

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ АЭРОКОСМОСНИМКОВ

Перспективным методом исследования поверхности нашей планеты с точки зрения мониторинга ее состояния, анализа ее структуры с целью выявления ее ресурсов и прогнозирования ее поведения, в том числе техногенных и естественных катастроф, является использование данных дистанционного зондирования со спутников Земли. Интерес к использованию этих данных обусловлен также и тем, что такая информация является все более доступной при увеличении их пространственного и спектрального разрешения.

Информация со спутников, как правило, поступает в виде цифровых изображений, обработка ее выполняется на ЭВМ. Актуальной задачей при этом является создание доступных инструментов обработки данных дистанционного зондирования, представленных в виде изображений в силу их особенностей. В частности, особенность изображений обработки обработки является их многомерность и чрезвычайно большая информационная емкость. Так, один многозональный аэрокосмоснимок может содержать от сотен гигабит до десятков терабит информации. Соответственно, вырастает и вычислительная сложность алгоритмов обработки и анализа изображений. Учитывая объемы и специфику данных, получаемых с космических аппаратов, решение поставленных задач без применения современных компьютерных технологий невозможно.

В связи с этим возникает потребность разработки высокопроизводительных технических систем и специализированного уникального программного обеспечения /1/. Однако в настоящее время мощности персональных компьютеров уже достаточны для того, чтобы организовать рабочее место оператора тематической обработки аэрокосмоснимков, для чего нужно разработать соответствующее прикладное программное обеспечение. С этой целью в ИИП КГУСТА в сотрудничестве с ИФИПИТ НАН разрабатывается программный комплекс цифровой обработки аэрокосмоснимков, описанию которого посвящена данная статья.

Основные методы цифровой обработки изображений

Изображения представляются как скалярные (моноспектральные снимки) или векторные (мультиспектральные снимки) функции двух переменных $U(x_1, y_1)$. Процесс обработки математически описывается как применение некоторого оператора, преобразующего входное изображение $U(x_1, y_1)$ в выходное $V(x_D, y_D)$

(задачи обработки) или же в набор признаков $p_1, p_2, \dots, p_n$ (при распознавании и анализе).

В операторном виде задачи обработки изображений можно записать:

$$V(x_D, y_D) = \mathcal{R} \{ U(x_I, y_I) \}. \quad (1)$$

В зависимости от вида оператора R получаются линейные, нелинейные или итерационные методы обработки.

В случае линейного оператора $R=L$, используя понятие импульсного отклика $h(x_I, y_I; x_D, y_D) = L \{ \delta(x_I - x_D, y_I - y_D) \}$, т.е. результата воздействия оператора на δ -функцию Дирака, (1) можно записать в виде интеграла суперпозиции [2]:

$$V(x_D, y_D) = \iint h(x_I, y_I; x_D, y_D) U(x_I, y_I) dx_I dy_I \quad (2)$$

Если оператор является пространственно-инвариантным, и, следовательно, импульсный отклик имеет вид

$$\begin{aligned} h(x_I, y_I; x_D, y_D) &= h(x_I - x_D, y_I - y_D), \text{ то} \\ V(x_D, y_D) &= \iint h(x_I - x_D, y_I - y_D) U(x_I, y_I) dx_I dy_I, \end{aligned} \quad (3)$$

т.е. обработанное изображение является сверткой входного изображения и импульсного отклика преобразующего оператора.

Способы обработки изображений, основанные на вычислении интегралов (2) и (3), называются пространственной фильтрацией в предметной области.

При цифровой обработке на ЭВМ все функции и операторы представляются в дискретном виде и, например, (3) принимает вид:

$$V(m, n) = \sum \sum h(m-k, n-l) U(k, l) \quad (4)$$

Большинство алгоритмов обработки изображений сводится к выполнению вычислений по ограниченной окрестности обрабатываемой точки на изображении (пикселя в дискретном случае), т.е. интегральные преобразования осуществляются в пределах ограниченного носителя ядра $h(x_I, y_I; x_D, y_D)$ (или h – финитная функция). В этом случае в (2)-(4) пределы интегрирования и суммирования конечны.

Область задания h называют окном. Окна могут иметь вид линейки, креста, прямоугольника, гексагональный тип и т.п. Значения h определяют тип обработки: пространственное сглаживание для подавления помех, пространственное дифференцирование, для выделения контуров, различные алгоритмы нелинейной фильтрации и т.д. Для вычисления могут использоваться различные быстрые алгоритмы обработки дискретных сигналов [3].

Известны также так называемые глобальные методы обработки изображений. Одним из эффективных методов является использование косвенных вычислений, опирающихся на двумерные ортогональные преобразования. Эти методы, в частности, позволяют удалять пространственно

распределенные шумы, обусловленные, например, неравномерностью освещения.

Пример преобразование Фурье

$$F(\xi, \eta) = \Phi\{f(x, y)\} = \iint f(x, y) e^{-2\pi i(\xi x + \eta y)} dx dy$$

к (2), получим

$$v(\xi, \eta) = v(\xi, \eta) H(\xi, \eta), \quad (5)$$

где $v(\xi, \eta) = \Phi\{V(x, y)\}$, $v(\xi, \eta) = \Phi\{U(x, y)\}$, $H(\xi, \eta) = \Phi\{h(x, y)\}$.

Отсюда следует, что обработанное изображение можно получить обратным Фурье преобразованием произведения

$$V(x_D, y_D) = \Phi^{-1}\{v(\xi, \eta)\} = \Phi^{-1}\{v(\xi, \eta) H(\xi, \eta)\},$$

где $\Phi^{-1}\{v(\xi, \eta)\} = \iint F(\xi, \eta) e^{2\pi i(\xi x + \eta y)} dx dy$.

Известно /2/, что низкочастотные компоненты Фурье-преобразования соответствуют однородным объектам и фону, а высокочастотные – контурам и шуму. Тогда для обработки изображений можно использовать фильтры нижних или верхних частот в зависимости от решаемой задачи обработки.

Как видим, в выражениях используются функции комплексной переменной, а физическим представлениям таких изображений являются голограммы, поэтому для обработки в пространственной области естественно применение методов голографии.

В цифровой обработке изображений широко используются методы и алгоритмы цифровой голографии. В частности для подбора комплекснозначных фильтров для обработки необходимо использовать цифровой синтез голографических фильтров /4/.

Применение аэрокосмоснимков

В настоящее время известно много примеров использования аэрокосмоснимков для изучения природных ресурсов Земли. Несколько слов о применении в геологическом дешифрировании, так как они были предметом исследования автора ранее /1/.

Одной из областей эффективного применения материалов аэрокосмической съемки является анализ линеаментов, т.е. линейных элементов изображений поверхности Земли. Традиционно анализ линеаментов осуществляется дешифровщиком вручную на основе визуального наблюдения аэрокосмического снимка. Повышение объективности и эффективности анализа линеаментов можно достичь автоматизированным их выделением непосредственно из аэрокосмоснимка. Попытки использования для этой цели классических операторов дифференцирования не позволяют получать материалы, пригодные для практического использования. Более перспективным является проведение высокочастотной фильтрации методами когерентных

оптических преобразований /5/. Спектр применения методов линеаментного анализа достаточно широк – ландшафтно-геологическое картирование, поиск рудных и нерудных полезных ископаемых, прогноз сейсмоопасности, что чрезвычайно важно в условиях Кыргызстана /6/.

В целом обработку аэрокосмоснимков с целью анализа линеаментов можно представить в виде следующей последовательности:

- ввод аэрокосмоснимка в вычислительную среду;
- выделение линейных элементов аэрокосмоснимка;
- предварительная обработка карты линеаментов;
- расчет диаграмм направленности линеаментов;
- привязка к местности и анализ.

Сегодня применение космических технологий становится основным практическим и научным методом исследования Земли, водной поверхности и атмосферы.

Для Кыргызской Республики особенно актуальными являются возможности использования обработки аэрокосмоснимков для следующих целей:

- мониторинг горнодобывающей деятельности и утилизации отходов, анализ, картографирование и мониторинг воздействия человеческой деятельности на загрязнение окружающей среды, воздушной среды и урбанизированных районов;
- поиск полезных ископаемых, составление и обновление геологических карт, выявление и описание геологических структур, схем линеаментов;
- выделение вегетативных зон, определение качества посевов и биомассы, видов и объемов лесных участков, мониторинг лесных пожаров, анализ и расчет объемов запасов ледниковых вод и т.п.

Описание комплекса программ обработки аэрокосмоснимков

Разрабатываемый комплекс обработки аэрокосмоснимков содержит все необходимые для обработки компоненты:

- визуализация данных;
- моделирование объектов обработки;
- обработка в предметной области;
- обработка в частотной области;
- поэлементных преобразований;
- вычисление статистических характеристик изображения;

- элементы линеamentного анализа.

Предлагаемый комплекс программного обеспечения предусматривает возможность использования для целей анализа линеamentов. Для конкретных задач нужна небольшая адаптация.



Рис. 1. Визуализация космоснимка

Примеры цифровой обработки изображений

Здесь приведены некоторые фрагменты работы программного комплекса цифровой обработки изображений. Визуализация космоснимка озера Сон-Кол (рис. 1) и моделирование выделения контуров как пример обработки (рис.2).

Выделение контуров является необходимой операцией при линеamentном анализе космоснимков для целей геологического дешифрирования.

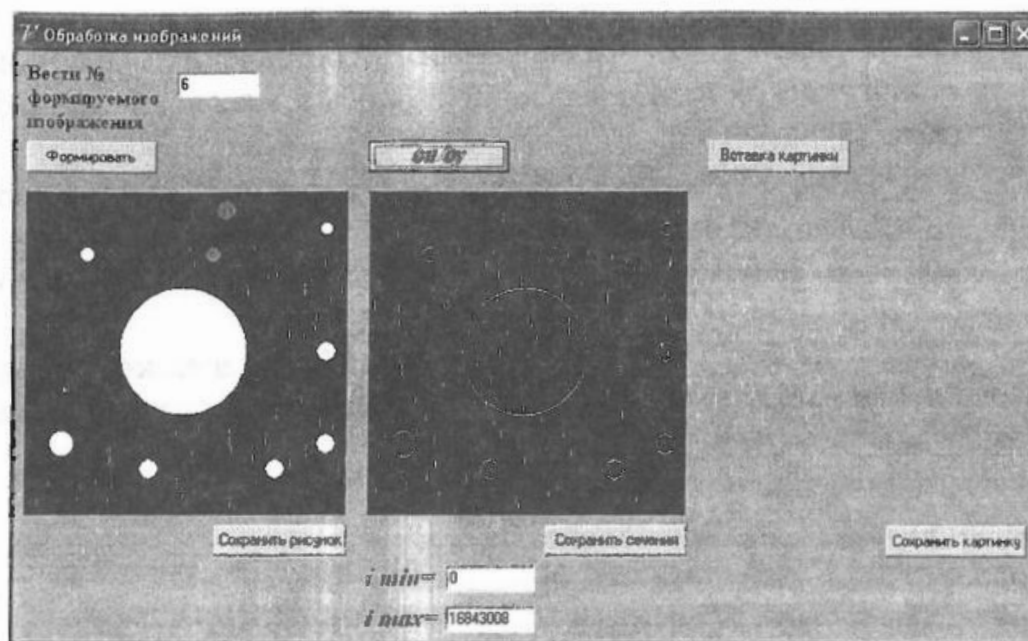


Рис. 2. Моделирование выделения контуров

Список литературы

1. Талыпов К.К. Моделирование, разработка и применение гибридной оптико-электронной системы обработки изображений с ППП-подсистемой: Дисс. ... канд. техн. наук. – Бишкек, 1991. – С. 350.
2. Прэтт У. Цифровая обработка изображений. В 2-х кн. – М.: Мир, 1982. – С. 712.
3. Блейхут Р. Быстрые алгоритмы цифровой обработки сигналов. – М.: Мир, 1989. – С. 448.
4. Акаев А.А., Майоров С.А. Оптические методы обработки информации. – М.: Высшая школа, 1988. – С. 237.
5. Фотограмметрическая обработка и дешифрирование аэрофотоснимков. – Л.: Наука, 1967. – С. 156-196.
6. Бондур В.Г., Зверев А.Т. Метод прогнозирования землетрясений на основе линейamentного анализа космических изображений //Докл. Российской академии наук. – 2005. – Т. 402. – № 1. – С. 98-105.