

**ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭТАЛОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ
ТИПОВЫХ ОБЪЕКТОВ С ЦЕЛЬЮ СОГЛАСОВАНИЯ ИХ МАС-
ШТАБА
И ЛИНЕЙНОГО РАЗРЕШЕНИЯ НА МЕСТНОСТИ С ДАННЫМИ
ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ**

к.т.н. В.В. Борцов, к.т.н. М.О. Соболев, к.т.н. Р.В. Пугачёв
(представил д.т.н. В.И. Антюфеев)

Предложен алгоритм создания эталонных изображений типовых объектов и преобразования их к масштабу и линейному разрешению снимков, полученных при дистанционном зондировании Земли, с целью повышения эффективности обнаружения объектов при дешифрировании.

Постановка проблемы. С развитием компьютерных технологий открылись широкие перспективы перед дистанционным зондированием Земли (ДЗЗ). Одна из характерных черт современного этапа развития космических систем ДЗЗ – переход от формирования и передачи на пункты приема информации аналоговых изображений к формированию и передаче цифровых изображений. При этом в качестве приемников ДЗЗ все большее применение находят оптико-электронные системы на базе приборов с зарядовой связью.

ДЗЗ сегодня – это огромное разнообразие методов получения изображений буквально во всех диапазонах длин волн электромагнитного спектра, самая различная обзорность изображений – от снимков с метеорологических геостационарных спутников, охватывающих практически целое полушарие, до детальных аэросъемок участка в несколько сот квадратных метров. Пространственное разрешение может варьировать, соответственно, от нескольких километров до сантиметров.

Одним из важных и трудных этапов ДЗЗ является процесс дешифрирования полученных изображений. При дешифрировании могут решаться такие задачи, как обнаружение, распознавание и классификация различных объектов, определение их количественных характеристик, взаимосвязей, состояния, характера деятельности и т.д. Основные требования, предъявляемые к дешифрированию снимков – это объективность оценки изображений, тщательность обработки информации, достоверность сведений об объектах, а в ряде случаев – высокая оперативность.

Все это с учетом огромных объемов обрабатываемой информации подчеркивает необходимость широкого внедрения современных методов цифровой обработки изображений и создание автоматизированных рабочих мест на базе компьютерной техники, позволяющих упростить решение перечисленных задач. Доказательством этого может служить появление и широкое распространение геоинформационных технологий (ГИС).

Анализ литературы и практические исследования методов дешифрирования с использованием компьютерных технологий показывают, что зарубежные специализированные пакеты для работы с данными дистанционного зондирования (доступные нам с ограниченными приложениями), такие как ERDAS Imagine, ENVI, обладают широкими возможностями и в значительной степени повышают эффективность дешифрирования снимков ДЗЗ. Однако, в ряде случаев, например, при объектном дешифрировании снимка возможности этих пакетов недостаточно полные. Так при решении задачи обнаружения типового объекта не реализована возможность получения его эталонного изображения с параметрами, близкими к параметрам дешифрируемого снимка, а именно с масштабом и линейным разрешением на местности. Наглядное представление такого эталонного изображения типового объекта в определенной степени облегчит его визуальный поиск на снимке.

Для автоматизированного поиска может быть использовано дискретное двумерное преобразование Фурье дешифрируемого снимка и эталонного изображения типового объекта, которое определяется в виде ряда [1]:

$$F(u, v) = \frac{1}{N_1 N_2} \sum_{j=0}^{N_1-1} \sum_{k=0}^{N_2-1} f(j, k) \exp \left\{ -\frac{2\pi i}{N} (uj + vk) \right\},$$

где u и v – пространственные частоты; $f(j, k)$ – массив отсчетов исходного изображения; N_1 – количество элементов в строке, $k = 0 \dots N_1$; N_2 – количество строк во фрагменте изображения, $j = 0 \dots N_2$; $F(u, v)$ – массив коэффициентов преобразования. Это преобразование позволяет представить функцию, описывающую изображение, в виде совокупности спектральных коэффициентов, которые соответствуют отдельным характеристикам изображения. Например, первая спектральная составляющая (постоянная составляющая) пропорциональна средней яркости изображения. Составляющие более высокой пространственной частоты являются мерой «изрезанности» данного изображения. Можно считать, что эти коэффициенты показывают степень корреляции соответствующих базисных функций с изображением. Если базисное изображение имеет ту же пространственную форму, что и признак, который необходимо обнаружить на изображении, то обнаружение признака можно выполнить просто путем наблюдения значения соответствующего спектрального коэффициента. Очевидно, что мера «изрезанно-

сти» эталонного изображения будет зависеть от его масштаба и детальности, которая непосредственно связана с линейным разрешением на местности.

На рис. 1 представлены изображения эталонных объектов с линейными разрешениями на местности ~ 6 и ~ 23 см и соответствующие им амплитудно-частотные спектральные представления. Числовой анализ показывает, что в спектре изображения с более высоким линейным разрешением на местности присутствуют более высокие пространственные частоты, причем разница в спектрах возрастает при увеличении пространственных гармоник спектра.

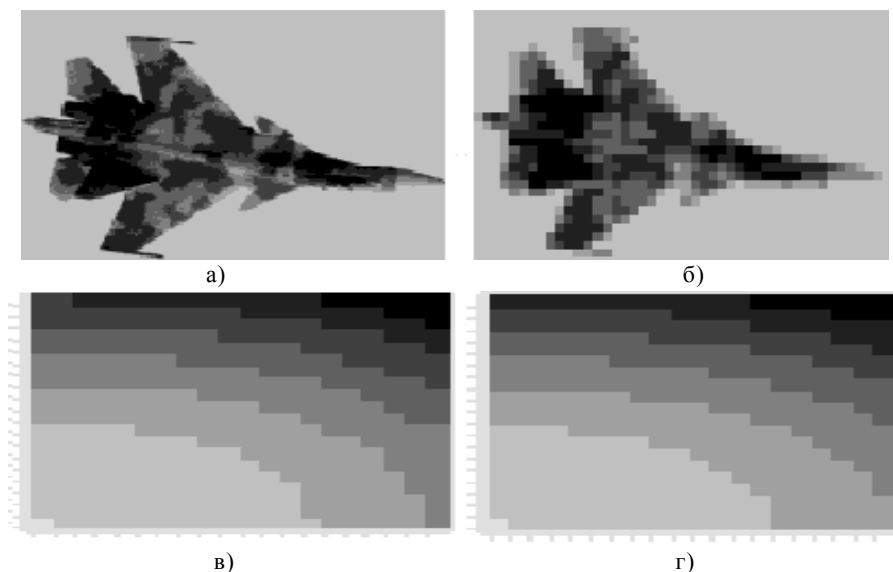


Рис. 1. Эталонные изображения объектов и их спектральное представление при линейном разрешении на местности: а) и в) ~ 6 см и б) и г) ~ 23 см

Целью статьи является разработка алгоритма и практическая отработка элементов дополнительного программного обеспечения, позволяющих создавать эталонные изображения типовых объектов и преобразовывать их в соответствии с параметрами дешифрируемого снимка.

Решение поставленной проблемы. Несмотря на многообразие различных типов приемников ДЗЗ [2] цифровое изображение со спутника обычно передается в виде битового потока информации. После распаковки битового потока и предварительной обработки, как правило, снимок представляет собой совокупность пикселей, каждый из которых характеризуется координатами в пределах кадра изображения и числом, характеризующим уровень его яркости и соответствующим разрядности квантования при ана-

лого-цифровом преобразовании. Кроме снимка со спутника передается дополнительная информация, позволяющая определить основные параметры изображения, условия съемки, время съемки и ряд другой информации.

Информативность изображения чаще всего выражают через линейное разрешение на местности, которое практически удобно и достаточно полно характеризует качество изображения [3]. Оно непосредственно связывает масштаб изображения с разрешающей способностью системы, зависимой от таких характеристик изображения, как контраст, размер проекции пикселя на поверхность Земли, резкость и т.д. Кроме того, на линейное разрешение на местности влияют условия съемки, которые в основном определяют турбулентностью атмосферы и движением спутника, приводящему к «смазу» изображения. Линейное разрешение на местности практически показывает размер минимального объекта или его детали, изображающихся на снимке раздельно. При контрасте, близком к единице, хорошей фокусировке и благоприятных условиях съемки (минимальное влияние атмосферы и отсутствие движения) линейное разрешение на местности практически совпадает с размерами проекции пикселя на поверхность Земли.

Итак, для создания эталонных изображений типовых объектов и их преобразования к масштабу и линейному разрешению дешифрируемого снимка можно использовать следующий обобщенный алгоритм:

1. **Создание базы данных, содержащей эталонные изображения типовых объектов.** Пополнение базы данных должно производиться изображениями типовых объектов, полученными различными средствами (сканирование фотографий, использование цифровых фотокамер, средств Internet и др.). При этом обязательным требованием является хорошее качество изображений с высоким линейным разрешением на местности ~ 1 см и менее. Поскольку файлы с изображениями могут иметь различные графические форматы [4], то целесообразно их перевести в формат, соответствующий формату получаемых при ДЗЗ снимков, и произвести улучшающие преобразования с целью повышения контраста изображений. После этого по изображению оценить линейное разрешение на местности. Пренебрегая незначительным влиянием условий съемки типового объекта, считаем линейное разрешение на местности равным проекции пикселя на объект и рассчитываем его, исходя из соотношения характерных размеров объекта и количества укладываемых в них пикселей. В базе данных целесообразно хранить не только информацию об изображении объекта, но и дополнительную информацию (линейное разрешение на местности и характеристики типового объекта).

2. **Преобразование эталонных изображений типовых объектов с целью соответствия масштабу и линейному разрешению дешифрируемого снимка.** Определить линейное разрешение на местности дешифрируемого

изображения, используя данные бортовой аппаратуры и сравнить его с линейным разрешением на местности эталонного изображения. Привести их в соответствие объединением пикселей эталонного изображения, исходя из соотношения линейных разрешений на местности. Создать рабочий файл, в котором заменить объединенные пиксели количеством пикселей, соответствующим выбранному масштабу дешифрируемого изображения (при коэффициенте масштабирования, равном единице – один пиксель). Присвоить им значение интенсивности, равное суммарной интенсивности объединенных пикселей и отнормированной, исходя из получения контраста объекта порядка $0.4 \div 0.5$, где под контрастом объекта понимается отношение модуля разности интенсивности объекта и фона к интенсивности фона. Целесообразно иметь возможность интерактивного задания контраста объекта. При необходимости представить изображение рабочего файла на мониторе.

Результаты обработки основных элементов программного обеспечения представлены на рис. 1.

Выводы. Эффективность дешифрирования снимков ДЗЗ во многом определяется возможностями используемого программного обеспечения. Существующие зарубежные специализированные пакеты для работы с данными дистанционного зондирования в значительной степени облегчают процесс дешифрирования, однако, не отвечают всем требованиям, связанным с идентификацией объектов. Для облегчения процесса идентификации объектов целесообразно использовать дополнительное программное обеспечение. Анализ использования основных элементов программного обеспечения, разработанных на основе предложенного алгоритма, показал повышение эффективности идентификации объектов при дешифрировании снимков ДЗЗ, однако оценка его эффективности требует дальнейших исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Прэтт У. *Цифровая обработка изображений*. – М.: Мир, 1982. – 786 с.
2. *Дистанционное зондирование: количественный подход*. / Под ред. Ф. Свейна и Ш. Дейвис. – М.: Недра, 1983. – 415 с.
3. Карпович И.Н. *Военное дешифрирование аэроснимков*. – М.: Военное издательство, 1990. – 543 с.
4. Джеймс Д. Мюррей, Уильям Ван Райпер *Энциклопедия форматов графических файлов*. – К.: ВНУ, 1997. – 669 с.

Поступила 29.12.2003

БОРЦОВ Виктор Васильевич, канд. техн. наук, начальник научно-исследовательского отдела научного центра при ХВУ. В 1981 году окончил ХГУ. Область научных интересов – бортовая спецаппаратура и обработка информации.

СОБОЛЬ Максим Олегович, канд. техн. наук, зам. нач. НИО научного центра при Харьковском военном университете. В 1993 году окончил ХВУ. Область научных интере-

сов – космическая баллистика и обработка информации.

ПУГАЧЁВ Роман Владимирович, канд. техн. наук, старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела научного центра при ХВУ. В 1995 году окончил ХВУ. Область научных интересов – космическая баллистика и обработка информации.
