Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies 4 (2008 1) 359-365
~ ~ ~

УДК 004.93

Методы решения горно-технологических задач с использованием данных дистанционного зондирования Земли

Вадим П. Потапов, Ольга Л. Пястунович*
Институт угля и углехимии СО РАН,
650610 Россия, Кемерово, ул. Рукавишникова, 21 [1]

Received 22.10.2008, received in revised form 30.10.2008, accepted 29.12.2008

Описывается опыт использования данных дистанционного зондирования для решения конкретных горно-технологических задач на примере данных Кузнецкого угольного бассейна. Особое внимание уделено методу выделения границ пространственных объектов на космоснимках на основе применения пороговой обработки снимков и обработки фильтрами Фурье. Приводится решение данным методом задачи выделения границ лицензионных участков добычи полезных ископаемых открытым способом. Решение базируется на интеграции космоснимков и векторных карт. Также приведены примеры использования данных дистанционного зондирования для уточнения и обоснования результатов решения конкретных горно-технологических задач.

Ключевые слова: данные дистанционного зондирования (ДДЗ), космоснимки, горно-технологические задачи, дешифрование.

Введение

Современные технологии и вычислительные средства предоставляют новый инструмент для решения горно-технологических задач – данные дистанционного зондирования Земли (ДДЗ). ДДЗ предоставляют удобное, а главное, точное средство представления пространственных данных. Современные программные средства предоставляют широкие возможности для работы с подобной информацией: одномерный и многомерный анализ; интеграция с другими данными. В институте угля и углехимии СО РАН ведутся работы по созданию баз данных космоснимков на территории Кемеровской области и Кузнецкого угольного бассейна. Кроме того, проводятся формализованные преобразования одномерных данных, комплексный анализ данных с привлечением дополнительной информации, экспертная оценка полученных вариантов дешифрования, перевод изображений обнаруженных объектов в векторный формат, а также комплекс работ по разработке новых средств и технологий решения горно-технологических задач.

Классы решаемых задач

Согласно классификатору тематических задач оценки природных ресурсов и окружающей среды с использованием материалов дистанционного зондирования Земли [2], разработанному

* Corresponding author E-mail address: skiporol@mail.ru
[1] © Siberian Federal University. All rights reserved

по заказу МПР России, можно выделить следующие горно-технологические задачи, которые актуальны для изучения Кузбасса с помощью ДДЗ.

А. Геология и ресурсы недр

А1. Структурная геология:

– выявление региональных линеаментов, разрывных нарушений различных видов и элементов их строения;
– выявление участков локальных структур, активных в новейшее время (мелких разрывов, трещиноватости, структур проседания, смещения и др.);
– выявление и уточнение границ региональных структур различных типов, для открытых территорий расшифровка их внутреннего строения.

А2. Породные комплексы:

– выделение и уточнение контуров стратифицированных образований (толщи, комплексы, пачки и др.);
– выделение региональных площадей развития интрузивных образований (интрузивные комплексы, батолиды, штоки, полихронные массивы и др.), прослеживание их границ.

А3. Минерагенические исследования:

– уточнение границ минерагенических подразделений (зон, поясов, бассейнов и др.);
– уточнение границ структур, с которыми связаны месторождения угля, нефти, газа (стратиформного и других генетических типов), для открытых территорий выявление элементов их внутреннего строения;
– получение дополнительных критериев для уточнения закономерностей размещения полезных ископаемых, локализации потенциально рудоносных объектов, перспективных участков.

А4. Гидрогеология:

– гидрогеологическое районирование по границам породных комплексов, водоразделам, водотокам и т.п.
– обнаружение участков разгрузки (вскрытия) грунтовых вод на поверхности.

Б. Гидрология и поверхностные водные ресурсы

Б1. Гидрология суши:

– выделение речной сети;
– выявление границ затопленных территорий;
– выявление границ зон затопления.

В. Лесные ресурсы и растительный покров:

В2. Лесные ресурсы

– определение границ лесов и лесистости территорий;
– определение координат участков возгорания и оперативное наблюдение за лесными пожарами.

Г. Воздействие на окружающую среду

Г1. Недра:

– выявление открытых карьерных разработок, шламонакопителей, отстойников промышленных вод, дражных полигонов, кустов буровых скважин;

– выявление внутренней структуры недропользования;
– определение границ нарушения лицензионных участков при ведении открытых разработок полезных ископаемых.

Г5. Селитебные территории:
– выявление объектов размещения отходов производства и потребления;
– выявление несанкционированных застроек, изменения планировки городов и сел.

Г6. Водные объекты:
– выявление гидротехнических сооружений;
– выявление промышленных объектов, находящихся в непосредственной близости от береговой зоны крупных водоемов и их инфраструктуры.

Более подробно остановимся на некоторых из них. В настоящее время в хранилище пространственных данных ИУУ СО РАН находятся мозаики космоснимков на территории Кемеровской области, Кузнецкого угольного бассейна и отдельных крупных промышленных городов области. В базе хранится 198 космических снимков разного разрешения. Все снимки имеют координатную привязку «Долгота/широта», датум Пулково -1942.

Методики обработки космоснимков

В настоящее время осуществляются работы по актуализации устаревшего картографического материала по космоснимкам. Как правило, базовые карты, которые используются для решения горно-технологических задач, созданы в 1940-60-е годы. В последние десятилетия тектоническая активность и антропогенное воздействие человека приводят к радикальному изменению в рельефе области. Поэтому остро стоит проблема актуализации карт. В настоящее время наиболее точным и дешевым способом обновления устаревших пространственных данных является использование ДДЗ. На рис. 1 представлен фрагмент изменения электронных векторных карт по руслу реки, т.е. решается задача контурного дешифрования снимка.

Другим актуальным направлением работы является определение границ пространственных объектов на космоснимке. В рамках данного направления решена задача выделения границ лицензионных участков при ведении открытых разработок полезных ископаемых. Ежегодно производится незаконная отработка полезных ископаемых. Классические механизмы и методы контроля границ отработки участков требуют больших трудовых и материальных затрат, поэтому работают неэффективно в условиях роста количества лицензионных участков и

Рис. 1. Актуализация устаревших карт на основе ДДЗ. Фрагмент изменения русла реки

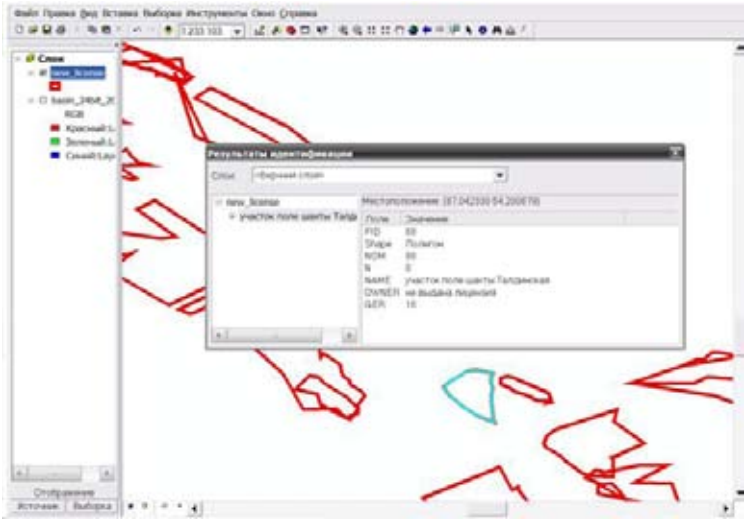

Рис. 2. Слой пространственных данных по новым лицензионным участкам

оборотов добычи ископаемых. Использование ДДЗ позволяет получить инструмент однозначного определения реальных границ разработки месторождения и, вследствие этого, решения проблемы «черных копателей». В Институте разработан механизм решения подобной задачи, который основан на интеграции ДДЗ и специализированных баз пространственных данных. В основе метода лежит технология идентификационного дешифрования.

Исходными данными решения задачи выступают база аэро- и космоснимков на территории Кемеровской области и специализированная ГИС «Новые лицензионные участки». Данные базы имеют единую систему координат (Пулково - 1942), что обеспечивает их совместимость. Специализированная ГИС «Новые лицензионные участки» содержит информацию из официально выданных лицензий на разработку недр: границы участка отработки (в реальных координатах), вид полезного ископаемого, время действия лицензии, имя собственника (рис. 2). Информация представлена в виде векторного слоя с объектами типа полигон.

ДДЗ, которые используются для анализа территорий, предварительно подготавливают: проводится привязка снимков к географической системе координат, удаляются шумы. При наложении векторного слоя на снимок объекты сравниваются. При этом если физические границы участка не совпадают с юридическими, то выполняется задача отрисовки новых границ объекта и вычисление расхождения границ (рис. 3). Для этого проводится пороговая обработка снимка. Это необходимо, чтобы исключить несущественные особенности изображения, например фон.

Предлагаем использовать пороговую обработку полутонового изображения, выполняя поэлементное преобразование вида

$$g(n_1, n_2) = \begin{cases} 1 \text{ при } f(n_1, n_2) \geq f_0, \\ 0 \text{ при } f(n_1, n_2) < f_0, \end{cases}$$

где f_0 – некоторое «пороговое» значение яркости.

В некоторых случаях применение пороговой обработки дает удовлетворительный результат, когда можно однозначно выделить границу участка разработки. Однако, как показывает

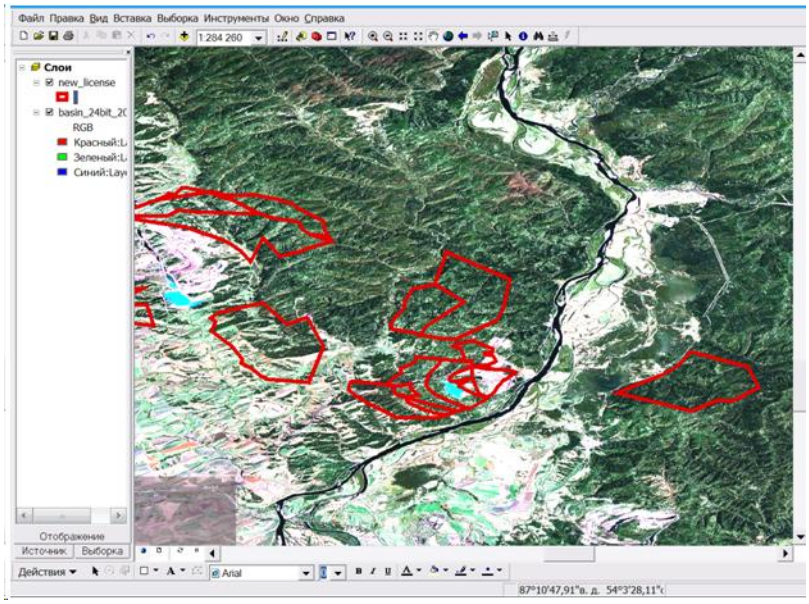

Рис. 3. Отслеживание границ пространственных объектов

практика, чаще требуется дополнительная обработка снимка. Для более четкого получения границ объекта предлагаем использовать Фурье-преобразование вида

$$W(n_1, n_2, m_1, m_2) = e^{-i2\pi\left(\frac{n_1 m_1}{N_1} + \frac{n_2 m_2}{N_2}\right)}.$$

Данное преобразование позволяет получить спектр изображения, характеризующий его на различных пространственных частотах.

На полученных снимках можно однозначно отрисовать границу пространственного объекта, т.е. получить новый объект типа полигон (рис. 4). Таким образом, получается новый слой пространственных данных, с которыми ведутся дальнейшие расчеты. Вычисление расхождения границ объектов выполняется встроенными средствами ГИС. Полученный результат в дальнейшем может быть использован для подсчетов незаконно изъятых полезных ископаемых.

Таким образом, полученная методика определения границ нарушения лицензионных участков при ведении открытых разработок полезных ископаемых позволяет получить точный инструмент для контроля горных разработок. Данная методика также может использоваться

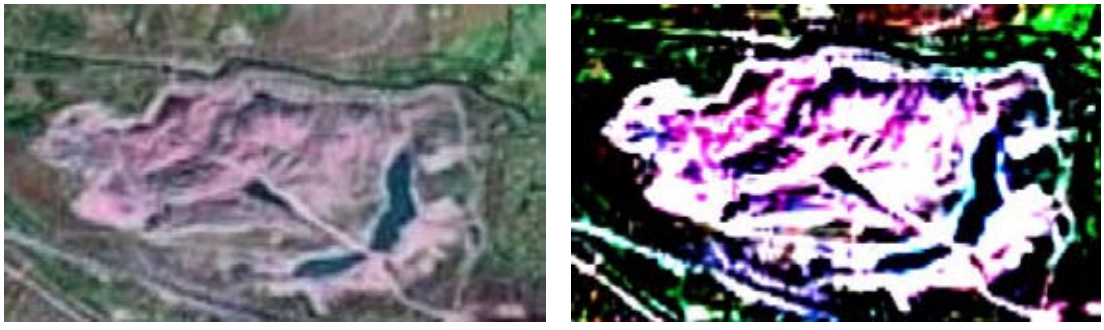

Рис. 4. Выделение границ пространственных объектов методом преобразования Фурье

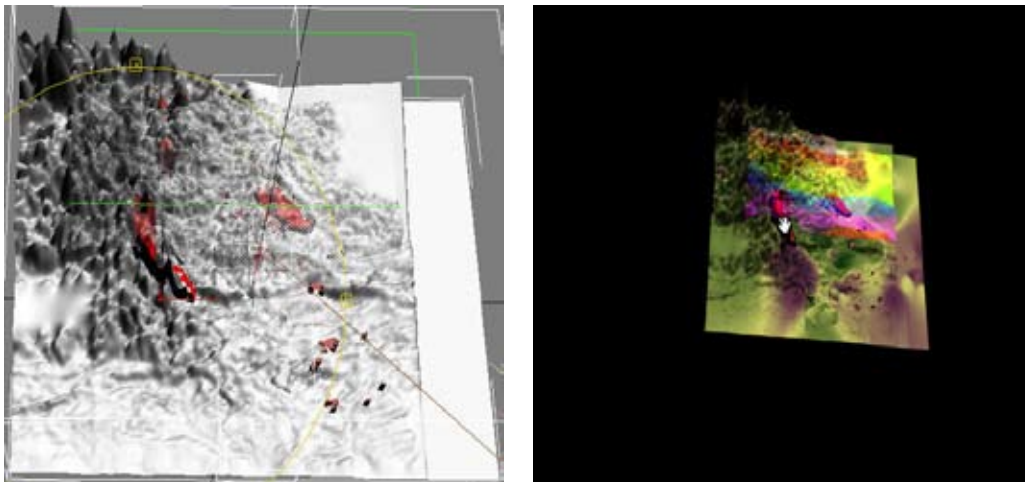

Рис. 5. 3D-модель оползневых явлений

для выделения границ любых типов горных и геологических объектов, например границы рек и озер и т.п.

Другим важным направлением использования ДДЗ для решения горно-технологических задач является создание новых имитационных моделей поверхности и расширение возможностей пространственного анализа и визуализации данных. Представление различных ситуаций в динамике позволяет оценить варианты развития событий. Особенно это важно для предупреждения возможных аварийных ситуаций, связанных, например, с оползневыми явлениями. В ИУУ СО РАН ведутся работы по созданию анимационных карт различных геофизических явлений, которые позволяют предвидеть ход процесса, а объемно-перспективные изображения помогают раскрыть картину событий (рис.5).

Заключение

Поскольку важной особенностью ДДЗ является их предельная точность отображения объектов реального мира, то данный вид информации является уникальным средством контроля и подтверждения полученной пространственной информации. В институте активно ведутся

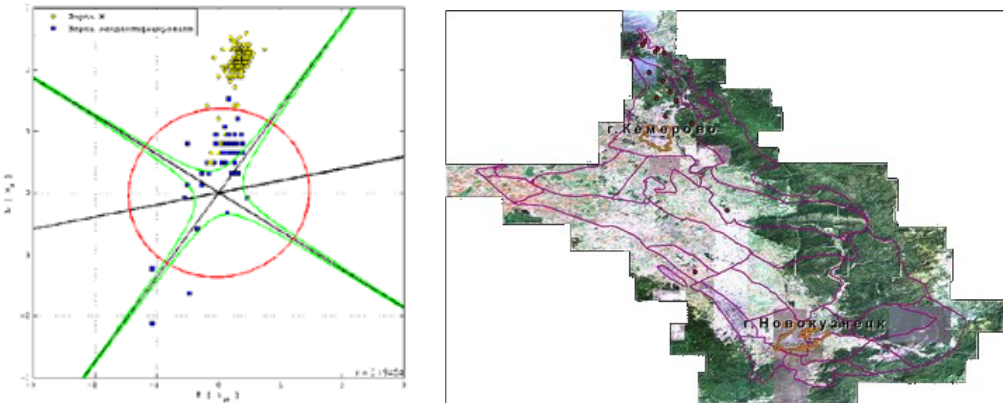

Рис. 6. Представление результатов вычисления на фазовом портрете и покрытие космоснимков

работы по интеграции методов решения горно-технологических задач и различных видов пространственной информации, в частности ДДЗ. Например, для подтверждения точности и обоснования полученных результатов работы вычислительного модуля «Энтропийный анализ» используется отображение итоговых значений на мозаичном покрытии. Так как алгоритмы энтропийного анализа во время обработки информации сохраняют дискретное представление совокупности, то имеется возможность отображения объектов на электронной карте. На рис. 6 на контуре Кемеровской области с границами геологических районов представлены результаты работы модуля «Энтропийный анализ». Подробно данный метод представлен в работе [1]. Представление результатов на космоснимках позволяет обосновать полученный результат с точки зрения рельефа, геологии и т.п.

Работа выполнена при финансовой поддержке междисциплинарного интеграционного проекта СО РАН № 86.

Список литературы

1. Замараев Р.Ю., Попов С.Е., Пястунович О.Л. Энтропийный анализ пространственно-распределенных систем на примере геоинформационных баз данных Кузнецкого угольного бассейна // Вычислительные технологии. Т. 12. Специальный вып. 3: ГИС- и веб-технологии в междисциплинарных исследованиях. 2007. С. 42 – 53.
2. Классификатор тематических задач оценки природных ресурсов и окружающей среды, решаемых с использованием материалов дистанционного зондирования Земли / Редакция 6. Иркутск. М., 2002.
3. Методы компьютерной обработки изображений / под ред. В.А. Сойфера. 2-е изд., испр. М, 2003.
4. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. СПб.: Питер, 2003.

Solving Methods of Mining Technology Problems Using the Data of Distance Probing

Vadim P. Potapov and Olga L. Pyastunovich
Institute of Coal and Coal Fuel Chemistry SB RAS,
21 Rukavishnikova st., Kemerovo, 650610 Russia

The paper describes the experience of usage of distant sounding data for a solution of concrete mountain-technological tasks on an example of Kuznetsk coal basin. Special attention is given to a method of selection of space plants' boundaries on spaceshots on the basis of threshold processing of pictures and processing by filters Fure. The decision of the problem of allocation of borders of licence sites of mining operations in the open way by the given method is given. The decision is based on integration of spaceshots and vector cards. Also examples of use of data of remote sounding for specification and a substantiation of results of the decision of concrete mountain-technological problems are resulted.

Keywords: data of distance probing, spaceshots, mining technology problems, decoding spaceshots.