0, \dots, 1; p_h^c = 0$)

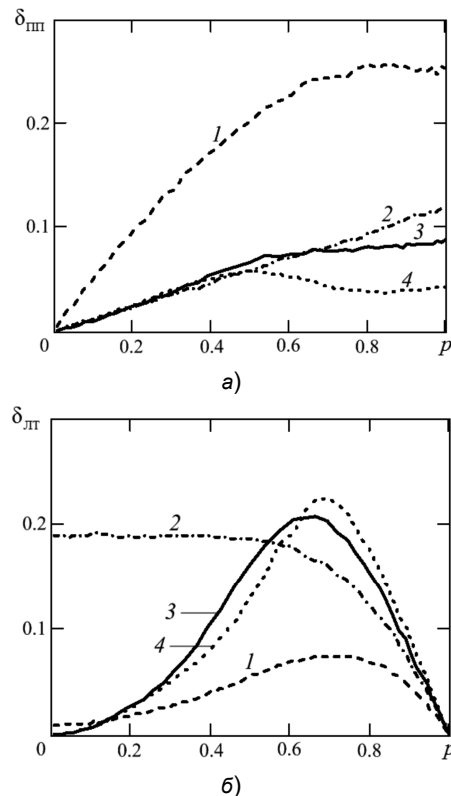


Рис. 5. Зависимость ошибок $\delta_{\text{ПП}}$ (а) и $\delta_{\text{ЛТ}}$ (б) от p при наличии ИП в каждом канале ($p_h^a = 0, \dots, 1; p_h^b = 0, \dots, 1; p_h^c = 0, \dots, 1$)

Полученные в результате вычислительных исследований значения ошибок обнаружения $\delta_{\text{ПП}}$ и $\delta_{\text{ЛТ}}$ разработанного межканального метода (кривые 3, 4) более низкие по сравнению с известными покомпонентными алго-

ритмами (кривые 1, 2), за исключением величин ошибок $\delta_{ЛТ}$ для случая, когда ИП присутствуют во всех каналах рис. 5(б). Как представляется, рост ошибок $\delta_{ЛТ}$ (рис. 5, кривые 3, 4) возникает из-за наличия ИП, которые являются коррелированными между всеми тремя компонентами. При этом увеличение размера апертуры (кривая 4) заметно снижает значения ошибок ПП и ЛТ, так как возрастает число элементов, по которым рассчитываются градиенты.

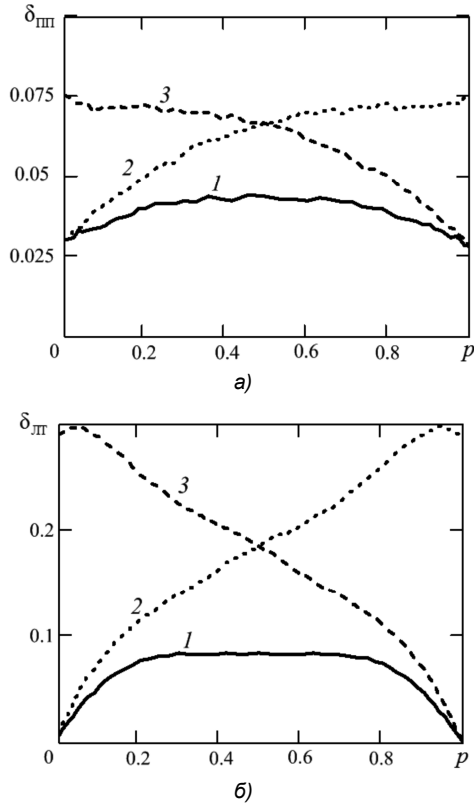


Рис. 6. Зависимость ошибок $\delta_{ПП}$ (а) и $\delta_{ЛТ}$ (б) от p , в соответствии с изменением вероятностей наличия ИП для случаев ($p_h^a = 0, \dots, 1; p_h^b = 1, \dots, 0; p_h^c = 0$) – 1, ($p_h^a = 0, \dots, 1; p_h^b = 0, \dots, 1; p_h^c = 1, \dots, 0$) – 2, ($p_h^a = 0, \dots, 1; p_h^b = 1, \dots, 0; p_h^c = 1, \dots, 0$) – 3

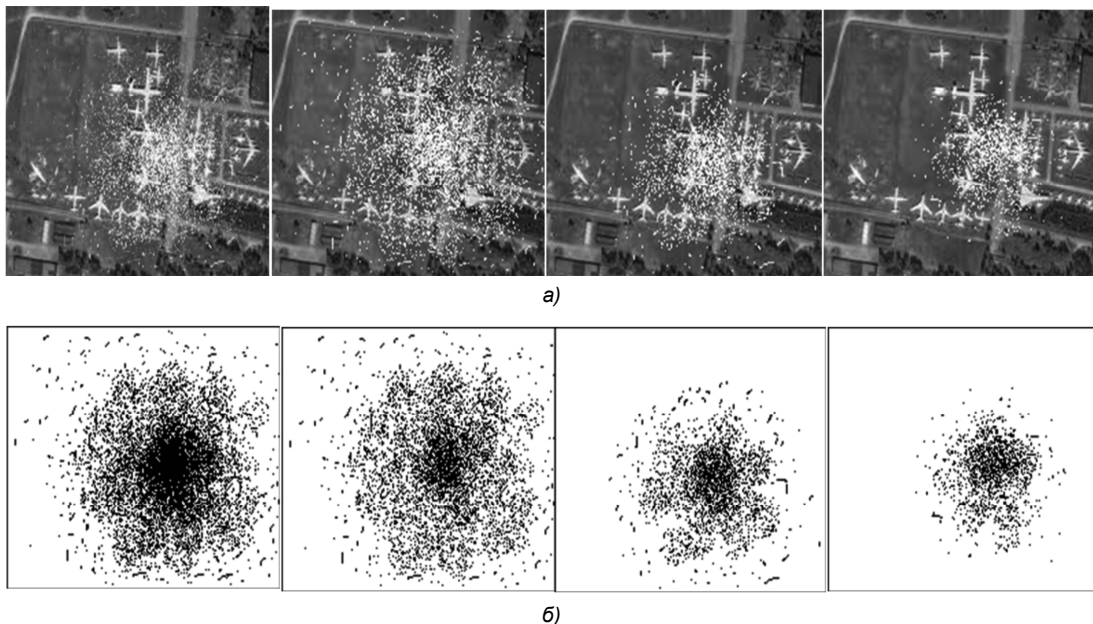
Из рис. 3-5 следует, что предлагаемый метод позволяет получить наименьшую ошибку обнаружения как для случая зашумления одного из каналов, так и наличия ИП во всех цветовых компонентах цифрового изображения.

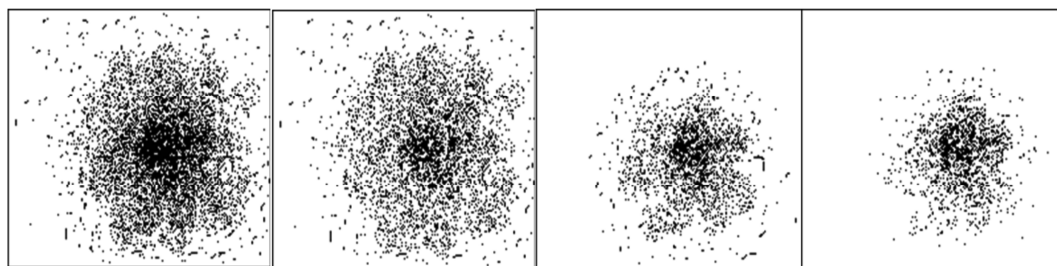
С целью более объективного анализа разработанного метода на рис. 6 приведены ошибки обнаружения (27), (28) для еще некоторых случаев изменения вероятностей наличия ИП с равномерным распределением яркости в цветовых каналах изображения. Ошибки обнаружения (кривые 1-3) на рис. 6 характеризуются достаточно низким уровнем для различных вероятностей наличия ИП во всех каналах изображения.

На рис. 7 показаны результаты обнаружения ИП с гауссовским распределением по пространству и усеченным гауссовским верхнемодальным распределением яркости с модой 255 и дисперсией 20 в каждом канале цветного изображения. Такая модель помех на изображениях соответствует лазерной засветке оптико-электронной системы с RGB каналами. На рис. 7 а – цветное изображение и его R, G и B компоненты с помехами, б – соответствующие бинарные изображения истинного положения ИП $\tilde{h}_{i,j}^{a,b,c}$ на изображениях, в – бинарные изображения

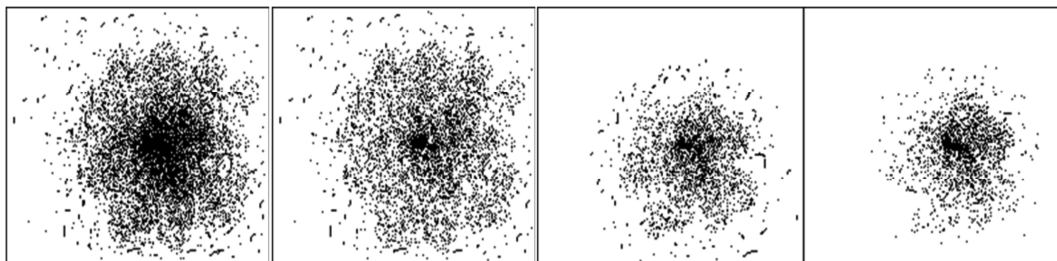
обнаруженных ИП $\hat{h}_{i,j}^{a,b,c}$ разработанным межканальным алгоритмом с апертурой 3×3 , г – бинарные изображения обнаруженных ИП $\hat{h}_{i,j}^{a,b,c}$ разработанным межканальным алгоритмом с апертурой 5×5 .

Как известно [3], ИП являются частным случаем аппликативных помех [12], действие которых проявляется в затенении (замещении) отдельных участков полезного изображения фрагментами со случайной амплитудой, текстурой и формой. Аппликативные помехи связаны с появлением различного рода неоднородностей, локальных областей аномальных значений, областей закрытия и пораженных участков. На рис. 8 приведены результаты обнаружения пространственно коррелированных аппликативных искажений с усеченным гауссовским нижнемодальным распределением яркости с модой 0 и дисперсией 20 в каждом канале цветного изображения. Буквенные обозначения на рис. 8 соответствуют обозначениям на рис. 7.





в)



а)

Рис. 7. Результаты обнаружения ИП на цветных изображениях



а)



б)



в)



г)

Рис. 8. Результаты обнаружения пространственно коррелированных аппликативных искажений на цветных изображениях



Заключение

Как показали результаты вычислительных исследований, свойство межканальной избыточности многокомпонентных цифровых изображений может быть использовано в задачах различения полезных сигналов и ИП, решаемых на первом этапе при цифровой обработке и анализе изображений. Разработанный метод является достаточно универсальным к таким параметрам ИП как закон распределения яркости и вероятность их наличия. Кроме того, разработанный метод применим для выделения протяженных аномалий или аппликативных искажений, а также в следящих системах для обнаружения и сопровождения точечных объектов.

Литература

1. Lukin V. // Proc. of NATO Advanced Research Workshop on Geographical InLukin V. Processing of Multichannel RS data for Environment Monitoring // Proc. of NATO Advanced Research Workshop on Geographical Information Processing and Visual Analytics for Environmental Security. Trento, (Italy): Springer Netherlands, July 2009. P. 129–138.
2. Белоусов Ю.И., Фисенко В.Т. Особенности алгоритмов цифровой обработки изображений в оптико-электронных системах нового поколения // Изв. вузов. Приборостроение. 2009. Т. 52. № 8. С. 7-12.
3. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
4. Хуанг Т.С., Эклунд Дж.-О., Нуссбаумер Г. Дж., Зохар Ш., Юстуссон Б.И., Тянь Ш.-Г. Быстрые алгоритмы в цифровой обработке изображений. – М.: Радио и связь, 1984. – 224 с.
5. Самойлин Е.А. Оптимальное оценивание положения негауссовских импульсных помех на изображениях // Автометрия. 2009. Т. 45. № 3. С. 74-82.
6. Самойлин Е.А., Шипко В.В. Метод межканальной компенсации импульсных помех в задачах восстановления многокомпонентных цифровых изображений // Оптический журн. 2013. Т. 80. № 10. С. 53.
7. Самойлин Е.А., Шипко В.В. Итерационные алгоритмы межканальной градиентной реконструкции мно-

гокомпонентных изображений, искаженных аппликативными помехами // Оптический журнал. 2014. Т. 81. № 4. С. 54-60.

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

9. Воскобойников Ю.Е., Белявцев В.Г. Нелинейные алгоритмы фильтрации векторных сигналов // Автометрия. 1999. № 5. С. 97–105.

10. Самойлин Е.А., Шипко В.В., Трифонов П.А. Итерационный алгоритм восстановления цифровых изображений с адаптивным обнаружением импульсных помех // Матер. XIX Междунар. науч. конф. «Радиолокация навигация связь». Воронеж: Изд-во НПФ «САКВОЕЕ» ООО, 2013. Т. 1. С. 182–189.

11. Самойлин Е.А. Алгоритмы оценивания импульсного шума в задачах цифровой фильтрации оптических изображений // Оптический журнал. 2006. Т. 73. № 12. С. 42–46.

12. Калинин П.В., Сирота А.А. Моделирование аппликативных искажений с различной степенью прозрачности и случайной формой // Цифровая обработка сигналов. 2013. №1. С. 28-33.

METHOD OF THE DISTINGUISHING CASUAL SIGNAL BY MUCH COMPONENTS IMAGES AND IMPULSE NOISE BY EXPLOITING INTERCHANNEL REDUNDANCY

Samoylin E.A., Shipko V.V.

The offered method of the distinguishing casual signal much components images and impulse nose, founded on calculation and collation interchannel gradient estimation. The presented results of the numerical studies of the method, have shown that reduction of the number mistake distinguishing signal and hindrances in contrast with the known rank algorithm of the processing much components images.

Уважаемые коллеги!

Для тех, кто не успел оформить подписку на второе полугодие 2014 года через ОАО «Роспечать», сохраняется возможность приобретения журналов непосредственно в редакции по адресу: г. Москва, ул. Авиамоторная, дом 8, Научный Центр МГУСИ, ком. 612. Российское научно-техническое общество радиотехники, электроники и связи им. А.С. Попова, метро «Авиамоторная», или оформить Заказ в соответствии с требованиями, выставленными на сайте журнала: www.dsra.ru.

Справки по телефонам: (8-495) 362-42-75; (+7 903) 221-79-79 (Алексеева Любовь Ильинична).

E-mail: rntores@mail.ru