

Современные подходы к обработке гиперспектральных аэрокосмических изображений

Бондур В.Г.

«Научно-исследовательский институт аэрокосмического мониторинга «АЭРО-КОСМОС» Минобрнауки России и РАН, г. Москва

vgbondur@aerocosmos.info

Введение

Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) является одной из наиболее быстро развивающихся областей космической деятельности. Аэрокосмическая информация применяется в интересах исследования и рационального использования природных ресурсов, охраны окружающей среды, предупреждения и ликвидации последствий природных катастроф и техногенных аварий, метеорологии и климатологии, лесного и сельского хозяйства, транспорта, городского планирования, картографии в интересах фундаментальных наук о Земле и др. [Бондур и др., 2009]. Для решения этих задач наиболее перспективно применение инновационных гиперспектральных методов и технологий. Основной отличительной особенностью гиперспектральных данных является возможность одновременного анализа пространственного распределения и спектральных характеристик наблюдаемых объектов, процессов и явлений [Plaza et al., 2009]. При этом используется «гиперкуб» данных, состоящий из строк и столбцов, формирующих матрицу пространственного распределения яркостей, совместно с третьей координатой, являющейся длиной волны регистрируемого излучения [Gut, 1999; Козодеров, 2012].

В настоящее время широкому применению гиперспектральных изображений для аэрокосмического мониторинга препятствуют отсутствие достаточного количества спутников и воздушных носителей, оборудованных гиперспектрометрами с требуемыми характеристиками, а также сложности, связанные с обработкой и интерпретацией больших потоков информации, формируемой этими приборами. В связи с этим, для эффективного использования гиперспектральных данных, поступающих при аэрокосмическом мониторинге, требуется разработка и применение эффективных методов, технологий, программных и высокопроизводительных технических средств обработки информации.

Особенности обработки гиперспектральных аэрокосмических изображений

При обработке гиперспектральных аэрокосмических изображений выполняется ряд этапов, основными из которых являются [Бондур, Резнев, 2012; Бондур и др., 2009]:

1. Предварительная обработка, включающая радиометрическую коррекцию (устранение искажений за счет неравномерности чувствительности элементов детекторов, учет влияния атмосферы); геометрическую коррекцию (устранение сдвига, учет кривизны земли; особенностей ландшафта); географи-

ческая привязка, синтез цветных и псевдоцветных изображений из канальных изображений;

2. Повышение качества изображений, включая: контрастирование; фильтрацию с использованием различных фильтров; подчеркивание границ; совмещение изображений, полученных в разных спектральных каналах, и т.п.;

3. Формирование спектров для всех пикселей гиперспектральных изображений, их отдельных фрагментов или в пределах выделенных контуров;

4. Тематическая обработка, заключающаяся в: классификации изображений (контролируемой, неконтролируемой) на основе различных подходов: детерминированного, непрерывно-группового, синтаксического, статического, нечеткого, нейрокомпьютерного и др., оптимизации числа используемых спектральных каналов гиперспектральных изображений для решения конкретных задач; выявлении изменений в изображениях для анализа динамических свойств исследуемых объектов, процессов и явлений.

5. Интерпретация гиперспектральных изображений, заключающаяся в выявлении признаков; восстановлении параметров исследуемых элементов изображений; символьном представлении результатов; семантической интерпретации и др.;

6. Формирование временных рядов тематически сегментированных гиперспектральных изображений.

7. Сопоставление результатов обработки разновременных и разнотипных гиперспектральных изображений и экспорт их в ГИС.

8. Анализ результатов обработки и формирование обоснованных рекомендаций для принятия решений.

В настоящее время существует ряд программных комплексов, предназначенных для обработки аэрокосмических изображений, разработанных различными организациями, основными из которых являются: ENVI (EXELIS); ERDAS ErMapper, ERDAS Imaging (Intergraph, ERDAS); GEOMATICA (PCI Geomatics); Аспект-Стат, Шелл, Мультикласс, Динкласс (НИИ «Аэрокосмос»); Сканмэджик, ScanEx Image Processor (НТЦ СканЭкс). Некоторые из них позволяют решать отдельные задачи, связанные с обработкой гиперспектральной информации, формируемой в процессе дистанционного зондирования. Это программное обеспечение функционирует на различных вычислительных средствах с использованием различных операционных систем.

Для повышения эффективности использования гиперспектральных данных, формируемых в процессе аэрокосмического мониторинга, требуется развитие существующих и разработка новых программных и технических средств обработки данных, прежде всего, с целью автоматизации, повышения достоверности и быстродействия анализа больших потоков информации. Важную роль для достижения этих целей играет также выбор и применение соответствующих вычислительных средств.

Современный программный комплекс обработки гиперспектральных аэрокосмических изображений

В настоящее время для обработки больших объемов гиперспектральных аэрокосмических данных в НИИ «АЭРОКОСМОС» разработаны соответствующие методы и создан развитый программный комплекс, который состоит из:

1. Программного обеспечения «Мультикласс» для распознавания по гиперспектральным аэрокосмическим изображениям объектов различных типов на основе анализа их качественных и количественных характеристик, которое обеспечивает:

- распознавание на основе дискриминантных функций при установке весов вручную или в соответствии с кривой ошибок для случаев простых и сложных альтернатив;
- распознавание с использованием кластеризации обучающей выборки;
- многоклассовое распознавание методом минимального риска;
- распознавание с использованием обобщенного «гиперкуба» меньшей размерности, полученного методом разделения смесей;
- определение количественных характеристик исследуемых объектов (например, породного состава проективного покрытия леса и т. п.) с использованием нейронной сети.

2. Программное обеспечение для совместной многопараметрической обработки гиперспектральной информации, получаемой с космических и воздушных средств, обеспечивающее:

- объединение разнородных геопространственных гиперспектральных данных для совместной обработки;
- текстурный анализ данных;
- пространственный спектральный анализ изображений;
- параллельную разветвленную интерактивную и автоматическую многопараметрическую обработку разнородных гиперспектральных данных.

3. Программное обеспечение для распознавания типов объектов путем решения обратных задач ДЗЗ, которое позволяет:

- формировать в требуемом виде входные данные на основе исходных калиброванных гиперспектральных изображений;
- управлять обратными задачами;
- обеспечивать автоматизированное решение обратных задач;
- формировать выходные данные с результатами распознавания типов объектов ДЗЗ.

4. Программное обеспечение для выявления и распознавания типов мало-размерных объектов на основе анализа отдельных областей, позволяющее:

- определять тоновые и спектральные характеристики исследуемой территории по гиперспектральным данным;
- формировать области с одинаковыми тоновыми и спектральными характеристиками;
- выделять области с одинаковыми тоновыми и спектральными характеристиками;
- выделять информативные признаки для выделенных областей;

- распознавать объекты по вычисленным информативным признакам и определять их местоположение.

5. Дополнительное программное обеспечение для повышения степени автоматизации на различных этапах обработки гиперспектральной информации, обеспечивающее:

- автоматическое открытие набора данных;
- автоматическое фрагментирование гиперспектральных данных;
- автоматическое масштабирование набора данных;
- автоматическое геометрическое согласование набора данных;
- расширение реализуемых математических функций;
- управление программным комплексом.

Реализация программного комплекса на супер-ЭВМ

Данный программный комплекс реализован для операционной системы LINUX. При этом обеспечено решение сложной задачи распараллеливания вычислений для обеспечения вычислений на супер-ЭВМ терафлопсного класса [Бондур, Резнев, 2012].

Результаты тестовых измерений на примере использования программного обеспечения распознавания наземных объектов путем решения обратных задач ДЗЗ по гиперспектральным изображениям, полученным с помощью космического гиперспектрометра Hyperspec (220 спектральных каналов в диапазоне $\Delta\lambda=0,4\dots2,5$ мкм), установленного на спутнике EO-1, показали следующее. Скорость такой обработки на суперкомпьютере производительностью 1,1 Tflops (12 процессоров, 144 ядра) более чем в 100 раз превышает скорость обработки на персональном компьютере с одним процессором Pentium 4 (3,6 ГГц).

В докладе приводятся примеры обработки гиперспектральных данных с использованием описанного программного комплекса.

Литература

1. Бондур В.Г., Резнев А.А. О применении суперкомпьютеров для обработки потоков аэрокосмических изображений // Материалы 2-й Всероссийской научно-технической конференции «Суперкомпьютерные технологии», Дивноморское, Геленджик. – 2012. С.338-345.
2. Бондур В.Г., Крапивин В.Ф., Савиных В.П. Мониторинг и прогнозирование природных катастроф. М: Научный мир, 2009. 692 с., 22 цв. ил.
3. Козодеров В.В., Кондранин Т.В., Дмитриев Е.В., Казанцев О.Ю., Персеев И.В., Щербаков М.В. Обработка данных гиперспектрального аэрокосмического зондирования // Исследование Земли из космоса, 2012, №5, С.3-11.
4. Gut N. Hyperspectral imaging // Spectroscopy. 1999. V.14. №3. P. 28-42.
5. Plaza A., Benediktsson J.A., Boardman J.W., Brazile J., Bruzzone L., Camps-Valls G., Chanussot J., Fauvel M., Gamba P., Gualtieri A., Marconcini M., Tilton J.C., Trianni G. Recent advances in techniques for hyperspectral image processing // Remote Sensing of Environment, 2009, V. 113. P.110–S122.