

Возможности автоматизации рабочих процессов в программном комплексе ENVI*

ВВЕДЕНИЕ

Возрастающее качество изображений, полученных со спутников дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), делает их все более надежными и востребованными источниками получения информации об объектах земной поверхности. Инструменты и технологические модули, помогающие легко и безошибочно извлекать информацию из изображений, чрезвычайно важны для решения как научных, так и производственных задач. Многие специалисты по обработке данных ДЗЗ и иные специалисты, работающие с пространственной информацией в различных областях, выбирают программный комплекс (ПК) ENVI — ведущее программное обеспечение по извлечению информации из изображений, полученных методами ДЗЗ. В ENVI реализованы новейшие научно обоснованные алгоритмы, разработанные в соответствии с последними тенденциями развития технологий обработки изображений.

С выходом новых версий функционал ENVI становится все более адаптированным для решения конкретных прикладных задач. Автоматизированные модули рабочих процессов (workflows) и мастера (wizards) обеспечивают удобное пошаговое выполнение сложных операций, используя простые интерфейсы. Это позволяет решать задачи обработки данных ДЗЗ даже специалистам с небольшим опытом.

Основное внимание при выходе новых версий ENVI уделяется разработке прикладных специализированных модулей, снабженных описаниями каждой стадии, что позволяет быстро и легко получать желаемые результаты на базе аэрокосмических снимков. Наличие описания обеспечивает быстрое освоение модулей как профессионалами, так и новичками в сфере тематической обработки снимков. Модули рабочие процессы ПК ENVI адаптированы для использования различных типов данных. Результаты, получаемые по завершении работы модулей, могут быть напрямую экспортированы в базы данных ГИС, Google Earth либо перенесены в ArcGIS для подготовки карт и отчетной документации.

В ПК ENVI рабочие процессы обеспечивают решение широкого спектра наиболее востребованных задач обработки мультиспектральных, гиперспектральных и радарных данных. Ниже речь пойдет о модуле ENVI Feature Extraction, инструментах SPEAR Tools, и Target Detection Wizard.

МОДУЛЬ ENVI FEATURE EXTRACTION

Модуль ENVI Feature Extraction — дополнительный модуль ENVI, позволяющий быстро и эффективно дешифровать пространственные объекты по аэрокосмическим снимкам. Часто перед учёными, инженерами, ГИС-специалистами стоит задача автоматизированно-

* Статья подготовлена по материалам сайта <http://www.exelisvis.com/>. Перевод с английского выполнен ведущим специалистом по тематической обработке данных ДЗЗ С. Г. Мышляковым (компания «Совзонд»)

го выделения каких-либо целевых объектов на снимках. Однако процесс ручной оцифровки объектов сопряжен со сложностями распознавания образов и временными трудозатратами. К тому же, при работе с мульти- и гиперспектральными снимками специалист-дешифровщик видит лишь картинку, полученную в результате комбинирования трех спектральных каналов в цветовой RGB-модели.

Модуль ENVI Feature Extraction может быть успешно использован для автоматизированного дешифрирования таких объектов как транспортные средства, здания, дороги, мосты, реки, озера, поля. Модуль оптимально подходит для извлечения информации из панхроматических и мультиспектральных снимков сверхвысокого разрешения. Дешифрирование основано на использовании спектральных, текстурных и морфологических дешифровочных признаков. Дополнительные наборы данных, такие как, например, цифровые модели рельефа, могут быть также добавлены в рабочий процесс с целью улучшения результатов дешифрирования. Рабочий процесс по извлечению целевой информации построен таким образом, чтобы оператор тратил меньше времени на понимание деталей обработки и больше сосредотачивался на интерпретации результатов дешифрирования.

Традиционные алгоритмы классификации изображений, реализованные в большинстве программных пакетов по обработке данных ДЗЗ, основаны на попиксельной обработке. Сущность ее заключается в отнесении каждого пикселя растрового изображения к определенному классу, на основе некоторых правил в соответствии со значением его спектральной энергетической яркости. Точность данного подхода обычно зависит от количества спектральных каналов и пространственного разрешения снимков. Для автоматизированного дешифрирования снимков сверхвысокого разрешения, широко используемых в настоящее время, более предпочтительным

является объектно-ориентированный подход, позволяющий использовать для выделения объектов не только спектральные, но также текстурные и морфологические свойства объектов, отобразившихся на снимках.

Именно объектно-ориентированный подход к выделению объектов на снимках реализован в модуле ENVI Feature Extraction. Хорошие результаты дешифрирования при использовании данного подхода могут быть получены даже при ограниченном числе спектральных каналов, в том числе и при использовании одноканальных панхроматических изображений. Объект представляет собой выделенную по особым правилам область на снимке с присущими однородными спектральными, текстурными и морфологическими характеристиками.

Рабочий процесс дешифрирования целевых объектов включает сегментацию изображений, расчет атрибутов (дешифровочных признаков) для каждого сегмента с образованием объектов и классификации объектов (контролируемой либо на основе правил) (рис. 1). Модуль позволяет пользователю контролировать процесс дешифрирования и адаптировать его под конкретные целевые объекты дешифрирования.

На первом этапе осуществляется выделение объектов. Задача выделения объектов включает сегментацию и вычисление атрибутов полученных сегментов. Когда данный этап выполнен, пользователь может экспортировать полученные сегменты в векторный формат либо выполнить классификацию изображения. Второй этап – классификация изображений — может быть осуществлена на основании эталонов (с обучением), либо на основе заданного набора правил отнесения объектов к тому или иному классу (экспертная классификация). Результаты классификации могут быть сохранены в векторном либо в растровом формате.

Одним из наиболее важных аспектов модуля ENVI Feature Extraction является возможность предварительного просмотра результатов на

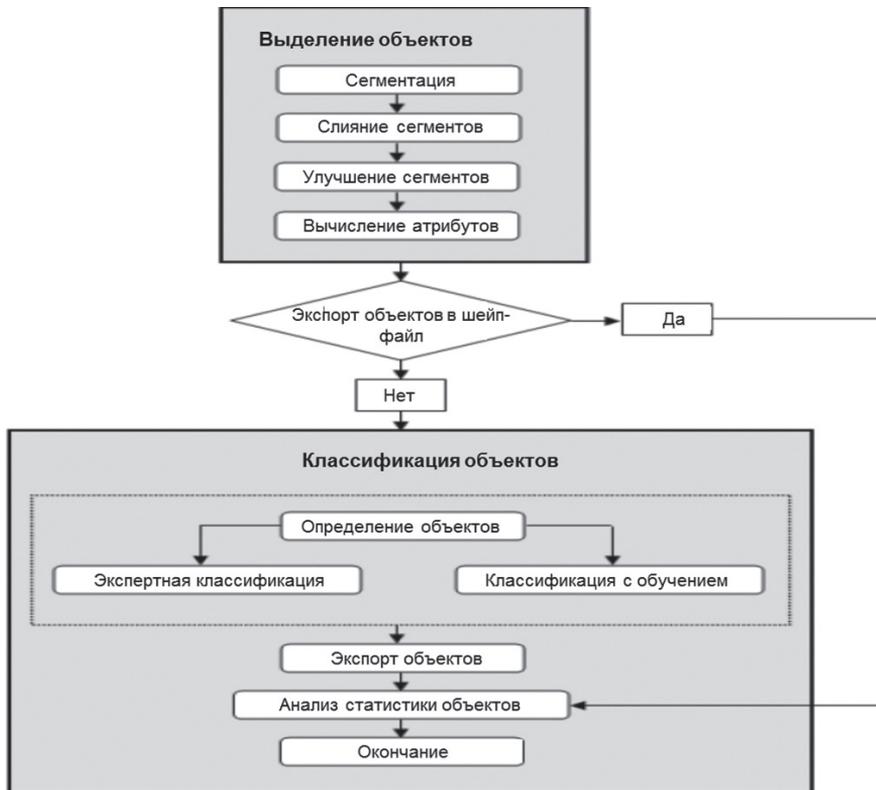


Рис. 1. Блок-схема рабочего процесса объектно-ориентированной классификации

каждом этапе рабочего процесса. Изменения исходных параметров осуществляются «на лету» и сразу отображаются в окне предварительного просмотра. Окно предварительного просмотра, в свою очередь, можно передвигать по экрану, его размеры также можно изменить (рис. 2).

Объектно-ориентированный подход обеспечивает существенное сокращение временных затрат, по сравнению с традиционными методами дешифрирования. Наличие функции предпросмотра позволяет быстро и эффективно оценить точность результатов сегментации и классификации, не дожидаясь, пока изображение будет полностью обработано. Это осо-

бенно важно при экспертной «подгонке» исходных параметров сегментации и классификации. Как только удовлетворительные параметры найдены, можно запускать алгоритм для обработки всего изображения.

Заключительным этапом рабочего процесса является классификация объектов. Оператор может самостоятельно создать обучающие выборки на сегментированном изображении, импортировать результаты полевого эталонирования либо задать правила, определяющие способы дешифрирования отдельных классов.

Таким образом, модуль ENVI Feature Extraction позволяет автоматизировано дешифрировать объекты на панхроматических,

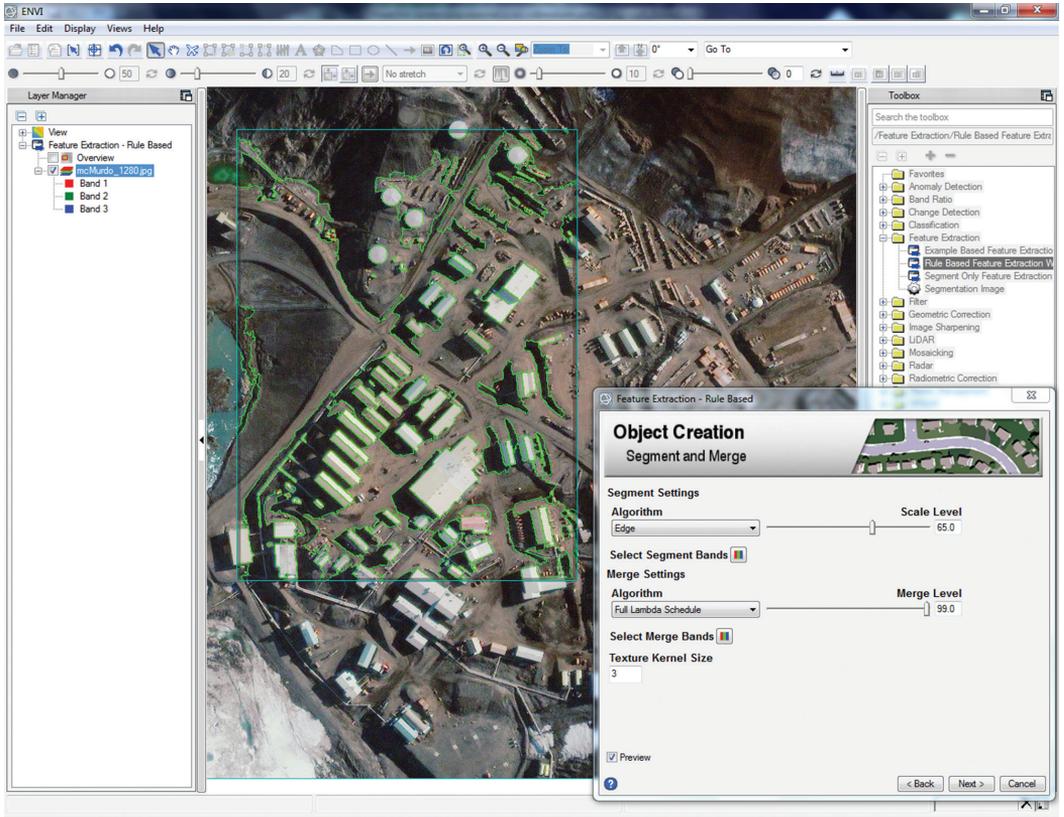


Рис. 2. Интерфейс модуля ENVI Feature Extraction и окно предварительного просмотра результатов

мультиспектральных и гиперспектральных изображениях. Вкупе с прочими алгоритмами классификации, доступными в ПК ENVI (контролируемая, неконтролируемая классификации, классификация по методу дерева принятия решений, нейронных сетей), ПК ENVI обеспечивает максимально полный арсенал программных средств, необходимых для автоматизированного дешифрирования снимков.

НАБОР ИНСТРУМЕНТОВ SPEAR TOOLS

Набор инструментов SPEAR Tools (Spectral Processing Exploitation and Analysis Resource),

интегрирован в базовый функционал ENVI, предназначен для оптимизации спектральной обработки снимков. SPEAR Tools интегрирует наиболее распространенные операции по обработке снимков в автоматизированные пошаговые рабочие процессы. Разработанные для геопространственного анализа изображений, инструменты SPEAR Tools в значительной степени сокращают время, необходимое для выполнения таких операций как повышение четкости изображения (pan-sharpening), разновременной анализ (change detection), классификация поверхностей и других. Инструменты снабжены пошаговыми

инструкциями и обладают интуитивно понятным интерфейсом, что обеспечивает простоту освоения и удобство использования.

В состав SPEAR Tools включено 15 рабочих процессов, оптимизированных для обработки мультиспектральных изображений. Используя мощные и проверенные инструменты, уже реализованные в ПК ENVI, SPEAR Tools представляет простой и надежный способ обработки изображений.

SPEAR Tools включает следующие инструменты:

- * Anomaly Detection (Выявление аномалий);
- * Change Detection (Выявление изменений);
- * Google Earth Bridge (Связь с Google Earth);
- * Image-to-Map Registration (Геопозиционирование снимка по векторным данным);
- * Independent Components Analysis (Анализ независимых компонент);
- * Lines of Communication (Линии коммуникаций);
- * Metadata Browser (Браузер метаданных);
- * Terrain-based Orthorectification (Ортотрансформирование);

- * Pan Sharpening (Увеличение пространственного разрешения изображений);
- * Relative Water Depth (Определение относительной глубины водоемов);
- * Spectral Analogues (Спектральные аналоги);
- * TERCAT (Terrain Categorization) (Категоризация поверхности);
- * Vegetation Delineation and Stress Detection (Дешифрирование растительности и определение вегетационного стресса);
- * Vertical Stripe Removal (Удаление вертикальных полос);
- * Watercraft Finder (Поиск судов).

ANOMALY DETECTION

Инструмент обеспечивает поиск любых объектов или областей на снимке, спектральная яркость которых сильно отличается от фоновой спектральной яркости (спектральных аномалий) (рис. 3). В ENVI реализован алгоритм Reed-Xiaoli Detector (RXD) для поиска и выделения целевых объектов, которые

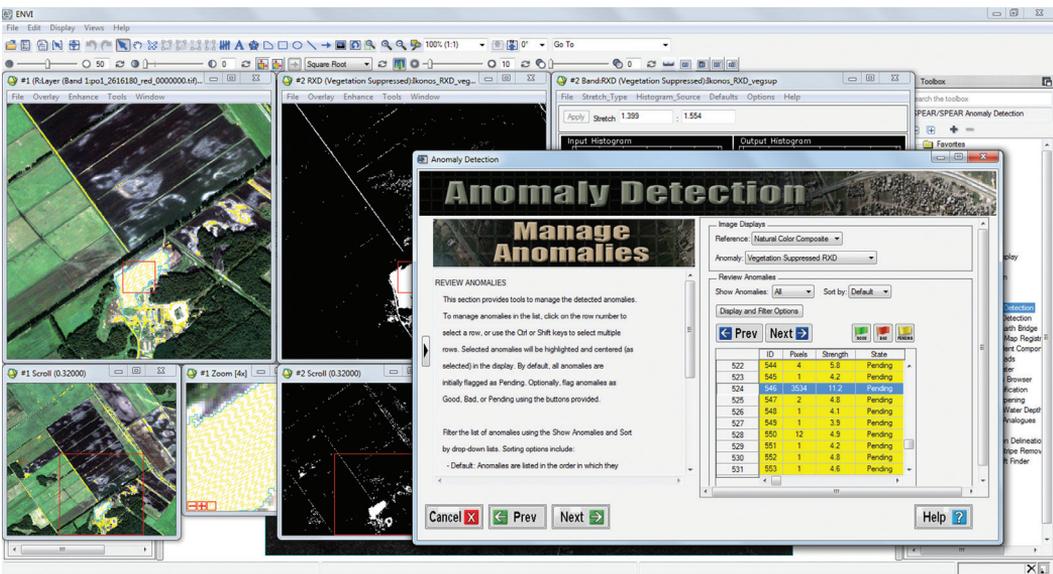


Рис. 3. Инструмент Anomaly Detection. Контроль выделенных в автоматизированном режиме аномалий

статистически отделены от фона изображения. Инструмент включает опции разбиения изображения, задания порога чувствительности и возможность ручного редактирования выделенных в автоматизированном режиме аномалий.

SPEAR CHANGE DETECTION

Инструмент обнаружения изменений Change Detection обеспечивает возможность сравнения изображений, полученных на одну и ту же территорию за различные даты. Инструмент позволяет в автоматизированном режиме выделить области, где произошли изменения (рис. 4). В инструменте Change Detection реализованы следующие методы выявления относительных изменений:

✦ **Преобразование.** Исходные наборы данных объединяются в единый файл, а затем обра-

батываются при помощи специализированных алгоритмов (анализ главных компонент, минимальная шумовая часть, анализ независимых компонент), в результате чего вычисляется степень корреляции объектов на исходных изображениях.

✦ **Вычитательный метод.** Нормализованный разностный вегетационный индекс (NDVI), отношение красного канала к синему каналу и искусственное отношение вычисляются для исходных наборов данных. Разностные изображения, отображающие произошедшие изменения, получаются в результате вычитания из исходных изображений полученных результатов.

✦ **Мультивременной композит (2CMV).** Изображение определенного спектрального канала за одну дату визуализируется в красном канале RGB-модели, а изображение того же спектрального канала за другую

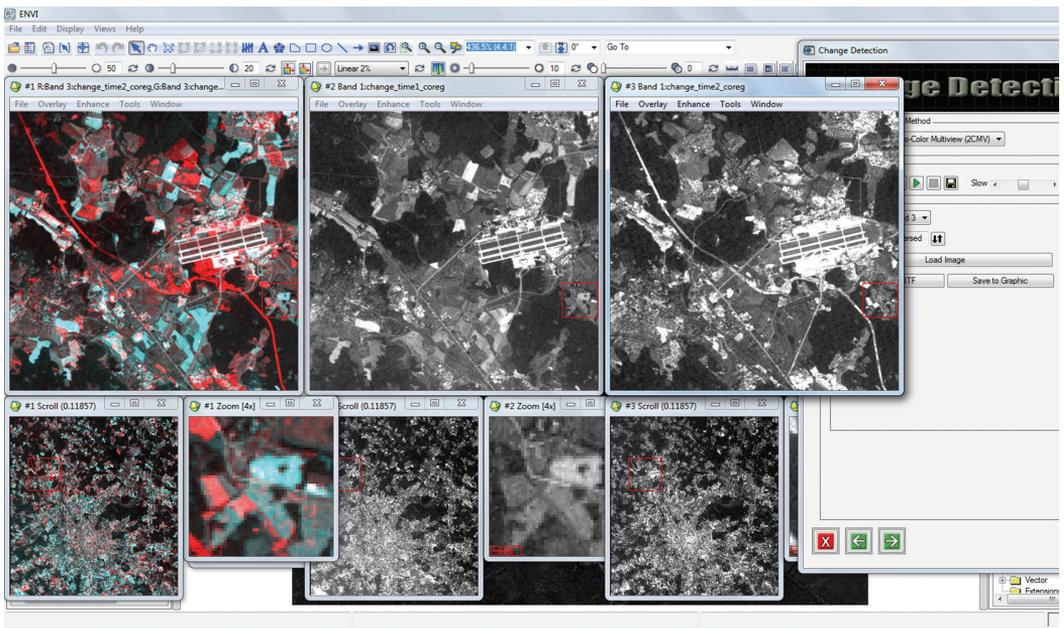


Рис. 4. Инструмент Change Detection. Построение мультивременного композита

дату визуализируются в зеленом и синем каналах. Объекты, для которых в результате имевших место изменений произошло уменьшение спектральной яркости, отображаются в голубых тонах. Объекты, для которых произошло увеличение спектральной яркости, отображаются в красных тонах. Указанные цвета индицируют произошедшие изменения и их направленность.

GOOGLE EARTH BRIDGE

Google Earth Bridge обеспечивает простой способ экспорта растровых и векторных данных из ПК ENVI в Google Earth. Создает KML-файлы, содержащие векторные данные (включая границы снимков). Растровые данные экспортируются в виде эскизов изображений (thumbnails) с возможностью их наложения на определенную область поверхности Google Earth.

IMAGE-TO-MAP REGISTRATION

Image-to-Map Registration предназначен для пространственной привязки изображений ДЗЗ по геопозиционированным векторным данным. Пространственная привязка (геопозиционирование) обеспечивает совмещение снимков с другими геоданными и возможность их совместного анализа.

INDEPENDENT COMPONENTS ANALYSIS

Инструмент Independent Components Analysis преобразует исходное мультиспектральное изображение по методу независимых компонент. В результате преобразования создается новый многоканальный растр, содержащий линейную комбинацию исходных спектральных каналов. Данный способ спектрального преобразования создает новое изображение с взаимно независимыми значениями спектральных яркостей. Изобра-

жения, полученные в результате преобразования по методу независимых компонент, позволяют различить объекты, даже, если они имеют крайне малое распространение на снимке. Рабочий процесс адаптирован для мультиспектральных и гиперспектральных данных.

LINES OF COMMUNICATION

Инструмент Lines of Communication обеспечивает оптимальную спектральную обработку снимков для выделения и картографирования дорог, рек и иных линейных объектов (рис. 5). Инструмент способствует более эффективной ручной оцифровке дорог и коммуникаций, а также водных объектов за счет «подчеркивания» на изображении соответствующих объектов.

METADATA BROWSER

Встроенный браузер метаданных считывает ключевые метаданные в формате NITF (National Imagery Transmission Format) и отображает их в удобном для восприятия виде. В дополнении к этому данный инструмент позволяет сравнивать разновременные изображения и предоставлять в режиме 3D-графики информацию о местоположении спутника в момент съемки, геометрии съемки и местоположении Солнца (рис. 6). Кроме этого, имеется возможность одновременного просмотра метаданных различных снимков для оценки их качества и пригодности для решения различных задач.

TERRAIN-BASED ORTHORECTIFICATION

Модуль Terrain-based Orthorectification предназначен для ортотрансформирования снимков с использованием коэффициентов рационального многочлена (rational polynomial coefficients, RPC), цифровой моде-

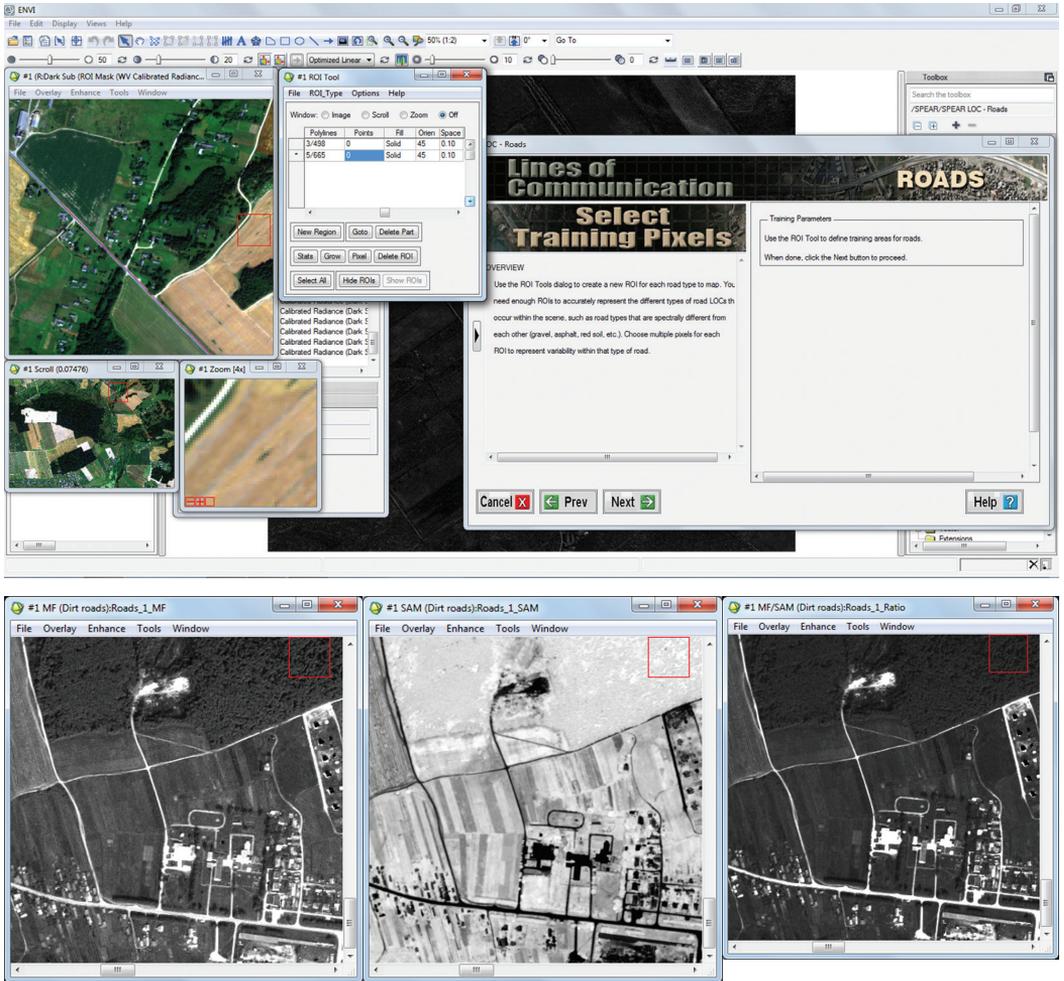


Рис. 5. Инструмент Lines of Communication. Результат спектральных преобразований для выделения дорог

ли рельефа, информации о геоде и наземных опорных точках. На Ортотрансформированном изображении (ортофотоплане) координаты пространственных объектов максимально приближены к истинным координатам на местности, также устранены искажения, вызванные геометрией съемки и влиянием рельефа.

PAN SHARPENING

Инструмент Pan Sharpening предназначен для создания изображений на базе синхронно полученных панхроматических и мультиспектральных снимков. Создаваемые в результате операции Pan Sharpening изображения наследуют более высокое простран-

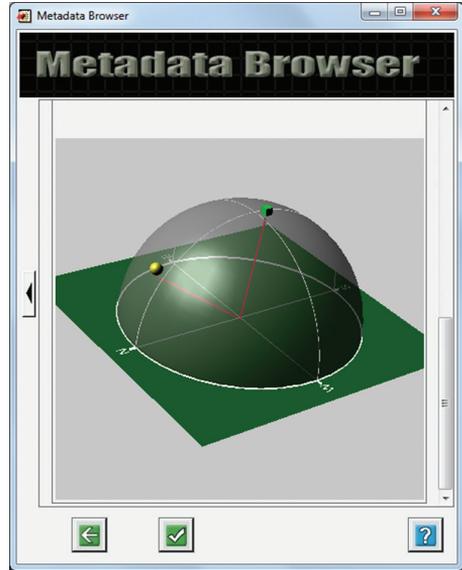
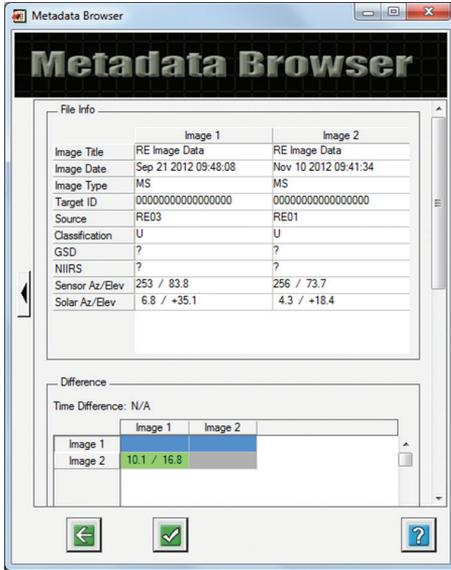


Рис. 6. Инструмент Metadata Browser. Просмотр метаданных и трехмерная визуализация местоположения спутника в момент съемки

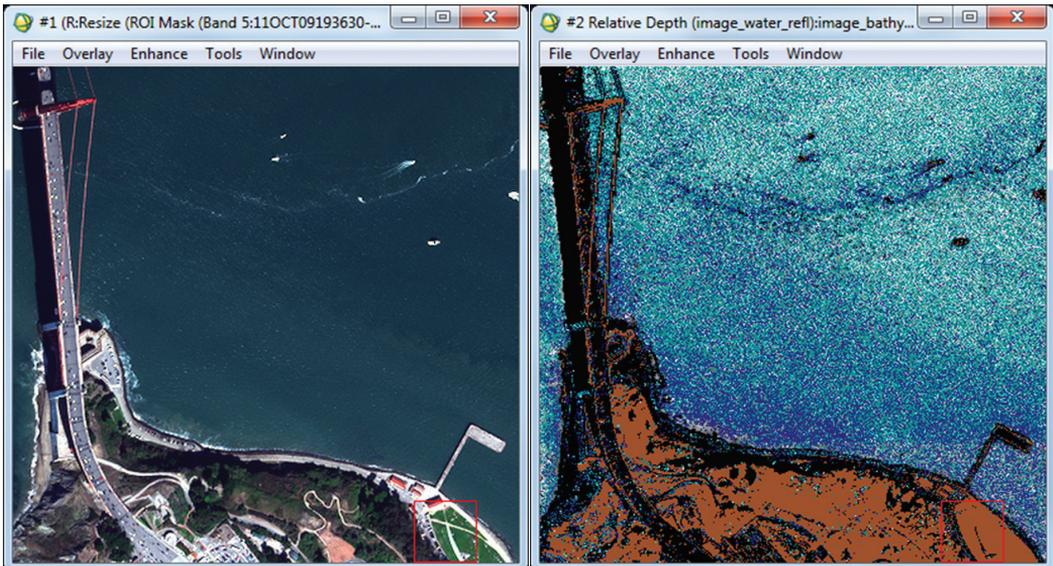


Рис. 7. Инструмент Relative Water Depth. Построение изображения относительных глубин. Более темные участки соответствуют меньшим глубинам

венное разрешение панхроматического снимка и цветовые характеристики спектральных каналов.

RELATIVE WATER DEPTH

Инструмент Relative Water Depth дает возможность быстрого построения растровых карт относительных глубин водных объектов (рис. 7). При помощи Relative Water Depth пользователь может получить общую картину батиметрии водоема. При наличии данных о замерах глубин в контрольных точках можно составить уравнение зависимости абсолютной глубины от относительной и попытаться построить батиметрическую карту в абсолютных величинах.

SPECTRAL ANALOGUES

При помощи инструмента Spectral Analogues на мультиспектральном, либо гиперспектральном изображении удастся обнаружить участки распространения объектов с заданным спектральным образом. Спектральный образ определяется на основе ана-

лиза отражения и поглощения волн определенной длины по всему диапазону электромагнитного спектра. Работа инструмента основана на сравнении спектральных образов пикселей снимка с эталонными спектральными образами конкретных объектов (рис. 8).

TERCAT (TERRAIN CATEGORIZATION)

Данный модуль предназначен для выполнения автоматизированной классификации спектрально однородных пикселей изображения в заданные классы. Результирующие классы могут быть заданы пользователем либо автоматически сгенерированы в результате работы алгоритма (рис. 9). В модуле TERCAT доступны все стандартные алгоритмы классификации, реализованные в ENVI, плюс дополнительный алгоритм, названный Winner Takes All (Победитель берет всё). Сущность его заключается в одновременном применении нескольких стандартных методов классификации. Пикселю присваивается наиболее вероятное значение по результатам всех выполненных алгоритмов.

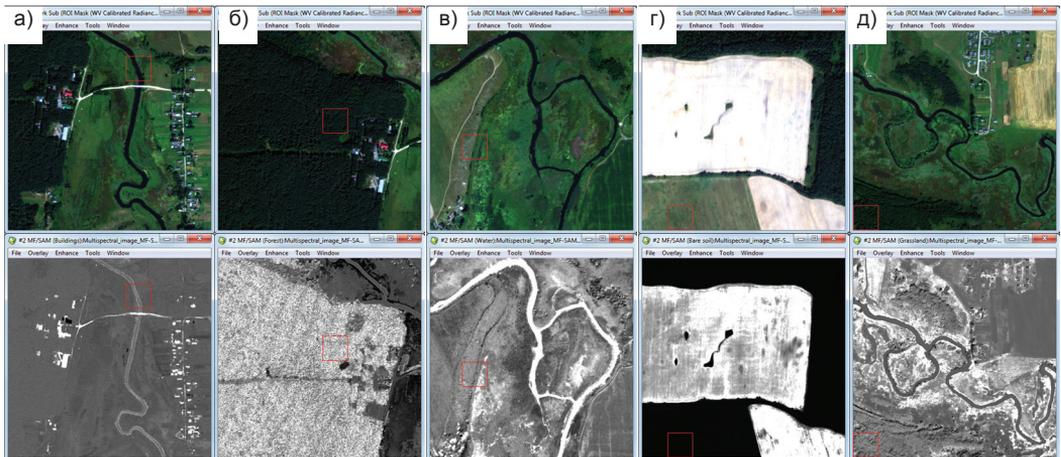
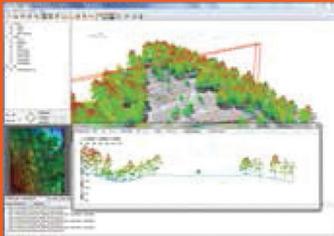


Рис. 8. Применение инструмента Spectral Analogues к мультиспектральному снимку WorldView-2. Выделение объектов с заданным спектральным образом: а) здания, б) леса, в) водные объекты, г) участки с открытой почвой, д) пойменные луга

Меняется
окружающая среда.

Меняется климат.

Ваше программное
обеспечение не может
оставаться прежним.



Программный комплекс ENVI и язык программирования IDL предоставляют инструменты, позволяющие выполнять следующие задачи: инвентаризация лесов, обнаружение очагов возгорания, оценка биомассы и другие задачи. Автоматизированные процессы ENVI и IDL позволяют даже неопытным пользователям быстро получить точные, научно-обоснованные результаты.

Посмотрев наш вебинар «Снимки и геопроостранственные данные для лесного хозяйства» на YouTube, вы узнаете, как инновационные программные продукты компании Exelis VIS могут быть использованы для решения прикладных задач лесной отрасли. Подпишитесь на наш канал Exelis Visual Information Solutions на YouTube и получите доступ к другим вебинарам по данной тематике.

Компания «СОВЗОНД» является эксклюзивным дистрибьютором компании Exelis VIS по распространению программного комплекса ENVI на территории России и стран СНГ.



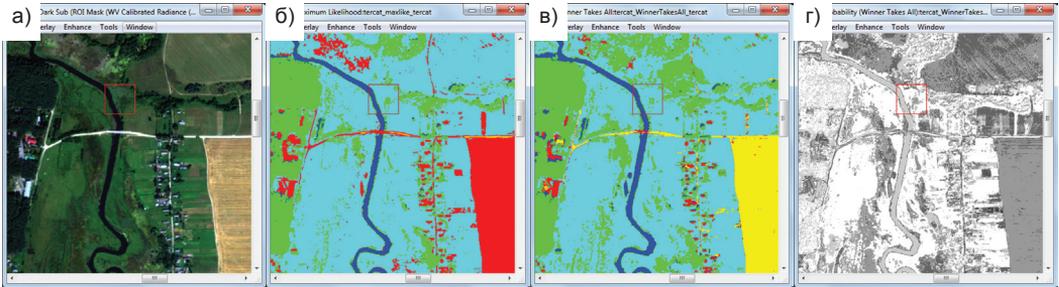


Рис. 9. Инструмент TERCAT. Применение методов классификации и оценка достоверности результатов

а) Исходный мультиспектральный снимок WorldView-2.

б) Результат классификации по методу максимального правдоподобия.

в) Результат классификации по методу Winner Takes All

г) Вероятностное изображение достоверности результатов классификации. Более светлые участки соответствуют более высокой вероятности отнесения объекта к заданному классу

VEGETATION DELINEATION AND STRESS DETECTION

Инструмент Vegetation Delineation and Stress Detection позволяет легко идентифицировать участки, покрытые растительностью и в первом приближении оценить интенсивность вегетации. Инструмент снабжен функцией генерирования графических отчетов о состоянии растительности на основе дешифрирования снимков.

VERTICAL STRIPE REMOVAL

Для некоторых спектрально однородных областей на изображении могут присутствовать эффекты вертикальных полос, в которых яркость пикселей отличается от яркости фоновых объектов. Часто такие помехи препятствуют нормальной визуализации снимка и могут привести к неверной интерпретации пикселей при спектральной обработке. Инструмент Vertical Stripe Removal способен удалить данные артефакты. Наилучшие результаты достигаются при удалении полос именно в областях однородного фона на изображении (постоянный уровень спектральной яркости по всему полю изображения).

WATERCRAFT FINDER

Рабочий процесс Watercraft Finder разработан для решения задач обнаружения судов в открытых акваториях на базе обработки снимков сверхвысокого разрешения. Инструмент также может быть использован для дешифрирования судов в прибрежных зонах. Признаком, обеспечивающим обнаружение судна, является отражение им волн в ближнем инфракрасном канале, тогда как окружающая водная поверхность в данном диапазоне характеризуется интенсивным поглощением. Таким образом, судно выглядит как спектральная аномалия и может быть легко распознано в автоматизированном режиме. Таким образом, независимо от уровня подготовки пользователя, SPEAR Tools позволяет быстро и эффективно решать широкий спектр задач автоматизированной обработки снимков и получать результаты в удобном и наглядном виде.

ИНСТРУМЕНТ TARGET DETECTION WIZARD

Зачастую некоторые объекты на снимках не могут быть распознаны в режиме визуального дешифрирования. С помощью инстру-

мента ENVI Target Detection пользователи могут эффективно обнаружить объекты интереса, независимо от наличия опыта дешифрирования снимков. Сопровождаемый пояснениями рабочий процесс включает 8 алгоритмов обнаружения объектов.

Мастер Target Detection выполняет пошаговый процесс по обнаружению объектов и обеспечивает получение результатов высокой точности. Рабочий процесс оптимизирован для гиперспектральных и мультиспектральных изображений. В качестве объектов дешифрирования при использовании мастера могут выступать участки распространения определенных типов растительности, специфических грунтов, минералов, либо отдельные искусственные объекты (напри-

мер транспортные средства). При условии, если дешифровщику известно, что на территории содержится хотя бы один объект интереса, мастер Target Detection может быть использован для обнаружения подобных объектов на области покрытия снимка. Инструментарий мастера может быть легко адаптирован для выделения конкретных объектов в соответствии с нуждами пользователей.

В мастере Target Detection реализованы следующие методы обнаружения целевых объектов:

- ✦ Согласованная фильтрация (Matched Filtering, MF);
- ✦ Ограниченная энергетическая минимизация (Constrained Energy Minimization, CEM);

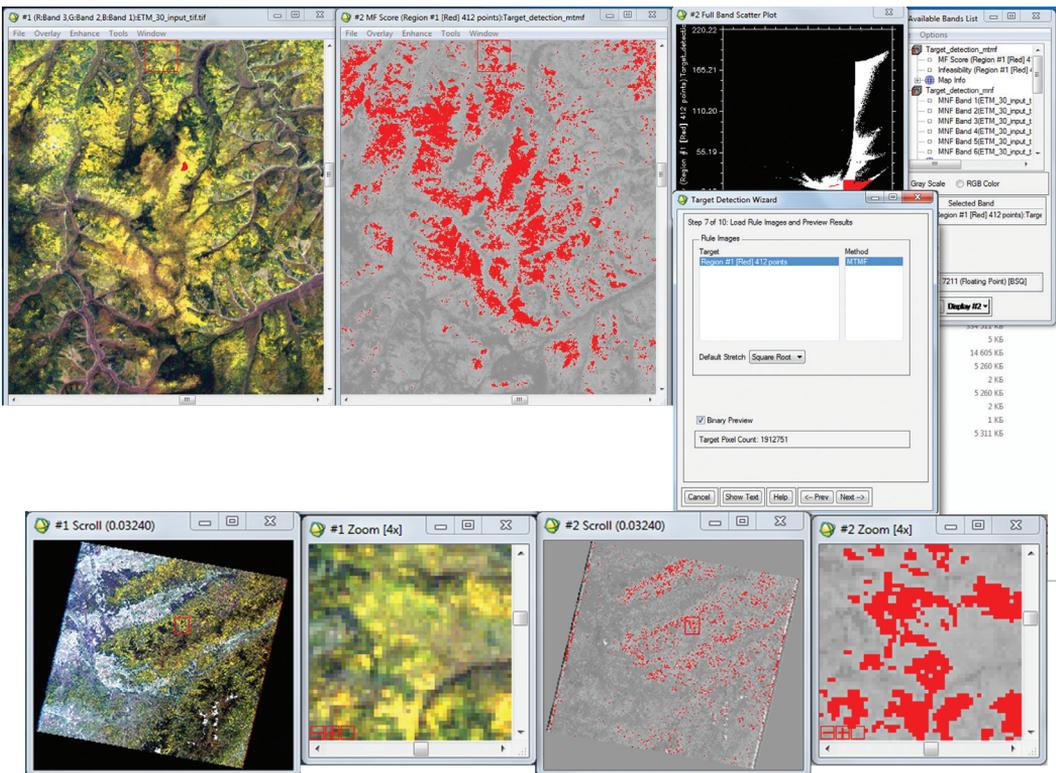


Рис. 10. Инструмент Target Detection. Предварительный просмотр результатов дешифрирования

- ✦ Адаптивная оценка когерентности (Adaptive Coherence Estimator, ACE);
- ✦ Метод спектрального угла (Spectral Angle Mapper, SAM);
- ✦ Ортогональное проецирование подпространства (Orthogonal Subspace Projection, OSP);
- ✦ Ограниченный целью минимизирующий помехи фильтр (Target-Constrained Interference-Minimized Filter, TCIMF);
- ✦ Смешанно настроенный Ограниченный целью минимизирующий помехи фильтр (Mixture Tuned Target-Constrained Interference-Minimized Filter, MT TCIMF);
- ✦ Смешанно настроенная согласованная фильтрация (Mixture Tuned Matched Filtering, MTMF).

Когда необходимые методы выбраны, мастер запускает пошаговую работу алгоритмов по обнаружению целевых объектов. Преимуществом работы в мастере Target Detection является возможность предварительного просмотра результатов работы отдельных алгоритмов и интерактивного задания выходных параметров (рис. 10).

После получения удовлетворительных результатов дешифрирования целевых объектов, пользователь может выполнить некоторые улучшающие преобразования, такие как агрегирование и фильтрация результатов. На заключительном этапе с помощью специализированного удобного интерфейса осуществляется анализ каждого выделенного объекта в отдельности с целью удаления неверно распознанных при дешифрировании артефактов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Компания Exelis уделяет большое внимание развитию способов автоматизации рабочих процессов и постоянно совершенствует инструментарий ПК ENVI. Инструменты, обес-

печивающие автоматизацию рабочих процессов ПК ENVI просты в использовании, обладают дружелюбным интерфейсом и разработаны с учетом специфики решения наиболее востребованных задач обработки данных дистанционного зондирования Земли.

С выходом каждой новой версии арсенал автоматизированных рабочих процессов расширяется. Так, в новой версии ENVI 5.1 реализован инструмент Seamless Mosaic (бесшовная мозаика), позволяющий быстро и эффективно строить мозаики на базе геопривязанных изображений в едином окне мастера. Инструмент обладает интерактивными возможностями предпросмотра, генерирования линии пореза и цветового выравнивания.

Также в новой версии усовершенствованы такие рабочие процессы как Image Registration workflow (геопривязка изображений) и RPC Orthorectification Workflow (Ортотрансформирования с использованием RPC). В качестве цифровой модели рельефа при ортотрансформировании, если не указано иное, по умолчанию используется глобальная ЦМР GMTED2010. Скорость рабочего процесса ортотрансформирования увеличена в 25 раз. В рабочий процесс THOR hyperspectral material identification (Гиперспектральная идентификация объектов) включен алгоритм спектрального сравнения ACE. Он обеспечивает оценку вероятностей при интерпретации результатов идентификации объектов на основе расчета статистики Байеса.

Компания Exelis намеревается и далее наращивать автоматизацию рабочих процессов. С выходом новых версий ПК ENVI, все больше стандартных операций будут объединяться в рабочие процессы, делая обработку снимков проще, удобней и нацеленной на получение конкретной тематической информации.