



О ВЫДЕЛЕНИИ КОНТУРОВ ОБЪЕКТОВ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Е.Г. ЖИЛЯКОВ
А.А. ЧЕРНОМОРЕЦ
А.Н. ЗАЛИВИН

*Белгородский
государственный
университет*

e-mail: Zhilyakov@bsu.edu.ru

В работе рассмотрен субполосный метод выделения контуров объектов на изображениях, значения которых обусловлены частями энергии, попадающими в заданные частотные интервалы.

Ключевые слова: контур, производная, доли энергий изображения, частотный субинтервал.

Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) является важным источником информации для решения большого ряда задач таких как: обновление топографических карт, отражающих реальное состояние территорий; прогноз урожайности сельскохозяйственных культур; отслеживание динамики и состояния рубок леса; природоохранный мониторинг; прогноз погоды и мониторинг опасных природных явлений [1].

Как правило, под дистанционным зондированием понимаются методы, использующие космические аппараты для определения свойств атмосферы и земной поверхности с помощью измерений отраженных или поглощенных электромагнитных волн. Современные системы ДЗЗ способны получать данные измерений практически в любом диапазоне электромагнитного спектра [2, 3]. Обработка таких данных позволяет получать информацию о различных характеристиках ландшафтов, делать заключения о свойствах земной поверхности и др.

Возможность визуального разделения объектов на снимке основывается на способности воспринимать яркостные различия, которую принято характеризовать пороговыми значениями световой чувствительности зрения. Доказано, что пороговый контраст остается постоянным для достаточно широкого диапазона яркостей. В условиях хорошего освещения при работе с фотографическими снимками на прозрачной основе его принимают равным 0,02 единицы оптической плотности. Из физиологических опытов известно, что человек способен различить не более 100 оттенков серого цвета [4].

Однако для надежного различения соседних объектов с четкой границей необходима разность не менее 0,1, что соответствует возможности различить 10–20 ступеней ахроматической шкалы. На восприятие яркости или различий в ней влияют несколько факторов, из которых наиболее существенным является наличие контура. Постепенный переход от низкой яркости к высокой или наоборот — плохо воспринимается глазом. Любая существующая граница в результате процессов, происходящих в сетчатке, усиливается при восприятии и способствует различению яркостей. Для дешифрирования это имеет очень существенное значение и находит постоянное подтверждение. Ареалы, имеющие четкие границы, т.е. контрастирующие с окружающим фоном, различаются лучше, чем имеющие нечеткие, размытые границы. Поэтому необходимо производить предварительную обработку изображений с целью повышения четкости контуров.

Одним из наиболее распространенных методов выделения контуров на изображениях является градиентная обработка, которая может служить для повышения резкости контуров объектов на изображении, а также повышения контрастности, и основывается на дифференцировании яркости, рассматриваемой как функция пространственных координат. Для двумерной функции яркости $F(x, y)$ перепады в направлениях x и y регистрируются частными производными $\partial F(x, y) / \partial x$ и $\partial F(x, y) / \partial y$, которые про-



порциональны скоростям изменения яркости в соответствующих направлениях [5,6]. В практических задачах требуется выделять контуры, направление которых является произвольным. Для этих целей можно использовать модуль градиента функции яркости

$$|\nabla F(x, y)| = \sqrt{\left(\frac{\partial F(x, y)}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial F(x, y)}{\partial y}\right)^2} \quad (1)$$

В случае цифровых изображений, которые представляют собой 2-х мерный сигнал $\Phi = \{U_{ik}\}$, где $i=1, \dots, N$, $k=1, \dots, M$, вместо производных берутся дискретные разности.

$$\Delta\Phi = |U(i, k) - U(i-1, k)| + |U(i, k) - U(i, k-1)| \quad (2)$$

Но метод дифференцирования на основе конечных разностей является не устойчивым по отношению к случайным погрешностям измерений, которыми, в случае с изображениями, являются помехи.

Также к методам выделения контуров относится оператор Собеля. Оператор Собеля использует ядра 3×3 , с которыми свёртывают исходное изображение для вычисления приближенных значений производных по горизонтали и по вертикали. Пусть Φ исходное изображение, а G_x и G_y — два изображения, где каждая точка содержит приближенные производные по x и по y . Они вычисляются следующим образом:

$$G_y = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} * \Phi, \quad (3)$$

$$G_x = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} * \Phi, \quad (4)$$

где $*$ обозначает двумерную операцию свертки.

Координата x здесь возрастает «направо», а y — «вниз». В каждой точке изображения приближенное значение величины градиента можно вычислить, используя полученные приближенные значения производных:

$$\Delta G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}. \quad (5)$$

Субполосный метод выделения контуров

Субполосный метод вычисления оценок производных [7] позволяет определить производную для компоненты сигнала, обусловленной его энергией в заданной частотной полосе [2]. Для вычисления производной изображения Φ размером $N \times M$ используется выражение следующего вида:

$$\nabla\Phi = \frac{\partial\Phi}{\partial x} + \frac{\partial\Phi}{\partial y} = A_x \cdot \Phi + \Phi \cdot A_y. \quad (6)$$

Для этого необходимо предварительно произвести вычисление матрицы $A_x = \{a_{ik}\}$ $k=1, \dots, N$, $i=1, \dots, N$ с элементами вида

$$a(i, k) = \sum_{r \in R} \frac{((i-k) * (\Omega_{2r} \cos(\Omega_{2r}(i-k)) - \Omega_{1r} \cos(\Omega_{1r}(i-k))) - \sin(\Omega_{2r}(i-k)) + \sin(\Omega_{1r}))}{\pi(i-k)^2} \quad (7)$$

И матрицы $A_y = \{a_{ik}\}$, где $k=1, \dots, M$, $i=1, \dots, M$ с элементами вида

$$a(i, k) = \sum_{r \in R} \frac{((i-k) * (\Omega_{2r} \cos(\Omega_{2r}(i-k)) - \Omega_{1r} \cos(\Omega_{1r}(i-k))) - \sin(\Omega_{2r}(i-k)) + \sin(\Omega_{1r}))}{\pi(i-k)^2} \quad (8)$$

Для проверки работоспособности субполосного метода вычисления оценок производных были произведены вычислительные эксперименты с модельными и реальными изображениями.

Для проверки точности определения контуров было взято модельное изображение представленное на рис.1. и вычислены производные всеми рассмотренными методами.

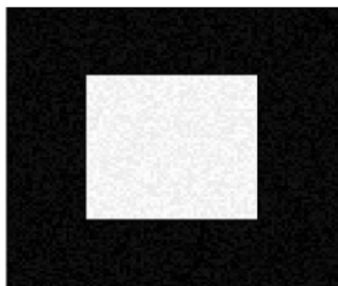
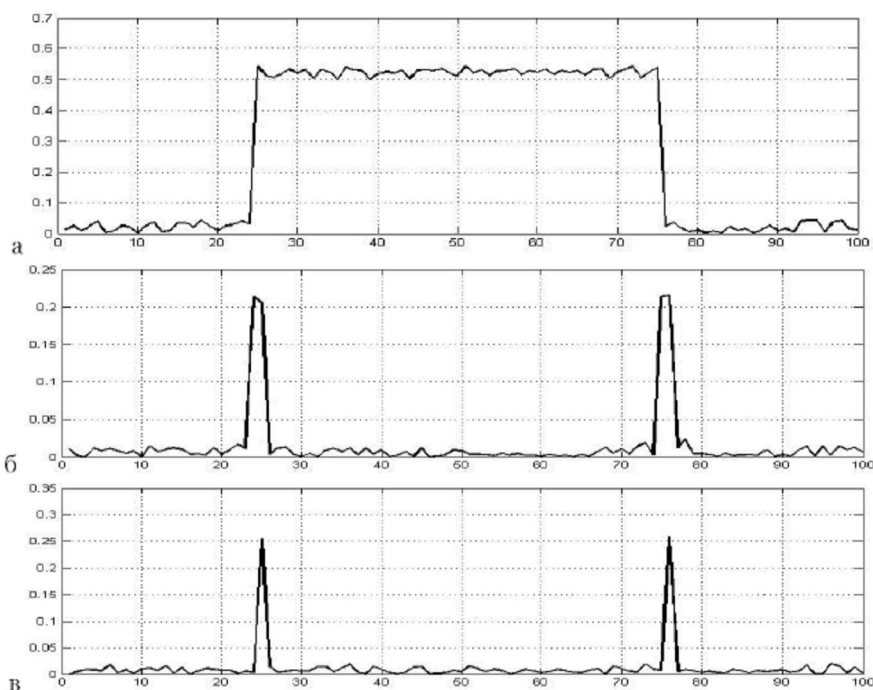


Рис. 1. Модельное изображение

В ходе проведения вычислительных экспериментов было выявлено, что предлагаемый метод повышения резкости изображений земной поверхности показал хороший результат, сопоставимый с аналогами. Так же представленный метод менее чувствителен к шумам на изображениях, что можно наблюдать на рис. 4 (области с номерами 1, 2 и 3), по сравнению с методом на основе конечных разностей. А также в отличие от других методов, позволяет получать градиентное изображение, суммирующее информацию, полученную из частотных интервалов, в которых сосредоточена заданная доля энергии.



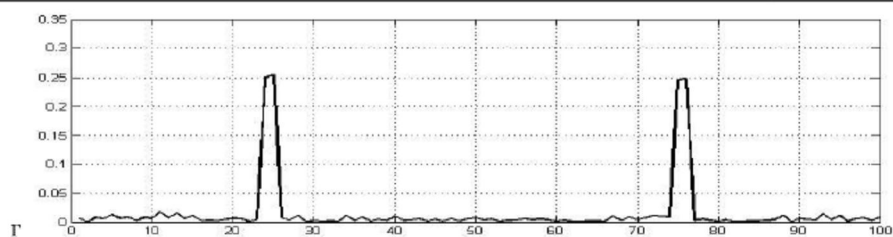


Рис. 2. Результат выделения контура модельного изображения: а – строка из исходного модельного изображения; б – результат выделения контура по оси x на основе субполосного метода количества частотных интервалов $R=16$; в – результат выделения контура методом на основе конечных разностей; г – результат выделения контура на основе оператора Собеля

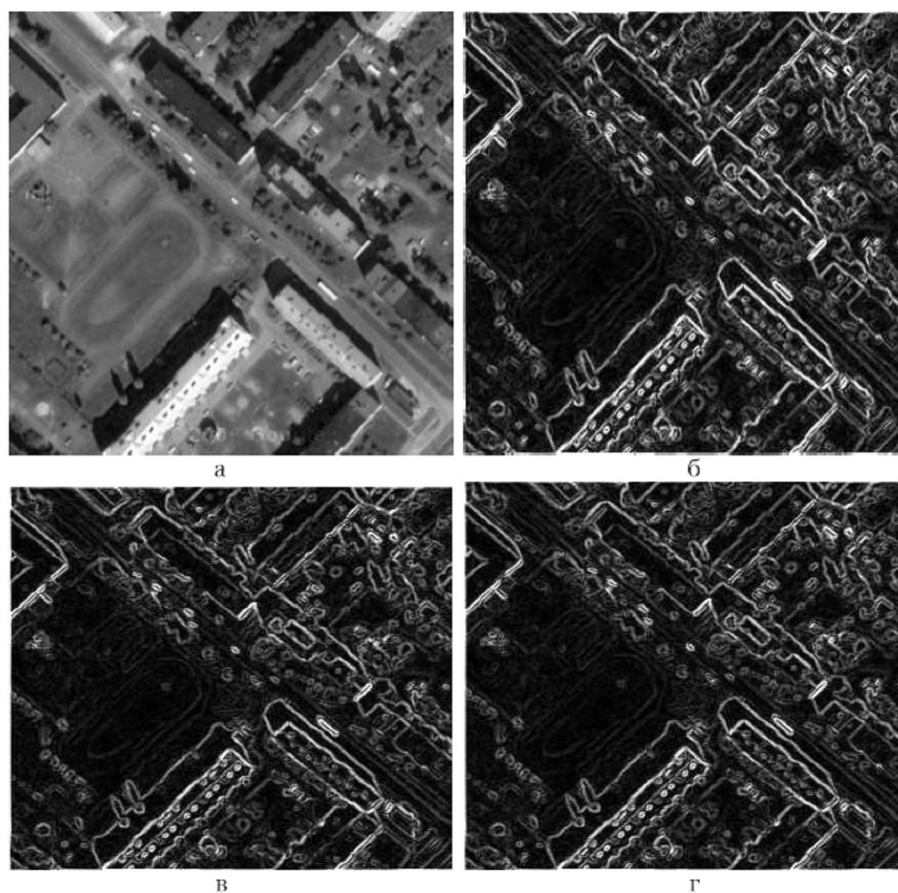


Рис. 3. Результат выделения контуров на реальном изображении земной поверхности: а – исходное реальное изображение земной поверхности; б – результат выделения контуров на основе субполосного метода количества частотных интервалов $R=16$; в – результат выделения контуров методом на основе конечных разностей; г – результат выделения контуров на основе оператора Собеля

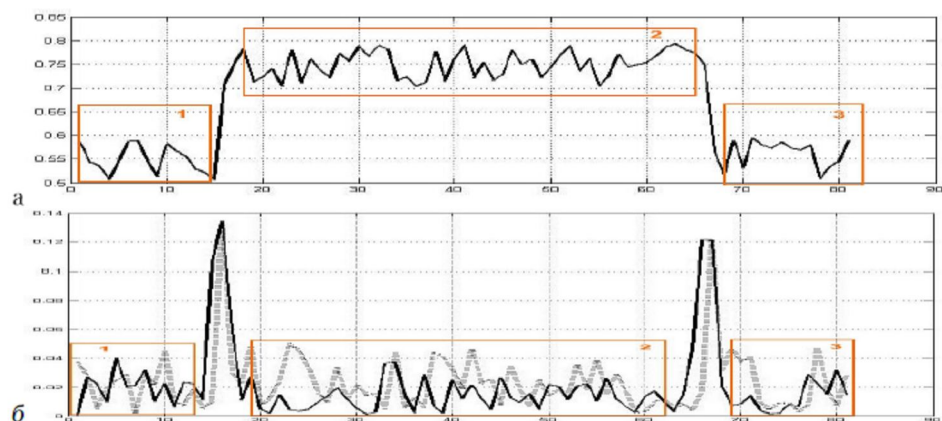


Рис. 4. Результат сравнения метода на основе конечных разностей и субполосного метода выделения контуров: а – строка из исходного модельного зашумленного изображения; б – результат выделения контуров на основе субполосного метода (сплошная линия) и методом на основе конечных разностей (пунктирная линия)

Вывод.

В результате можно сделать вывод, что рассмотренный субполосный метод выделения контуров объектов на изображениях, эффективен с позиции поставленной задачи обработки изображений и требует небольших вычислительных затрат, а следовательно, обладает большим потенциалом для использования в задачах обработки данных ДЗЗ.

Литература

1. Шовенгердт Роберт А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений [Текст] / Роберт А. Шовенгердт. – М.: Техносфера, 2010. – 582 с.
2. Рис, У. Основы дистанционного зондирования [Текст] / У. Рис. – М.: Техносфера, 2006. – 346 с.
3. Чандра А.М. Дистанционное зондирование и географические информационные системы [Текст] / Чандра А.М., Гош С.К. – М.: Техносфера, 2008. – 312 с.
4. Лабутина И. А. Дешифрирование аэрокосмических снимков [Текст] / И. А. Лабутина, учебное пособие М.: Аспект Пресс, 2004. – 184 с.
5. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений [Текст] / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2006. – 1072 с.
6. Методы компьютерной обработки изображений [Текст] / Под редакцией В.А. Сойфера. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 784 с.
7. Жилияков Е.Г. Субполосный метод вычисления оценок производных сигналов [Текст] / Е.Г. Жилияков, А.А. Черноморец, Н.С. Титова. «Вопросы радиоэлектроники», серия ЭВТ, выпуск 1 – 2011. М.: ОАО «ЦНИИ «Электроника». №№ страниц: 5-10.

ON THE SELECTION OF THE SUBJECTS IN THE EARTH SURFACE IMAGES

E.G. Zhytyakov
A.A. Chernomorec
A.N. Zalivin

Belgorod State University
e-mail: Zhilyakov@bsu.edu.ru

The paper considers subposlosny method for isolating the contours of objects in images whose values are caused by parts of the energy falling in the specified frequency range.

Key words: contour, derivative, share-energy image, the frequency subinterval.