

Д.В. Соломатов

Сравнительный анализ программных средств обработки спутниковых данных

Институт оптики атмосферы СО РАН, г. Томск

Поступила в редакцию 2.09.2006 г.

Представлены существующие программные средства для первичной обработки данных дистанционного зондирования и их подготовки к тематической обработке. Рассмотрена возможность использования геоинформационных систем для решения поставленной задачи, представлены сравнительные характеристики систем обработки данных дистанционного зондирования, специализированных программных средств, а также приведено описание дополнительных утилит и библиотек, которые могут быть использованы при создании программного обеспечения для обработки данных дистанционного зондирования.

Даны практические рекомендации по использованию рассмотренных программных средств при создании программного обеспечения на основе свободно распространяемых систем для среды Microsoft Windows.

Введение

При решении различных тематических задач дистанционного зондирования атмосферы и подстилающей поверхности достижение максимального результата часто напрямую связано с использованием эффективных программных средств обработки и подготовки спутниковой информации. Современное состояние этой проблемы можно кратко охарактеризовать следующим образом.

В настоящий момент разработано достаточно много различных программных средств, позволяющих производить обработку данных дистанционного зондирования. Многие методы и алгоритмы обработки реализованы в больших геоинформационных системах и системах обработки данных дистанционного зондирования, таких как ArcGIS, ENVI и ERDAS. Создано также множество специализированных программ более узкого назначения. В этой ситуации сбор и систематизация обширной информации о существующих программных продуктах и ее анализ занимают достаточно много времени.

При этом следует отметить отсутствие публикаций, в которых бы проводился всесторонний сравнительный анализ возможностей разработанных к настоящему моменту программных средств работы со спутниковой информацией. Поэтому выбор среди такого множества программных продуктов простого, удобного и наиболее эффективного программного обеспечения для выполнения конкретной задачи представляется довольно сложным.

В данной статье сделан сравнительный анализ используемых на практике программных средств обработки данных дистанционного зондирования, приведены краткое описание их возможностей и некоторая систематизация этой информации. Была использована представленная в Интернете информация о программных средствах, производящих

чтение, первичную обработку, геометрическую коррекцию, преобразование, визуализацию и статистический анализ спутниковых данных.

К рассматриваемым программным средствам были предъявлены следующие требования:

- реализация алгоритмов первичной обработки данных;
- возможность работы с картографическими проекциями (перевод данных из одной проекции в другую, расчет координат в проекции);
- географическая привязка;
- поддержка основных форматов, используемых для спутниковых изображений, таких как GeoTIFF и HDF;
- простота в использовании;
- возможность экспорта файлов в различные графические форматы;
- поддержка наибольшего числа различных платформ (прежде всего ОС Windows).

Кроме того, первичная обработка спутниковых данных без их дальнейшего использования является бессмысленной. Поэтому при рассмотрении программных средств уделялось большое внимание возможности их использования в качестве одного из модулей в процессе обработки данных дистанционного зондирования.

1. Использование инструментальных ГИС и ГИС-вьюверов

В настоящее время существует множество геоинформационных систем, предоставляющих разнообразные средства доступа, анализа и обработки пространственной информации. Все они имеют схожую функциональность в контексте данной задачи, поэтому подробно на них останавливаться не будем.

В данном разделе рассмотрена возможность использования ГИС для создания программного обеспечения на их основе.

Основные составляющие ГИС:

Система ввода данных — обеспечивает средства для формирования цифрового представления пространственных объектов и явлений.

Система управления и обработки данных — позволяет редактировать, обеспечивает правильность и эффективность хранения и преобразования данных, анализировать данные, выполнять сложные запросы; в определенном смысле в основе построения ГИС лежит СУБД.

Система анализа данных — включает средства получения данных по запросам, моделирования процессов, интегрирования разнородной информации.

Система вывода данных — содержит функции получения высококачественных карт, диаграмм, таблиц.

К инструментальным ГИС относятся пакет ArcGIS компании ESRI, линия пакетов GeoMedia (Intergraph, США), пакет AutoCAD Map компании Autodesk, SMALLWORLD (SmallWorld System, Великобритания), MapInfo (MapInfo Corporation, США), GeoGraph/ GeoDraw.

Как правило, все разработчики полнофункциональных ГИС предлагают и ГИС-вьюеры: ArcView3 (ESRI, США), WinCAT (Simens Nixdorf, Германия).

В общем потоке ГИС лидируют вьюеры, позволяющие просматривать данные в различных проекциях, такие как ER Viewer 2.0 от Earth Resource Mapping; расширения ГИС — например, PowerStructure от Benchmark GIS или HTML Image Mapper от alta4 для ArcView GIS; утилиты — например, Topology Manager от TPLG Foundations; библиотеки пространственных компонентов — например, Caris Spatial Fusion от CARIS.

Были рассмотрены следующие геоинформационные системы: ArcGIS (ESRI) [1], ArcView (ESRI) [2], GRASS GIS [3], GeoMedia (Intergraph Mapping/GIS) [4], MGE GIS (Intergraph Mapping/GIS) [5], MapInfo GIS (MapInfo) [6], Manifold System (manifold.net) [7].

Все рассмотренные ГИС имеют множество средств для обработки спутниковых данных, среди которых: средства пространственного анализа данных, средства работы с проекциями, средства работы с форматами спутниковых данных, средства редактирования данных, средства коррекции изображений, фильтры, использование масок, средства визуализации, средства группировки, средства классификации.

Однако все перечисленные выше средства геоинформационных систем созданы для решения универсальных задач, а решение более конкретной задачи (например, обработки данных конкретного спутника) потребует от пользователя специальных знаний и опыта работы с системой.

Все рассмотренные ГИС имеют встроенные средства программирования для написания новых

модулей и добавления к системе новых возможностей. Это свойство ГИС можно использовать для решения более специфических задач, добавления новых алгоритмов в контексте создаваемой системы. Но у такой реализации существует проблема, связанная с тем, что модули не способны работать самостоятельно, без ГИС; кроме того, модули для одной ГИС не будут работать с другой. Как правило, геоинформационные системы очень дорогостоящие и не имеет смысла приобретение ГИС для работы программы, которая будет использовать лишь небольшую часть их возможностей.

Из всех рассмотренных геоинформационных систем стоит выделить систему GRASS GIS. От остальных она отличается тем, что распространяется свободно вместе с исходными кодами и построена по модульной схеме в виде наборов утилит и библиотек. Эта геоинформационная система способна работать на большинстве Unix-совместимых платформ, Windows и Macintosh.

2. Системы обработки данных дистанционного зондирования

В данном разделе рассмотрены системы обработки данных дистанционного зондирования. Это такие программные средства, как PCI Geomatica [8], RSI ENVI [9], ER Mapper [10], ERDAS Imagine [11], Msphinx [12], Multispec [13], Image Processing Workbench [14], ScanMagic [15], ISIS [16] и OSSIM [17].

Все вышеперечисленные программные продукты включают в себя:

- *Средства доступа к данным.* Предоставляют возможность доступа к базам данных, работы с различными форматами данных, с удаленными данными.
- *Средства управления данными.* Позволяют работать с проекциями, выделять пространственные регионы, работать со слоями данных.
- *Средства пространственной и спектральной трансформации изображений.* Трансформация цветов, интерполяция/дискретизация, поворот изображения.
- *Средства фильтрации и геометрической коррекции изображений.*
- *Средства обработки векторных данных.*
- *Средства интерактивной информации.* Интерактивное отображение информации о точке в позиции курсора, о выбранном регионе и т.п.
- *Средства анализа изображений.* Построение графиков и гистограмм, измерение расстояний, расчет статистических параметров.
- *Средства оформления результатов.* Рисование графических примитивов, добавление подписей.
- *Средства визуализации данных.* Построение 2- и 3-мерных изображений, задание цветовой палитры.
- *Средства классификации.* Алгоритмы спектрально-пространственной классификации данных, создание вероятностных карт, показывающих сте-

пень принадлежности каждого пикселя к тому классу, в который он отнесен, задание граничных значений по вероятности отнесения к данному классу.

• *Средства производства картографической продукции.* Создание дополнительных элементов (границ, координатных сеток, легенд и т.п.).

Данные программные средства способны работать с наиболее распространенными форматами данных дистанционного зондирования, таких как HDF, HDF-EOS, GeoTIFF, общими графическими

форматами, форматами ГИС, а также с бинарными и ASCII файлами. Большинство рассмотренных систем имеют встроенные языки программирования, благодаря которым могут быть написаны дополнительные модули для расширения этих систем.

Сравнительные характеристики программных средств этой группы приведены в табл. 1.

Системы обработки данных дистанционного зондирования, как правило, более, чем ГИС, приспособлены для обработки именно спутниковой информации.

Таблица 1

Сравнительные характеристики систем обработки данных дистанционного зондирования

Программное средство	Поддержка сенсоров, спутников	Форматы данных	Средства расширения	Платформа, операционная система	Условия распространения
1	2	3	4	5	6
PCI Geomatica	SPOT, LANDSAT, ASAR, MERIS, IRS, AVHRR, ASTER, RADARSAT, JERS, ERS, IRS-P6, IKONOS, QUICKBIRD, EROS, OrbView-3, CBERS, FORMOSAT	Используется специальная технология Generic Database (GDB), позволяющая напрямую читать более 100 форматов растровых, векторных и иных данных и сохранять результаты в широко распространенных графических форматах	Язык программирования EASI, возможность написания макросов	Microsoft Windows NT/2000/XP, Sun, Linux, SGI	Коммерческая система. Стоимость в зависимости от комплектации от 3000 дол.
RSI ENVI	QuickBird, IKONOS, OrbView, EROS, IRS, Landsat, SPOT, RADARSAT, MODIS, Terra	Более 100 общих графических, ГИС- и ДДЗ-форматов	Язык программирования IDL	Большинство Unix платформ (Sun, Dec, IBM, SGI, HP) и Linux, Microsoft Windows 95/98/Me/2000/XP, Apple Macintosh (MacOS 8.1 и выше)	Коммерческая система. Стоимость системы в зависимости от комплектации от 4000 евро
ER Mapper	AVIRIS, LANDSAT, SPOT	Более 100 форматов графических данных, возможность связи с БД, прямая связь с ARC/INFO, Arc/Plot, GeoShare, Genmap, Oracle, ArcView, многие векторные форматы (DGN, DXF) используются без преобразований	Встроенные средства написания макросов и язык программирования высокого уровня	Sun, SGI, HP, Dec, Microsoft Windows 95/98/2000/NT	Коммерческая система. Стоимость системы в зависимости от комплектации от 3000 дол.
ERDAS Imagine	SPOT, LANDSAT, ASAR, MERIS, IRS, AVHRR, ASTER, RADARSAT, JERS, ERS, IRS-P6, IKONOS, QUICKBIRD, EROS, OrbView-3, CBERS, FORMOSAT, MODIS	Более 100 общих графических, ГИС- и ДДЗ-форматов	Язык макросов EML (ERDAS Macro Language), Sun SML (Spatial Modelling Language), возможность написания модулей на языке Си	Microsoft Windows 98/NT/2000/XP, Sun	Коммерческая система. Стоимость минимального комплекта 2500 дол.

1	2	3	4	5	6
ScanMagic (Россия, СканЭкс)	NOAA, EOSAT, MODIS, Метеор- ЗМ, Ресурс-О	Около 50 общих графических, ГИС- и ДДЗ-форматов	–	Microsoft Windows 98/2000/XP	Коммерческое ПО. Стоимость одной лицензии 1300 дол., существует свобод- но распространяе- мая версия про- граммы ScanMagic Lite без возможно- сти экспорта и печати
Mspphinx	MODIS	HDF, общие графические форматы	Состоит из набо- ра утилит, кото- рые могут управ- ляться при по- мощи командного файла	Apple Macintosh, Linux, Power PC, Intel, Cygwin, Sun, SGI, IBM, HP, DEC	Использование в целях исследова- ния и обучения; бесплатное, ком- мерческое исполь- зование с согласия авторов
ISIS (Integrated Software for Imagers and Spectrometers)	MODIS	HDF, HDF-EOS	Коммуникация с программами IDL и C++	Linux, Sun, Apple Macintosh	Распространяется с согласия авторов
Multispec	Ресурс-О, Land- sat, AVIRIS, MODIS, ASTER	HDF, GeoTIFF, ERDAS Imagine, Fast7A, GeoSPOT	–	Microsoft Windows, Apple Macintosh	Распространяется свободно без исход- ного кода
Image Processing Workbench	–	Собственный формат, общие графические форма- ты, экспорт/импорт из некоторых ДДЗ- и GIS-форматов	–	Большинство Unix платформ	Распространяется свободно вместе с исходным кодом
OSSIM (Open Source Software Image Map)	Расширяемая система, исполь- зуются специаль- ные модули для поддержки раз- личных сенсоров	Расширяемая система, используются специальные модули для поддержки различных форматов	Представляет собой библиоте- ку, функции ко- торой могут быть использованы из других программ	Linux, Microsoft Windows	Распространяется свободно вместе с исходными кодами

Кроме того, в связи с меньшим количеством функций эти программные средства более просты в использовании и требуют меньше времени на подготовку пользователей для работы с ними. Большинство программных средств данной группы построены по модульному принципу и могут быть дополнены добавлением новых блоков, созданием макросов или написанием дополнительных функций на встроенных языках программирования. Недостатком данной группы программных средств является высокая стоимость большинства из них.

Следует также учитывать, что в случае разработки программного обеспечения на их основе всем пользователям созданного программного обеспечения также понадобится приобретать данные программные средства.

Среди рассмотренных программных средств этой группы есть и свободно распространяемые системы: Multispec, Image Processing Workbench и OSSIM. Возможность их использования для первичной обработки, анализа данных и подготовки к тематической обработке выглядит наиболее привлекательной.

3. Специализированные программные средства обработки данных дистанционного зондирования

Помимо универсальных систем обработки изображений существует множество специализированных программных средств для обработки данных дистанционного зондирования, полученных с конкретного прибора, данных какого-либо одного формата, либо средств, выполняющих часть функций систем обработки изображений. Сравнительные характеристики продуктов указанной группы приведены в табл. 2.

Недостатком специализированных программных средств является их узкая направленность на обработку данных конкретного прибора или конкретного формата.

Кроме того, предоставляемый ими набор функций значительно меньше набора функций программных средств, рассмотренных в двух первых разделах. В то же время именно узкая направленность этих программ позволяет лучше учитывать

Сравнительные характеристики специализированных программных средств

Программное средство	Основные возможности	Поддержка сенсоров	Форматы данных	Платформа, операционная система	Условия распространения
1	2	3	4	5	6
Noesys [18]	Чтение, статистический анализ, визуализация и архивирование данных	–	HDF, HDF-EOS, TIFF, netCDF, GeoTIFF, PICT	Microsoft Windows, Apple Macintosh	Коммерческое ПО
Windows Image Manager [19]	Визуализация, статистический анализ, работа с векторными объектами, работа с проекциями, трансформация изображений	SeaWiFS, CZCS, MODIS, GLI, OCTS, NOAA AVHRR, MOS, AMSR-E, Quik-SCAT, SSMI	HDF, Coast-Watch, Terascan, ERDAS-LAN, NSIDC, raster, NAVOCEANO и др.	Microsoft Windows	Коммерческое ПО
Intel Array Visualizer [20]	Чтение, редактирование и визуализация данных	–	HDF, HDF5	Microsoft Windows 2000/2003/XP	Коммерческое ПО
Slice Dicer [21]	Визуализация данных	–	netCDF, HDF, BMP, DICOM, DIB, JPG, PICT, TIFF	Microsoft Windows 98/Me/2000/NT / XP	Коммерческое ПО
Tecplot [22]	Визуализация данных	–	HDF	Microsoft Windows 98/ME/NT/2000 /XP, Linux, Sun, SGI, IBM, Macintosh	Коммерческое ПО
HDFExplorer [23]	Визуализация и экспорт данных	–	HDF, HDF-EOS, HDF5, netCDF	Microsoft Windows 98/ME/2000/XP	Версия Lite – бесплатно, версия Pro – 95 дол.
HDFBrowse [24]	Извлечение и визуализация данных, коррекция эффекта «бабочки»	MODIS, ASTER	HDF, HDF-EOS	Microsoft Windows	Распространяется свободно в виде бинарных файлов
International MODIS/AIRS Processing Package (IMAPP) [25]	Первичная обработка, географическая привязка, калибровка данных	MODIS, AIRS, AMSU, HSB	HDF-EOS	Sun, SGI, IBM, HP, Linux, существует также реализация для Microsoft Windows, сделанная фирмой СканЭкс	Распространяется свободно вместе с исходным кодом, версия для Windows фирмы СканЭкс распространяется свободно без исходного кода
NCAR Command Language (NCL) [26]	Интегрированная среда разработки, содержит множество функций и процедур для обработки многомерных наборов данных	–	ASCII, binary, netCDF, HDF, GRIB и NCAR	Dec, HP, IBM, SGI, Sun, Apple Macintosh, Microsoft Windows, Linux RedHat/Debian/Solaris X86	Распространяется свободно в виде бинарных файлов
MODIS Reprojection Tool [27]	Извлечение данных, геометрическая трансформация данных, работа с географическими проекциями	MODIS	HDF-EOS	Sun, SGI, Microsoft Windows 9x/2000/NT/XP и большинство Linux систем	Распространяется свободно вместе с исходным кодом
MODIS Swatch Reprojection Tool [27]	Извлечение данных, преобразование в изображение с равномерной сеткой, коррекция эффекта «бабочки»	MODIS	HDF-EOS, GeoTIFF	Sun, SGI, Microsoft Windows 9x/2000/NT/XP и большинство Linux систем	То же
McIDAS [28]	Чтение данных, визуализация, статистический анализ, сохранение изображений и графиков	MODIS	McIDAS Area, McIDAS grid, HDF-EOS, netCDF	Microsoft Windows XP/NT, Apple Macintosh, Linux RedHat, Sun, SGI, IBM, HP	Распространяется свободно вместе с исходным кодом

1	2	3	4	5	6
netCDF Operators (NCO) [29]	Набор утилит для работы с данными netCDF формата	–	netCDF	Apple Macintosh, FreeBSD, Cray, Dec, IBM, HP, Linux, Microsoft Windows, NEC, SGI, Sun	То же
HDFLook [30]	Визуализация данных, статистический анализ, экспорт и печать изображений	MODIS, AIRS, ASTER	HDF, HDF-EOS	Apple Macintosh, Linux, Sun, SGI, IBM, HP, Dec	То же
LinkWinds [31]	Визуализация данных, статистический анализ, выбор подмножеств, извлечение данных	MODIS	HDF, HDF-EOS	SGI, Sun, HP, IBM, Linux	То же
WebWinds [32]	Чтение и визуализация данных, географическая привязка, комбинирование наборов данных, извлечение данных	MODIS	HDF, HDF-EOS	Sun/Linux Java, SGI Java, HP Java, Mac Java 1.2, Microsoft Java	То же
EOSView [33, 34]	Визуализация данных, тестирование правильности формата	–	HDF, HDF-EOS	DEC, HP, IBM, Sun, SGI	То же
HDFView [35]	Визуализация и редактирование данных	–	HDF, HDF5	Windows 98/NT/2000/XP, Solaris, Linux, AIX, Irix 6.5 (JDK1.4), MacOSX (JDK1.4), OSF1 (JDK1.4)	То же
GraDS (Grid Analysis and Display System) [36]	Визуализация и экспорт данных	–	GRIB, NetCDF, HDF	Dec, Linux, Sun, Apple Macintosh, SGI, IBM, Microsoft Windows	То же
Interactive Visualizer and Image Classifier for Satellites (IVICS) [37]	Визуализация данных	AVHRR, MODIS, VIRS, ASTER, GOES	HDF, GeoTIFF, многие форматы через интерфейс GSF (Generalized Satellite Format)	Linux RedHat, Microsoft Windows, SGI, Sun	То же

специфику обработки данных дистанционного зондирования, полученных с помощью конкретных спутниковых приборов.

Такие программы могут быть использованы в качестве модулей при разработке новых программных средств обработки спутниковых данных. Кроме того, многие программные средства данной группы распространяются свободно и не требуют дополнительных затрат для разработчиков и пользователей.

4. Полезные утилиты и библиотеки

Библиотека HDF [38, 39] предоставляет средства для работы с файлами формата HDF. Функции HDF-библиотеки могут вызываться из программ пользователя на C или Fortran. Основная библиотека содержит интерфейс общего назначения и интерфейсы уровня приложений для каждого типа данных. Каждый интерфейс уровня приложений специально разработан для чтения, записи и манипуляции данными одного типа. Интерфейс общего назначения содержит функции операций вво-

да/вывода с файлами, обработки ошибок, управления памятью и физического сохранения. Существуют реализации для Windows, Unix и Macintosh. Данная библиотека распространяется свободно вместе с исходниками.

Библиотека NetCDF (Network Common Data Form) [40] предоставляет интерфейс для доступа к данным формата netCDF. Данная библиотека определяет платформо-независимый формат для представления научных данных, распространяется свободно вместе с исходниками и является библиотекой для C, C++, Fortran. Существуют также реализации для Perl, MATLAB, Python. Большинство утилит netCDF может быть использовано с HDF.

Программное средство SIMAP [41] представляет собой простую утилиту для работы с данными MODIS и AIRS. Это скрипт, написанный на языке IDL, способный читать данные MODIS и AIRS уровней L1B и L2. Работает через интерфейс командной строки. Результатом работы данной утилиты являются карты с физическими значениями (излучение, яркость, температура), сохраненные в виде изображений png или jpeg или в виде би-

нарных файлов. Программа способна работать на любой платформе, поддерживающей язык IDL.

Утилита командной строки Hdr [42] предназначена для быстрого отображения содержимого объектов HDF-файла. Она может выводить содержимое HDF-файлов различного уровня с различным уровнем детализации. Работает в средах Unix, Windows и Macintosh.

Набор утилит NCSA [43, 44] предназначен для преобразования данных HDF-формата в графические форматы, и наоборот, получения информации из файлов HDF-формата, также он содержит средства компиляции программ на языках C и Fortran, использующих HDF-формат. Работает в средах Unix, Windows и MacOS.

Программное средство HDF Java [44, 45] содержит:

- Java HDF-Interface (JHI) — Java-интерфейс, который является оболочкой HDF4-библиотеки и используется для доступа к библиотеке HDF4,
- Java HDF5-Interface (JHI5) — Java-интерфейс, который является оболочкой HDF5-библиотеки и используется для доступа к библиотеке HDF5,
- Hdf-object package — пакет, который интерпретирует объекты данных форматов HDF-4 и HDF-5 в объектно-ориентированной форме и предоставляет общий стандартный API для доступа к HDF4- и HDF5-файлам,
- HDFView — графическая утилита для просмотра и редактирования HDF4- и HDF5-файлов.

Данное ПО распространяется свободно вместе с исходными кодами и работает в средах Unix, Windows и MacOS.

Библиотека HDFNOW [46] работает с данными формата HDF, предоставляет средства для работы с данными по сети. Это дополнение к основному интерфейсу формата HDF SD (Scientific Data) и использует MPI (Message Passing Interface) технологию для коммуникации между процессами. Распространяется свободно вместе с исходными кодами.

Пакет h5utils [47] содержит утилиты извлечения данных из файлов формата HDF5. Этот пакет содержит утилиты для преобразования данных HDF5 в текстовый и графические форматы. Распространяется свободно вместе с исходными кодами.

Пакет программ MODIS LDOPE [48] представляет собой набор отдельных исполняемых файлов, работающих в режиме командной строки. Этот пакет предназначен для извлечения данных из файлов формата HDF-EOS, различных геометрических операций над этими данными и расчета статистических характеристик. Работает в средах Unix и Windows. Распространяется свободно вместе с исходным кодом.

Пакет pyhdf [49] представляет собой интерфейс на языке Python к HDF4-библиотеке. Он позволяет управлять HDF-файлами из программ на Python с использованием объектно-ориентированной модели. Распространяется свободно вместе с исходными кодами.

Утилита HEG [50, 51] предназначена для конвертирования EOS продуктов в формате HDF-EOS

в GeoTIFF, бинарный формат и сетку HDF-EOS. Утилита также имеет возможности перепроектирования, передискретизации, разбиения, сборки и создания метаданных. Утилита работает через интерфейс командной строки или через графический интерфейс пользователя. Поддерживаются Sun, SGI и Windows платформы. В настоящее время работает с данными: MODIS (Aqua и TERRA), ASTER, MISR, AIRS и AMSR-E в формате HDF-EOS.

Программа HEW [52] предназначена для выбора подмножеств наборов данных HDF-EOS. Подмножество может быть выбрано по широте и долготе, по времени, по значениям данных. Утилита способна работать через Web-интерфейс.

Утилита ASTER Data Opener [53] используется для конвертирования данных ASTER формата HDF в отдельный канал или в BSQ-формат. Работает в среде Windows. Распространяется свободно вместе с исходным кодом.

GeoGateway (также называемая GDB) [8, 54, 55] — технология, позволяющая программам получить доступ к файлам многих форматов данных дистанционного зондирования с помощью единого интерфейса. Позволяет читать изображения, векторы, атрибуты, проекции и другую информацию. Каждый формат, поддерживаемый GeoGateway, имеет реализованный модуль в библиотеке GeoGateway. В эту библиотеку могут быть добавлены также новые форматы, совместимые с базовой моделью.

Утилита SPOT [56] — средство контроля правильности формата HDF-EOS-файлов, сопровождающая программа для HEW.

Заключение

При выборе рассмотренных программных средств для создания блоков программного обеспечения, производящего первичную обработку и подготовку данных для тематической обработки, следует учитывать конкретные сенсоры, форматы данных, платформы, операционные системы, требования к ЭВМ, условия распространения программных средств, их эффективность и простоту в использовании.

1. Для успешного использования сложных и дорогостоящих ГИС-систем при обработке спутниковых данных необходим достаточный опыт практической работы с этими системами. Кроме того, для решения конкретной задачи по обработке спутниковых данных может возникнуть необходимость использования дополнительных средств или написания новых программных модулей, что требует изучения специальных языков программирования.

2. Основной недостаток большинства известных систем обработки данных дистанционного зондирования (разд. 2) — их сложность в использовании, некоторая избыточность функций, относительно высокая стоимость. Если говорить о доступных системах обработки спутниковых данных, то при реализации программного обеспечения для среды

Microsoft Windows в качестве основы могут быть выбраны свободно распространяемые программные средства MultiSpec или OSSIM. Эти программные средства могут быть расширены с помощью библиотек GDB, HDF и netCDF (для доступа к файлам большего числа форматов) и других утилит из разд. 4.

3. Рассматривая задачу создания простого и эффективного блока программного обеспечения для работы со спутниковой информацией MODIS, в качестве альтернативы сложным системам (представленным в разд. 1 и 2) можно выбрать следующий перечень программных продуктов. Для первичной обработки данных MODIS рекомендуется использовать пакет IMAPP, для коррекции этих данных и преобразования проекций целесообразно использовать программы MODIS Reprojection Tool, MODIS Swatch Reprojection Tool, для визуализации и статистического анализа — программное средство McIDAS.

4. Программные средства из разд. 4, не обладая универсальными свойствами сложных ГИС и систем обработки спутниковых данных, тем не менее могут быть с успехом использованы в качестве дополнительных модулей, позволяющих расширить базовые возможности этих систем (добавление поддержки новых форматов данных и сенсоров, дополнительных функций). В частности, при реализации блока программного обеспечения для обработки данных MODIS на базе пакетов IMAPP, MODIS Reprojection Tool и MODIS Swatch Reprojection Tool целесообразно к этому перечню добавить следующие программные продукты: а) набор утилит NCSA; б) утилиту HDFNOW; в) утилиту MODIS LDOPE; г) библиотеку GDB.

5. Также для реализации алгоритмов обработки данных дистанционного зондирования можно успешно применять язык IDL (Interactive Data Language) [57], который содержит множество специализированных функций и процедур. Среда разработки IDL является коммерческим программным средством, но для выполнения программ, написанных на языке IDL, может быть использована бесплатно распространяемая программа IDL Virtual Machine.

Интернет-источники

1. <http://www.esri.com/software/arcgis/index.html>
2. <http://www.esri.com/software/arcview/>
3. <http://grass.itc.it/>
4. <http://www.intergraph.com/geomedia/>
5. <http://www.intergraph.com/mge/default.asp>
6. <http://www.mapinfo.com/>
7. <http://www.manifold.net/>
8. <http://www.pcigeomatics.com/>

9. <http://www.ittvis.com/envi/>
10. <http://www.ermapper.com/>
11. <http://gi.leica-geosystems.com/>
12. <http://www-loa.univ-lille1.fr/Msphinx/>
13. <http://cobweb.ecn.purdue.edu/~biehl/MultiSpec/>
14. <http://www.icess.ucsb.edu/~ipw2/>
15. <http://www.scanex.ru/ru/site/software/default.asp?submenu=scanmagic&id=index>
16. <http://wwwflag.wr.usgs.gov/ISIS/>
17. <http://www.ossim.org/>
18. <http://www.ittvis.com/NOeSYS/index.asp>
19. <http://www.wimsoft.com/>
20. <http://www.intel.com/cd/software/products/asmونا/eng/compilers/226277.htm>
21. <http://www.slicerdicer.com/>
22. <http://www.tecplot.com/>
23. <http://www.space-research.org/>
24. <http://eostation.scanex.ru/software.html>
25. <http://cimss.ssec.wisc.edu/~gumley/IMAPP/IMAPP.html>
26. <http://www.ncl.ucar.edu/>
27. <http://edcdaac.usgs.gov/landdaac/tools/modis/index.asp>
28. <http://www.ssec.wisc.edu/mcidas/>
29. <http://nco.sourceforge.net/>
30. <http://daac.gsfc.nasa.gov/tools/HDFLook/index.shtml>
31. <http://www.openchannelfoundation.org/projects/LinkWinds/>
32. <http://www.openchannelsoftware.com/projects/WebWinds/>
33. <http://gcmd.nasa.gov/records/EOSView.html>
34. http://www.hdfeos.org/Docs/EOSView_3.1_ug_jan_2000.pdf
35. <http://www.hdfgroup.com/hdf-java-html/hdfview/>
36. <http://www.iges.org/grads/>
37. <http://www.nsstc.uah.edu/ivics/>
38. <http://hdf.ncsa.uiuc.edu/>
39. <http://hdf.ncsa.uiuc.edu/HDF5/>
40. <http://www.unidata.ucar.edu/software/netcdf/>
41. <http://daac.gsfc.nasa.gov/MODIS/simap/>
42. <http://disc.gsfc.nasa.gov/tools/>
43. <http://www.ncsa.uiuc.edu/>
44. <http://www.hdfeos.org/>
45. <http://www.hdfgroup.com/hdf-java-html/>
46. http://www.hdfgroup.com/Parallel_HDF/HDFNOW/hdfnow.html
47. <http://ab-initio.mit.edu/wiki/index.php/H5utils>
48. <http://edcdaac.usgs.gov/landdaac/tools/ldope/>
49. <http://pysclint.sourceforge.net/pyhdf/>
50. http://daac.gsfc.nasa.gov/MODIS/documentation/tutorials/21_HEG.pps
51. http://edcdaac.usgs.gov/landdaac/tools/heg/heg_summary.asp
52. <http://subset.itsc.uah.edu/hew2k/>
53. <http://aster.indomicrowave.com/software.htm>
54. <http://www.pcigeomatics.com/products/geogateway.html>
55. http://www.pcigeomatics.com/products/gdb_formats.html
56. <http://subset.itsc.uah.edu/sds-spot.html>
57. <http://www.ittvis.com/idl>

D.V. Solomatov. Comparative analysis of software for processing satellite data.

Available software for primary processing of remote sensing data and their preparation for topical processing is treated. A possibility of the use of geoinformation systems to solve some given problem is considered; comparative characteristics of the remote sensing data processing, as well as specialized codes are presented. The description of additional utilities and libraries applicable in producing the software are presented.

Practical recommendations on the use of the considered program means in producing the specialized software based on freely propagated systems for Microsoft Windows media are given.