

УДК 004.932.2, 517.968

ИНТЕГРАЛЬНЫЙ ОПЕРАТОР КОНТРАСТИРОВАНИЯ ГРАНИЦ ДВУМЕРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ, ФОРМИРУЕМЫХ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫМ ПРИБОРОМ

© **А. Н. Катулев**, А. А. Храмичев*Научно-исследовательский центр**Центрального научно-исследовательского института войск ВКО Минобороны России,
170026, г. Тверь, Набережная Афанасия Никитина, 32**E-mail: khramicheva@yandex.ru*

Изложены математические основы интегрального оператора дифференцирования 2D-изображений для повышения их контраста. Изображения формируются оптико-электронным прибором по обнаруженным объектам в различных фоновых условиях. Доказано, что оператор подавляет высокочастотные составляющие изображения, порождённые аппликативным фоном и аддитивным шумом прибора. Установлено свойство универсальности оператора, из которого выводятся известные ключевые операторы дифференцирования: градиентный, Робертса, Лапласа. Приведены результаты контрастирования реальных изображений предложенным оператором.

Ключевые слова: интегральный оператор дифференцирования, изображение, оптико-электронный прибор, контраст.

DOI: 10.15372/AUT20190112

Введение. Широкое распространение при обработке двумерных изображений, формируемых оптико-электронным прибором (ОЭП), получили методы выделения/контрастирования границ изображения для последующего распознавания обнаруживаемых объектов и установления их геометрических характеристик [1, 2]. К ним относятся методы аппроксимации перепада яркости, базирующиеся на принципе минимизации среднеквадратической ошибки представления изображения. При этом должно быть верным допущение: ошибки измерений распределены по нормальному закону.

Наиболее эффективные из методов контрастирования границ объектов на изображении построены на основе пространственного дифференцирования функции яркости [1]. Показано, что они чувствительны к высокочастотному шуму и это приводит к большим ошибкам в определении геометрических характеристик объектов. В [2] изложены результаты выделения реальных объектов на сложных изображениях с помощью фрактальной фильтрации, при этом выделение контуров выполнено с помощью эвристических оценок результирующего распределения локальных фрактальных размерностей изображения. В [3] построен алгоритм выделения контуров на контрастных по цвету изображениях, который не распространяется на решение задачи улучшения качества объектов, обнаруживаемых на изображениях в градациях серого. В [4] предложен алгоритм выделения контуров объектов при предположении о возможности представления оцифрованного двумерного изображения суперпозицией двух одномерных цепей Маркова — цепей по горизонтали и вертикали. Справедливость такого предположения с последующим введением матриц переходных вероятностей авторами не доказана, и не учтён также известный факт: результатом суперпозиции марковских процессов является немарковский процесс [5].

Из изложенного анализа современного состояния методов контрастирования объектов на изображении следует вывод, что задача построения нового оператора улучшения

качества изображения обнаруживаемого объекта посредством его контрастирования и выделения границ с одновременным подавлением высокочастотных составляющих в сформированном ОЭП исходном изображении является актуальной.

Цель данного исследования — разработка интегрального оператора дифференцирования с весовой функцией в виде вейвлета Котельникова — Шеннона для повышения контраста объектов и их граничных точек на двумерных изображениях, формируемых ОЭП, а также оценка характеристик качества оператора моделированием на ПЭВМ.

Постановка задачи заключается в синтезировании интегрального оператора дифференцирования для контрастирования и выделения граничных точек изображения динамического объекта (ДО), обнаруживаемого ОЭП в сложных условиях функционирования с учётом требования: оператор должен подавлять высокочастотные составляющие входного от ОЭП изображения и повышать контрастность обнаруживаемого объекта и его граничных точек. Справедливость требования подавлять высокочастотные составляющие непосредственно исходит из известного, например [6], факта: в спектре изображения ДО содержатся более низкие частоты, чем в пространственном спектре фона и шума.

Изображение задано в виде неявной функции яркости $f(x) \equiv f(x_1, x_2)$ от непрерывных аргументов на прямоугольнике $T = [-T_{x_1}, T_{x_1}] \times [-T_{x_2}, T_{x_2}]$. Этой функции всегда можно поставить в соответствие непрерывную функцию [7]

$$\overline{f(x, \beta)} = \int_T h(u) f(x - \beta u) du,$$

где черта сверху обозначает усреднение, $u \in T = R^2$, $h(u)$ — весовая функция, $\beta \geq 0$, $du = du_1 du_2$, $\int_T h(u) du = 1$.

Выполнив замену переменных интегрирования, интегральный оператор преобразования перепишем в виде

$$\overline{f(x, \beta)} = \frac{1}{\beta^2} \int_T h\left(\frac{x-u}{\beta}\right) f(u) du,$$

где функция $h((x-u)/\beta)$ есть вейлет-функция с параметром сдвига u и параметром масштаба β .

Затем, дифференцируя по x последнее выражение, получим формулу

$$\frac{\partial}{\partial x} \overline{f(x, \beta)} = \frac{1}{\beta^2} \int_T \frac{\partial}{\partial x} h\left(\frac{x-u}{\beta}\right) f(u) du.$$

Видно, что это выражение даёт оценку градиента скалярной функции яркости изображения $f(x, \beta)$ при условии существования весовой функции $h(u)$. Функция $h(u)$ существует в рассматриваемом случае всегда, поскольку она скалярная, и поэтому является потенциалом для компонент её градиента [8, 9], но, естественно, она не единственная.

Так, если структуру функции $h(u)$ принять аналогичной структуре функции $\sin(ax)/x$ из класса разделимых пространственно-инвариантных весовых функций и дельтаобразных при $a \rightarrow \infty$, то соответствующее выражение интегрального оператора дифференцирования записывается в виде

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial x_1 \partial x_2} \overline{f(x_1, x_2, b, c, a, p)} = \\ & = \frac{1}{bc} \int_{-T_{x_1}}^{T_{x_1}} \int_{-T_{x_2}}^{T_{x_2}} \frac{d}{dx_1} \left[\frac{\sin((x_1 - a)/b)}{\pi(x_1 - a)} \right] \frac{d}{dx_2} \left[\frac{\sin((x_2 - p)/c)}{\pi(x_2 - p)} \right] f(x_1, x_2) dx_1 dx_2, \end{aligned} \quad (1)$$

в котором весовая функция представляется производными в общем случае n -го порядка вейвлета Котельникова — Шеннона, a, p — параметры сдвига, b, c — параметры масштаба.

Так, построенный интегральный оператор дифференцирования обеспечивает вычисление производных изображения с подавлением в них высокочастотных составляющих. Из этого оператора вытекают как частные известные ключевые операторы Лапласа, Робертса и градиентный. Докажем эти утверждения.

Свойство подавления высокочастотных составляющих. Пусть обрабатывается изображение, представленное строкой, т. е. имеет место одномерный случай. Весовая функция при этом приведена n -й производной функции $\text{sinc}(x) = \sin(x)/x$, и одномерное интегральное преобразование имеет вид

$$W(a, b) = \int_{-T}^T \frac{d^n}{dx^n} \left[\frac{\sin(b(x - a)\pi)}{b(x - a)\pi} \right] f(x) dx. \quad (2)$$

Теперь найдём интегральное преобразование Фурье от выражения (2):

$$\begin{aligned} \tilde{W}_T(\omega) &= \int_{-T}^T \left\{ \int_{-T}^T \frac{d^n}{dx^n} \left[\frac{\sin(b(x - a)\pi)}{b(x - a)\pi} \right] f(x) dx \right\} e^{-j\omega a} da = \\ &= (-1)^n \int_{-T}^T f(x) e^{-jx\omega} \left\{ \int_{-T}^T \frac{d^n}{da^n} \left[\frac{\sin(b(a - x)\pi)}{b(a - x)\pi} \right] e^{-j(a-x)\omega} da \right\} dx. \end{aligned} \quad (3)$$

Заменив переменные во втором интеграле (3) выражением $\xi = a - x$, получим

$$\tilde{W}_T(\omega) = (-1)^n \int_{-T}^T f(x) e^{-jx\omega} \left\{ \int_{-T-x}^{T-x} \frac{d^n}{d\xi^n} \left[\frac{\sin(b\xi\pi)}{b\xi\pi} \right] e^{-j\xi\omega} d\xi \right\} dx. \quad (4)$$

При предположении о периодичности с периодом $2T$ подынтегральной функции во внутреннем интеграле выражения (4) имеем равенство

$$\int_{-T-x}^{T-x} \frac{d^n}{d\xi^n} \left[\frac{\sin(b\xi\pi)}{b\xi\pi} \right] e^{-j\xi\omega} d\xi = \int_{-T}^T \frac{d^n}{d\xi^n} \left[\frac{\sin(b\xi\pi)}{b\xi\pi} \right] e^{-j\xi\omega} d\xi = \tilde{S}_n^T(\omega). \quad (5)$$

С учётом (5) выражение (4) запишем в виде

$$\tilde{W}_n^T = (-1)^n \tilde{F}^T(\omega) \tilde{S}_n^T(\omega), \quad (6)$$

где $\tilde{F}^T(\omega)$ — преобразование Фурье входного сигнала $f(x)$ на конечном интервале $[-T, T]$:

$$\tilde{F}^T(\omega) = \int_{-T}^T f(x) e^{-jx\omega} dx.$$

Получим рекуррентное соотношение для расчёта:

$$\tilde{S}_n^T(\omega) = \int_{-T}^T \frac{d^n}{d\xi^n} \left[\frac{\sin(b\xi\pi)}{b\xi\pi} \right] e^{-j\omega\xi} d\xi, \quad (7)$$

воспользовавшись методом интегрирования по частям определённых интегралов

$$\int_{-T}^T u(\xi)v'(\xi) d\xi = [u(\xi)v(\xi)]_{\xi=-T}^{\xi=T} - \int_{-T}^T u'(\xi)v(\xi) d\xi \quad (8)$$

и обозначив

$$v(\xi) = \frac{d^n}{d\xi^n} \left(\frac{\sin(b\xi\pi)}{\pi\xi\pi b} \right), \quad u(\xi) = e^{-j\omega\xi}.$$

В результате имеем рекуррентное соотношение для расчёта $\tilde{S}_n^T(\omega)$ в виде следующего выражения:

$$\tilde{S}_n^T(\omega) = \left[\left(\frac{\sin(b\xi\pi)}{b\xi\pi} \right)^{(n-1)} e^{-j\omega\xi} \right]_{\xi=-T}^{\xi=T} + (j\omega)\tilde{S}_{n-1}^T(\omega), \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad (9)$$

Теперь выпишем выражение для расчёта $\tilde{S}_0^T(\omega)$, т. е. при $n = 1$

$$\begin{aligned} \tilde{S}_0^T(\omega) &= \int_{-T}^T \frac{\sin(b\xi\pi)}{b\xi\pi} e^{-j\omega\xi} d\xi = 2 \int_0^T \frac{\sin(b\xi\pi) \cos(\omega\xi)}{b\xi\pi} d\xi = \\ &= \int_0^T \frac{\sin((b\pi + \omega)\xi) + \sin((b\pi - \omega)\xi)}{b\xi\pi} d\xi = \frac{1}{b\pi} [\text{Si}((b\pi + \omega)T) + \text{Si}((b\pi - \omega)T)]. \end{aligned} \quad (10)$$

Пользуясь соотношениями (9) и (10), приведём расчётные выражения для $\tilde{S}_1^T(\omega)$ и $\tilde{S}_2^T(\omega)$:

$$\tilde{S}_1^T(\omega) = (-j) \frac{2 \sin(bT\pi) \cos(T\omega)}{bT\pi} + (j\omega)\tilde{S}_0^T(\omega),$$

$$\tilde{S}_2^T(\omega) = \frac{2(bT\pi \cos(bT\pi) - \sin(bT\pi)) \cos(T\omega)}{bT^2\pi} + (j\omega)\tilde{S}_1^T(\omega).$$

Рассмотрим предельный случай интервала наблюдения ($T = \infty$). Из соотношений (9) и (10) получим

$$\begin{aligned}\tilde{S}_n(\omega) &= (j\omega)^n/b, & |\omega| \leq b\pi, \\ \tilde{S}_n(\omega) &= (j\omega)^n/(2b), & |\omega| = b\pi, \\ \tilde{S}_n(\omega) &= 0, & |\omega| > b\pi.\end{aligned}\tag{11}$$

Из (11) и (6) следует, что вейвлет-преобразование (2) вычисляет n -ю производную контрастируемого анализируемого изображения с подавлением в его спектре составляющих с частотами $|\omega| > b\pi$. Очевидно, этот вывод распространяется как на всё изображение обнаруженного ОЭП объекта, так и на его граничные точки.

Следствия из интегрального оператора дифференцирования. Докажем, что из интегрального оператора дифференцирования как частные случаи следуют операторы: градиентный, Робертса и Лапласа.

Д о к а з а т е л ь с т в о.

1. Для вывода градиентного оператора по координате $x_1 \triangleq i$ интеграл в построенном операторе (1) запишем одномерным и заменим суммой, а производную первого порядка — разностью. В результате интегральный оператор дифференцирования примет вид (при $b = 1, a = 0, n = 1$)

$$W_i(i, j) = \sum_{k=0}^1 \nabla_i \frac{\sin k\pi}{k\pi} f(i - k, j),\tag{12}$$

где $\frac{\partial f(x_1, x_2, b, c, a, p)}{\partial x_1} = W_i(i, j)$ — градиент по координате i , $\nabla_i \frac{\sin k\pi}{k\pi} = \frac{\sin k\pi}{k\pi} - \frac{\sin \pi(k-1)}{\pi(k-1)}$ — восходящая разность 1-го порядка по координате i .

Подставив восходящую разность ∇_i в (12), получим

$$W_i(i, j) = \sum_{k=0}^1 \left[\frac{\sin k\pi}{k\pi} - \frac{\sin \pi(k-1)}{\pi(k-1)} \right] f(i - k, j) = f(i, j) - f(i - 1, j).\tag{13}$$

После аналогичных преобразований градиент функции $f(i, j)$ по координате $x_2 = j$ в точке (i, j) вычислим по формуле

$$W_j(i, j) = \sum_{k=0}^1 \left[\frac{\sin k\pi}{k\pi} - \frac{\sin \pi(k-1)}{\pi(k-1)} \right] f(i, j - k) = f(i, j) - f(i, j - 1).\tag{14}$$

Таким образом, на основании выражений (13) и (14) получим градиентный оператор

$$W(i, j) = |W_i(i, j)| + |W_j(i, j)| \quad \text{или} \quad W(i, j) = \max \{|W_i(i, j)|, |W_j(i, j)|\}.$$

2. Докажем, что из интегрального оператора дифференцирования выводится оператор Робертса.

Для этого заменим производные в операторе разностью вдоль диагонали с концами $(0, 0)$ и $(1, 1)$ в окне размером (2×2) . В результате будем иметь

$$\begin{aligned} W_i(i, j) &= \sum_{k=-1}^0 \sum_{l=-1}^0 \left(\frac{\sin k\pi}{k\pi} \frac{\sin l\pi}{l\pi} - \frac{\sin(1+k)\pi}{(1+k)\pi} \frac{\sin(1+l)\pi}{(1+l)\pi} \right) f(i-k, j-l) = \\ &= f(i, j) - f(i+1, j-1). \end{aligned}$$

Вычислив разность вдоль диагонали с координатами концов $(0, 1)$ и $(1, 0)$, получим выражение

$$\begin{aligned} W_j(i, j) &= \sum_{k=-1}^0 \sum_{l=-1}^0 \left(\frac{\sin k\pi}{k\pi} \frac{\sin(l+1)\pi}{(l+1)\pi} - \frac{\sin(1+k)\pi}{(1+k)\pi} \frac{\sin l\pi}{l\pi} \right) f(i-k, j-l) = \\ &= f(i, j+1) - f(i+1, j) \end{aligned}$$

и формульные соотношения для оператора Робертса

$$W(i, j) = |W_i(i, j)| + |W_j(i, j)| \quad \text{или} \quad W(i, j) = \max \{|W_i(i, j)|, |W_j(i, j)|\}.$$

3. Выведем также из уравнений интегрального оператора дифференцирования оператор Лапласа. Для этого частную производную 2-го порядка по координате $x = i$ в построенном операторе заменим разностью, а интеграл — суммой. Тогда будем иметь

$$\begin{aligned} \nabla_i^2 f(i, j) &= \sum_{k=-1}^1 \left[\frac{\sin \pi(k-1)}{\pi(k-1)} + \frac{\sin \pi(k+1)}{\pi(k+1)} - 2 \frac{\sin \pi k}{k\pi} \right] f(i+k, j) = \\ &= f(i-1, j) + f(i+1, j) - 2f(i, j). \end{aligned}$$

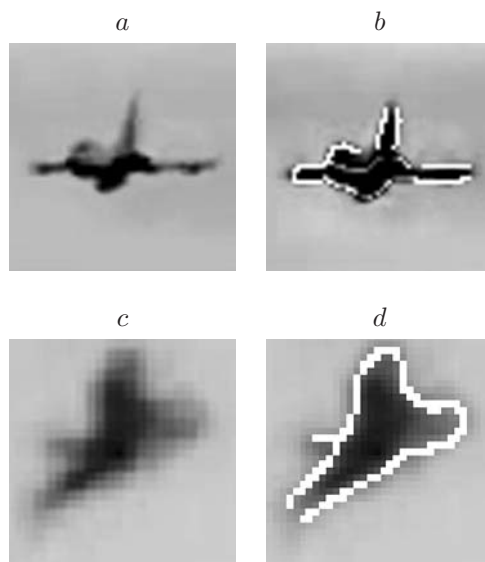
Аналогично для вычисления частной производной 2-го порядка по координате $y = j$ получим выражение

$$\begin{aligned} \nabla_j^2 f(i, j) &= \sum_{k=-1}^1 \left[\frac{\sin \pi(k-1)}{\pi(k-1)} + \frac{\sin \pi(k+1)}{\pi(k+1)} - 2 \frac{\sin \pi k}{k\pi} \right] f(i, j+k) = \\ &= f(i, j-1) + f(i, j+1) - 2f(i, j). \end{aligned}$$

В результате имеем выражение для оператора Лапласа

$$\begin{aligned} \nabla^2 f(x, y) &= \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f(x, y)}{\partial y^2} \approx \nabla^2 f(i, j) = \nabla_i^2 f(i, j) + \nabla_j^2 f(i, j) = \\ &= f(i-1, j) + f(i+1, j) + f(i, j+1) + f(i, j-1) - 4f(i, j). \end{aligned}$$

Следствия доказаны и по существу утверждают свойство универсальности интегрального оператора дифференцирования.



Обнаруженный ОЭП ДО: в простых условиях функционирования (*a*, *b*) и в облачных сложных условиях функционирования (*c*, *d*)

Оценки контрастирования объекта (см. рисунок)

Параметр	Рисунок <i>a</i> , <i>b</i>	Рисунок <i>c</i> , <i>d</i>
Средняя яркость	0,4181	0,5637
Число обнаруженных светящихся пикселей изображения ДО	1607	992
Отношение $c/\text{флш}$ — показатель контраста исходных изображений ДО (рисунок <i>a</i> , <i>c</i>)	2,99	2,35
Отношение $c/\text{флш}$ — показатель контраста границ обработанных изображений ДО (рисунок <i>b</i> , <i>d</i>)	3,05	2,45
Отношение $c/\text{флш}$ — показатель контраста в окрестности границ исходных изображений ДО (рисунок <i>a</i> , <i>c</i>)	1,76	1,59
Коэффициент усиления контраста границы оператором дифференцирования	1,73	1,54

Результаты контрастирования объектов на $2D$ -изображениях интегральным оператором дифференцирования. Результаты получены моделированием на ПЭВМ работы интегрального оператора дифференцирования по контрастированию объектов и их границ на реальных $2D$ -изображениях, сформированных ОЭП в различных фоноцелевых условиях функционирования. Результаты представлены на рисунке и в таблице. Показатель контраста оценивается отношением сигнал/помеха при обнаружении объекта и формировании ОЭП по нему исходного $2D$ -изображения. Аргументацией выбора такого показателя является известный факт: отношение сигнал/фон/шум управляет контрастом [10], при его увеличении контраст повышается. Отношение вычисляется по методике [11].

Эффективность реализации интегрального оператора дифференцирования оценивается коэффициентом усиления контраста границ изображения обнаруживаемого ДО в текущих условиях функционирования ОЭП в сравнении с простыми условиями.

Отметим также, что в опубликованных фундаментальных и прикладных работах [1, 2, 12–21], содержащих современную теорию и методы решения задач обнаружения и распознавания различных объектов на изображениях, их решение логически связано со

значениями контраста объектов. При этом контраст оценивается авторами указанных работ с опорой на неформализованное понятие визуального контраста, т. е. на зрительную оценку относительной яркости объекта или его цвета на изображении в сравнении с окружающим его фоном или априори эталоном.

Оценивание контраста выполняется либо субъективно на основе ранжирования серии изображений по убыванию их восприятия исследователем с применением шкал общего качества или шкал погрешностей, либо на основе количественной меры верности воспроизведения изображения соответствующего объекта, либо при использовании априорных сведений и предварительного расчёта коэффициентов линейных комбинаций изображений.

Собственно методик и количественных результатов оценивания контраста в указанных работах не содержится.

Заключение. Предложенный интегральный оператор дифференцирования повышает качество изображений ДО в отличие от известных операторов дифференцирования с одновременным подавлением пространственных высокочастотных составляющих в широком диапазоне внешних помех и внутренних шумов ОЭП. При этом повышается контраст изображения ДО и его границ. Контраст оценивается отношением сигнал/фон/шум.

В результате реализации интегрального оператора дифференцирования контраст изображения ДО, обнаруженного в сложных условиях функционирования ОЭП, приближается к контрасту изображения ДО, обнаруженного в простых условиях функционирования ОЭП.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гашников М. В., Глумов Н. И., Ильясова Н. Ю. и др. Методы компьютерной обработки изображений. М.: Физматлит, 2003. 784 с.
2. Потапов А. А., Гуляев Ю. В., Никитов С. А. и др. Новейшие методы обработки изображений. М.: ФМЛ, 2008. 496 с.
3. Белим С. В., Кутлуни П. Е. Выделение контуров на изображениях с помощью алгоритма кластеризации // Компьютерная оптика. 2015. 19, № 1. С. 119–124.
4. Курбатова Е. Е., Медведева Е. В., Орлов И. Я. Комбинированный алгоритм выделения контуров объектов интереса в мониторинговых системах // Радиофизика. Вестн. Нижегородского ун-та им. Н. И. Лобачевского. 2013. 1, № 2. С. 60–68.
5. Феллер В. Введение в теорию вероятностей и ее применения. М.: Мир, 1964. 499 с.
6. Алпатов Б. А., Бабаян П. В., Балашов О. Е., Степашкин А. Н. Системы автоматического обнаружения и сопровождения объектов. Обработка изображений и управление. М.: Радиотехника, 2008. 176 с.
7. Катковник В. Я. Линейные оценки и стохастические задачи оптимизации. М.: Наука, 1976. 488 с.
8. Смирнов В. И. Курс высшей математики. Т. 2. М.: Наука, 1965. 655 с.
9. Математическая энциклопедия. Т. 4. М.: Сов. энциклопедия, 1984. 1215 с.
10. Уэлстид С. Фракталы и вейвлеты для сжатия изображений в действии. М.: Триумф, 2003. 320 с.
11. RealSky. Астрологический online журнал. 1-й 278 (в системе Matlab). URL: www.realsky.ru/articles/astrophotography/ (дата обращения: 01.10.2018).
12. Ллойд Дж. Системы тепловидения. М.: Мир, 1978. 414 с.
13. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2005. 1072 с.

14. **Панин С. В., Алтухов Ю. А., Любутин П. С. и др.** Применение фрактальной размерности для оценок изображений поверхности, получаемых различными датчиками // Автометрия. 2013. **49**, № 1. С. 42–49.
15. **Сосулин Ю. Г., Рускин А. Б.** Фрактальное обнаружение протяженных малоконтрастных объектов на изображениях // Радиотехника. 2009. № 12. С. 48–57.
16. **Сизиков В. С., Экземпляров Р. А.** Последовательность операций при фильтрации шумов на искажённых изображениях // Оптический журнал. 2013. **80**, № 1. С. 39–48.
17. **Ле Зуй Туан, Кирилловский В. К.** Разработка алгоритма и программы для расширения возможностей метода оценки качества изображения оптических систем // Оптический журнал. 2009. **76**, № 1. С. 19–23.
18. **Zhang Y., Chen S., Li M.** The implementation of adaptive optics wavefront spot extraction on FPGA // Оптический журнал. 2013. **80**, № 1. С. 68–74.
19. **Шипунов А. Г., Семашкин Е. Н.** Всепогодность радиолокационных и тепловизионных каналов наведения комплексов ПВО. М.: Машиностроение, 2013. 280 с.
20. **Васильев К. К., Крашенинников В. Р.** Статистический анализ последовательностей изображений. М.: Радиотехника, 2017. 248 с.
21. **Власов Е. В.** Способы повышения контраста комбинированных изображений и линейности стимула аккомодации глаза в мультимодальных трёхмерных дисплеях // Автометрия. 2018. **54**, № 3. С. 78–84.

Поступила в редакцию 01.10.2018

После доработки 26.11.2018

Принята к публикации 11.12.2018
