

УДК 528.85/.87(15)

**Н.И. Мурашко, А.Л. Белозерский, Л.В. Орешкина,
А.Н. Мурашко, А.В. Шидловский**

ТЕХНОЛОГИИ ТЕМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ СПУТНИКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

Рассматриваются разработанные в Объединенном институте проблем информатики Национальной академии наук Беларуси (ОИПИ НАН Беларуси) технологии тематического дешифрирования данных дистанционного зондирования Земли в интересах мониторинга пространственно распределенных объектов трубопроводного транспорта, сельского хозяйства, обнаружения на местности последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

Введение

Одной из проблем спутникового мониторинга магистральных трубопроводов (МТП) является необходимость получения эталонных изображений местности для заданных сезонов года. Эталонное изображение формируется из исходного в интерактивном режиме. Формирование эталонного изображения требует значительных вычислительных ресурсов, учитывая необходимость рассмотрения множества вариантов гистограммных преобразований исходного изображения.

Функциональная схема обнаружения изменений на местности по данным дистанционного зондирования Земли включает известные процедуры геометрических и гистограммных преобразований: повышение качества спутникового изображения и преобразование его в систему координат эталона, совмещение космических снимков, полученных в разные периоды времени, нахождение изменений на текущем изображении и совмещение его с цифровой картой местности [1–7]. Для обнаружения экстремальных (чрезвычайных) ситуаций на пространственно распределенных объектах не всегда оправдано использование известных программных комплексов обработки космических снимков, например ERDAS [5]. Это связано с тем, что при поиске экстремальных ситуаций на местности возникает необходимость ввода дополнительных функций в лицензионный программный продукт в зависимости от требований, предъявляемых к объектам спутникового мониторинга. Кроме того, известные программные продукты не позволяют проводить параллельную обработку многозональных космических снимков и по этой причине не удовлетворяют требованиям по времени обнаружения нештатных ситуаций на объектах нефтехимической и газовой отраслей, например на трубопроводной сети (ТПС).

Нештатные ситуации на объектах МТП можно условно разделить на природные и техногенные. Природные нештатные ситуации возникают на трассе МТП в результате стихийных бедствий: пожаров, наводнений и ураганов. Техногенные нештатные ситуации обусловлены двумя основными факторами: несанкционированными действиями третьих лиц на трассе и объектах МТП и авариями, в результате которых происходит утечка транспортируемого продукта. Степень угрозы для экономики страны и окружающей среды зависит от продуктов, транспортируемых по МТП. Так, утечка природного газа может привести к взрыву газопровода, а утечка нефти – к загрязнению местности и водоемов. В ОИПИ НАН Беларуси разрабатываются технологии и специализированные программные комплексы, ориентированные на спутниковый мониторинг безопасности трубопроводного транспорта, использование данных дистанционного зондирования Земли в интересах сельского хозяйства и отображение на космических снимках высокого разрешения информации о сложившейся обстановке на местности в районе чрезвычайной ситуации природного и техногенного характера.

1. Задачи системы спутникового мониторинга ТПС

Система мониторинга объектов МТП решает задачи получения, хранения, специализированной обработки космических изображений местности, а также принятия решений об обнаружении чрезвычайных ситуаций.

Исходной информацией для спутникового мониторинга являются цифровые карты местности на отчужденную территорию объектов ТПС, наземные географические данные о расположении объектов ТПС и постоянно обновляемые космические данные дистанционного зондирования в виде панхроматических и мультиспектральных изображений территории расположения объектов ТПС.

Для большинства спутников Земли период повторяемости съемки одних и тех же объектов в средних широтах составляет от двух до четырех дней, и если для решения задач изучения земной поверхности, разведки полезных ископаемых, оценки урожайности полей, топографического картографирования временной диапазон выполнения съемки обычно лимитирован достаточно жестко и чаще всего может быть использован только весенне-летний период с ориентировочной продолжительностью 90–150 дней, то для мониторинга объектов ТПС требуется высокая частота обновления данных в течение всего года.

Предварительная приближенная оценка учета имеющихся данных о распределении в Республике Беларусь солнечных дней, необходимых для качественной съемки земной поверхности при мониторинге, с вероятностью 0,95 % показала, что в январе получение результатов может оказаться проблематичным, в апреле реальных циклов будет проведено не более трех, а в мае – не более пяти. Из этого следует, что необходимо использовать данные дистанционного зондирования Земли от группы спутников, производящих съемку местности в видимом, инфракрасном и микроволновом диапазонах электромагнитных волн.

Программно-информационный комплекс системы мониторинга должен обеспечивать:

- двухэтапный режим (настройку и штатную эксплуатацию);
- ведение двух групп баз пространственных знаний (картографической и растровой);
- начальное накопление данных спутникового зондирования по всем объектам ТПС (этап настройки);
- геометрическое трансформирование и географическую привязку изображений, полученных в настоящий момент времени, к соответствующим изображениям, находящимся в растровой базе данных, которая сформирована по результатам этапа настройки;
- вырезание (экспортирование) фрагментов изображений объектов ТПС из снимков, прошедших геометрическое трансформирование и географическую привязку;
- организацию хранения экспортированных фрагментов изображений объектов или ссылок на них в растровой базе данных;
- автоматическое обнаружение изменений в текущих изображениях объектов для принятия решений о возникновении на них нештатных ситуаций;
- использование специальных алгоритмов отнесения фрагментов изображений объектов к эталонным с накоплением их для расширения возможностей принятия решений об обнаружении отличий внешнего облика объектов;
- установление специального порядка назначения новых эталонов (присвоения признака «эталон» текущим изображениям при отсутствии изменений и при обнаружении изменений, идентифицируемых как сезонно-климатические для текущего месяца);
- ежемесячное накопление эталонных данных и их использование для обнаружения изменений только эталонов текущего месяца и дня;
- интерактивные возможности, которые предоставляются в распоряжение специалиста по эксплуатации программного комплекса мониторинга (вмешательство в процесс трансформирования изображений; выбор эталонов и ведение их базы; применение инструментария сглаживания изображений, подчеркивания границ, фильтрации, построения контуров для принятия окончательного решения об изменениях облика объектов и др.).

В связи с отсутствием статистических данных об обнаружении изменений внешнего облика объектов ТПС, возникающих в результате чрезвычайных ситуаций, программный комплекс мониторинга должен обеспечивать поддержку соответствующих интеллектуальных решений, принимаемых специалистами по его эксплуатации.

Введение этапа настройки программного комплекса обусловлено необходимостью накопления начальных данных (назначения эталонов) об объектах при отсутствии изменений их внешнего облика для последующего решения задачи сравнения текущего изображения с эталоном. Система ежемесячного формирования и использования эталонов вводится в расчете на климатические изменения внешнего облика объектов ТПС для осуществления круглогодичного мониторинга.

2. Формирование плановых изображений участков местности, содержащих объекты МТП

Спутниковое изображение района МТП должно удовлетворять следующим требованиям:

ширина захвата местности – до 20 000 м;

протяженность местности – не менее 2000 м;

разрешение на местности в панхроматическом режиме – в пределах 1–3 м.

Точность картографической привязки спутникового изображения определяется масштабом цифровой карты местности. При этом погрешность определения координат места возникновения нештатной ситуации на трубопроводе должна быть не более 100 м.

Программное обеспечение должно позволять проводить параллельную обработку не менее четырех спектральных спутниковых изображений района МТП.

Входной информацией для системы спутникового мониторинга МТП являются спутниковые изображения участков местности и цифровые карты местности масштаба 1:1 000 000, выходной информацией – фрагмент спутникового изображения местности, на котором обнаружена нештатная ситуация на объекте МТП, и карта участка местности, на которой указаны координаты нештатной ситуации. Процесс получения планового изображения участка местности показан на рис. 1.

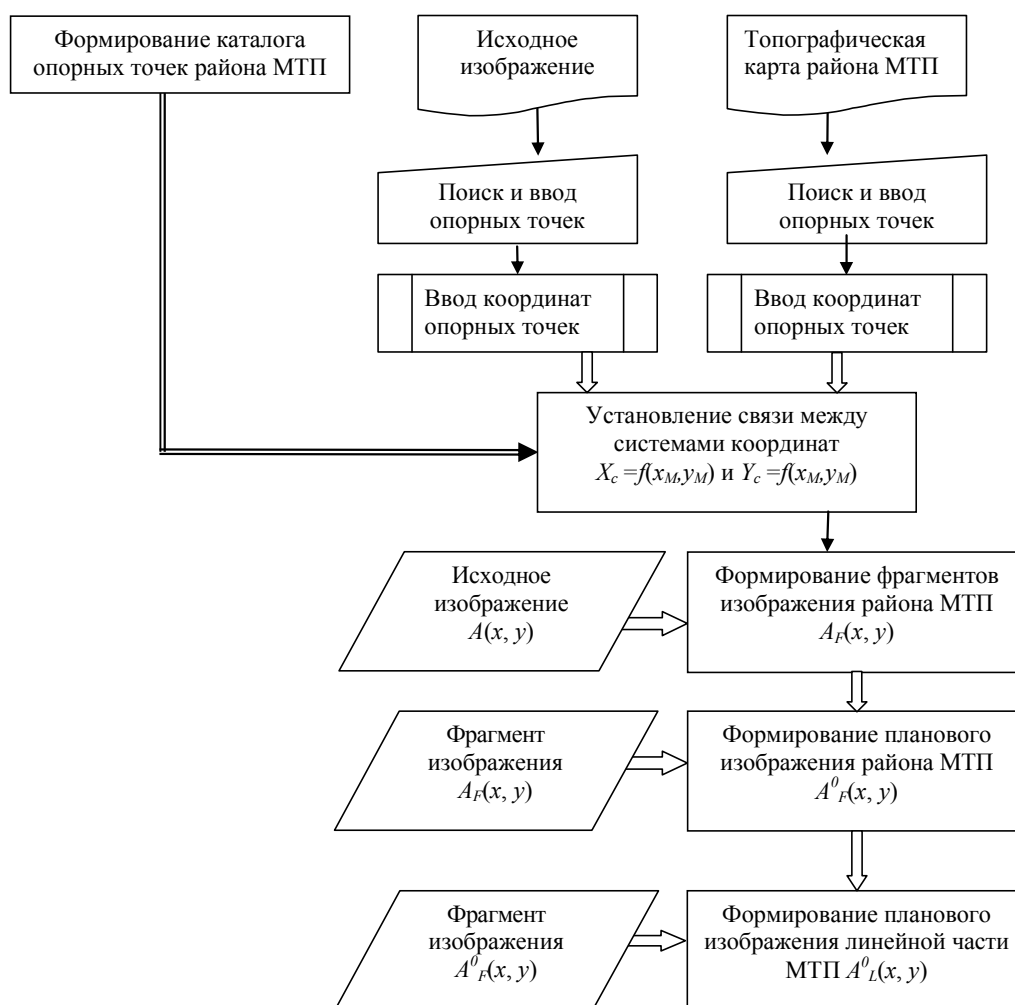


Рис. 1. Блок-схема формирования планового изображения участка местности в программно-информационном комплексе «Спутник-ЧС»

Геометрические преобразования исходного спутникового изображения включают поиск множеств опорных точек на снимке (Y_{C1}, \dots, Y_{Cn}) и на топографической цифровой карте (Y_{M1}, \dots, Y_{Mn}) и ввод их координат, установление аналитической зависимости между системами координат снимка и топографической карты $X_c = f(x_M, y_M)$ и $Y_c = f(x_M, y_M)$, формирование фрагментов спутникового изображения $A_F(x, y)$, содержащих объекты МНП, и совмещение с точностью до одного пикселя фрагментов текущего изображения с эталонами $A^0_F(x, y)$. В результате формируется плановое изображение полосы местности $A^0_L(x, y)$ шириной в 1000 м и длиной до 20 000 м. Отличительная особенность изображения полосы местности состоит в том, что оно ориентировано вдоль осей системы координат XOY независимо от ориентации составляющих ее участков (фрагментов). Это позволяет оператору просматривать на экране монитора изображение местности, используя прокрутку в одном направлении вдоль оси OX или OY . Необходимо отметить, что геометрические преобразования производятся для каждого из спектральных изображений, при этом оператор указывает опорные точки только для одного из спектральных изображений и монитор должен иметь разрешение по осям не менее 1024 пикселей.

3. Гистограммные преобразования спектральнональных изображений на мультипроцессорной вычислительной системе

При обработке спутникового изображения могут одновременно использоваться несколько алгоритмов гистограммных преобразований: $AlgG(1), AlgG(2), \dots, AlgG(m)$. Гистограммные преобразования выполняются независимо друг от друга. При этом осуществляется синхронизация во времени начала обработки. Время гистограммного преобразования зависит от исполь-

зуемого алгоритма. Обозначим через t_0 и t_k время начала и окончания гистограммного преобразования $AlgG(k)$. При использовании m гистограммных преобразований в режиме параллельной обработки общее время обработки будет определяться временем окончания t_{\max} работы последнего преобразования, т. е. $t_{\max} \geq t_k$.

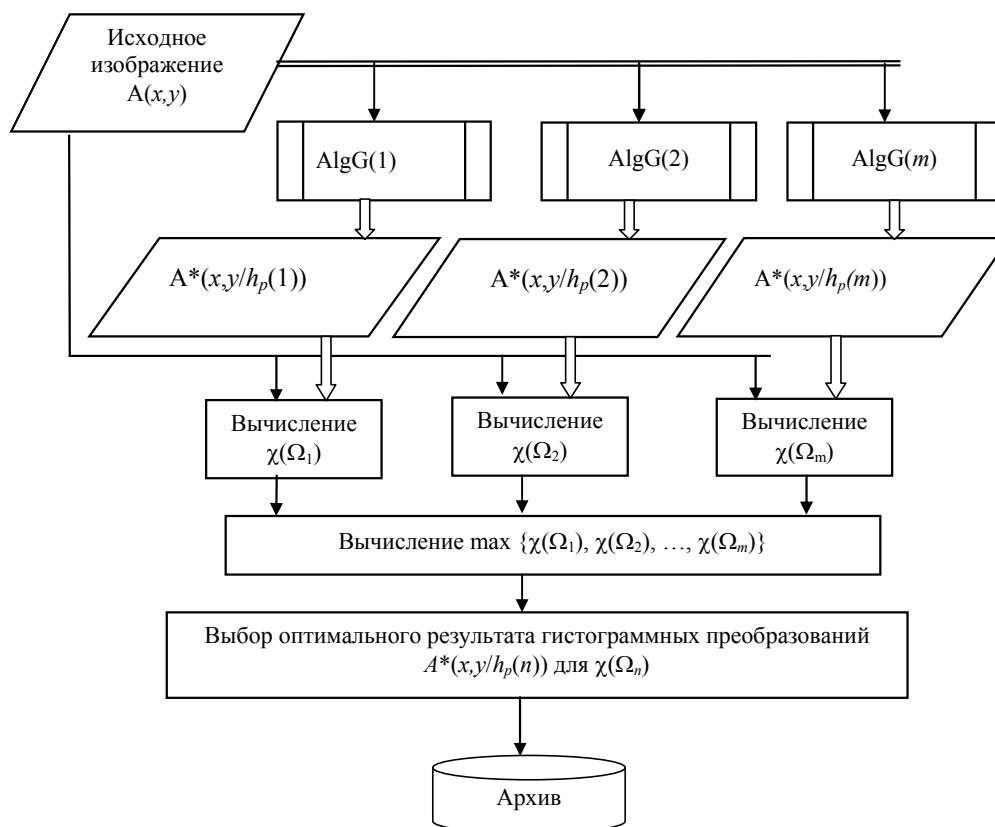


Рис. 2. Схема процесса параллельной фильтрации спутникового изображения на мультипроцессорной вычислительной системе СКИФ К-1000

В процессе фильтрации шумов на изображении одновременно запускаются m преобразований (фильтров) (рис. 2). При этом заранее неизвестна относительная эффективность (h_p/Ω_j) фильтра h_p для очистки шумов на изображении, содержащем объекты класса Ω_j . Для оценки эффективности применяемого фильтра используем критерий качества обработанного изображения $\chi(\Omega_k)$. Пусть в результате применения гистограммного преобразования $AlgG(k)$, использующего фильтр $h_p(k)$, получено изображение $A^*(x, y / h_p(k))$, которое удовлетворяет критерию качества $\chi(\Omega_k)$. Через время t_{\max} будут получены результаты обработки исходного изображения m гистограммных преобразований, которым соответствуют критерии качества $\chi(\Omega_1), \chi(\Omega_2), \dots, \chi(\Omega_m)$. Выбор оптимального преобразования определяется максимальным значением критерия качества, т. е. в результате гистограммных преобразований будет выбрано изображение $A^*(x, y / h_p(n))$, которому соответствует $\max \{\chi(\Omega_1), \chi(\Omega_2), \dots, \chi(\Omega_m)\}$.

На этапе предварительной обработки производится улучшение яркостно-контрастных характеристик космических снимков путем преобразования их гистограммы. Яркость космических снимков (особенно оптического диапазона) зачастую сосредоточена лишь в небольшой области всего динамического диапазона; в частности, это происходит со снимками, полученными в условиях недостаточной освещенности. Для улучшения визуальных характеристик снимка производится преобразование его гистограммы с целью использования всего динамического диапазона значений яркости.

4. Обнаружение изменений на космических изображениях

Обнаружение изменений на космическом изображении осуществляется в процессе сравнения его с эталонным и выполняется поэтапно. Первый этап сравнений эталонных данных и текущего изображения основан на анализе отличий характеристик распределения яркостей. На этом этапе следует считать, что изменение модальности распределения яркостей в большую или меньшую сторону по сравнению с эталонным всегда сопряжено с существенным перераспределением отражательных свойств объекта. Это может быть связано с сильной задымленностью территории, изменениями внешнего вида построек, затоплением участка и т. п. К таким же изменениям приведут и сезонные воздействия на отражательные свойства местности, однако в данном случае новое изображение объекта после уточнения характера изменений должно будет отнесено к эталонам текущего месяца.

Последующее сравнение должно относиться к параметрам эталонного и текущего распределений яркости. Во-первых, любой яркостный сдвиг их относительно друг друга должен быть устранен в пользу эталонного распределения, т. е. разность математических ожиданий должна быть сведена к нулю, так как она может быть причиной систематических отличий первичной обработки спутниковых изображений.

На следующем этапе производится сравнение среднеквадратических разбросов яркостей текущего изображения и эталона. Существенное возрастание или снижение разброса – признак серьезных изменений яркостной картины объекта. В качестве существенного изменения на начальном этапе сравнения можно принять 25%-е отклонение в ту или другую сторону.

Далее текущее распределение яркостей, сдвинутое указанным выше образом к эталонному, может быть использовано для выделения интервала максимальных яркостей, а затем для поиска пятен максимальной яркости методом кластеризации.

Результат выполненных операций с распределением яркостей текущего изображения и произведенной выборкой принятого диапазона яркостей позволяет осуществить сравнение полученных яркостных пятен изображения и их числовых характеристик с эталонными данными. Отличий в количестве пятен не допускается, а отклонения их размеров возможны. Поэтому на начальном этапе можно принять в качестве допустимого, как это было сказано выше, 25%-е отклонение размеров любого из пятен в ту или другую сторону.

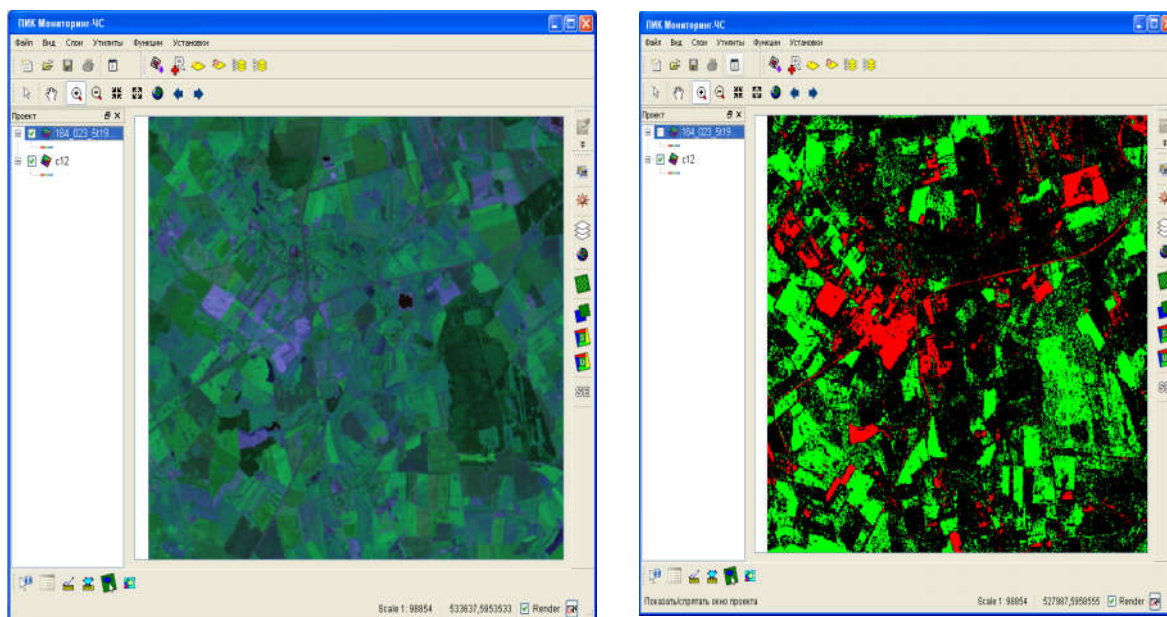
Алгоритм принятия решения по обнаружению изменений формирует пять признаков отличий при сравнении двух изображений (рис. 3). В зависимости от условий получения и обработки космического снимка некоторые признаки отличий могут не использоваться.

Рис. 3. Алгоритм принятия решений об обнаружении изменений на изображении

5. Поиск нештатных ситуаций на объектах МТП

Анализ возможных нештатных ситуаций на объектах МТП показывает, что для достоверного обнаружения и классификации их с помощью данных дистанционного наблюдения необ-

ходимы космические изображения местности с разрешающей способностью от 1 до 3 м. Для обнаружения нештатных ситуаций природного характера можно использовать спектрзональные снимки местности с разрешением не более 15 м. Разработанный в ОИПИ НАН Беларуси программно-информационный комплекс «Спутник-ЧС» предназначен для обнаружения на многозональных космических изображениях местности несанкционированного доступа третьих лиц на объекты МТП, последствий стихийных бедствий и утечки нефтепродуктов (рис. 4). Для обнаружения утечек природного газа из МТП необходимы снимки местности, полученные в инфракрасном диапазоне.



а)

б)

Рис. 4. Программно-информационный комплекс «Спутник-ЧС»: а) исходный многоканальный космический снимок; б) результат обнаружения изменений

Проблема автоматической классификации нештатных ситуаций заключается в том, что практически невозможно создать эталонные образы последствий стихийных бедствий и несанкционированных работ на трассе МТП. По указанной причине комплекс обеспечивает обнаружение изменений на трассе МТП с указанием их координат на местности и основных геометрических параметров (площади, формы, длины контура), а также расстояния до оси трубопровода и стационарных объектов телемеханики и связи, крановых площадок, станций катодной защиты. Если изменение на трассе трубопровода удовлетворяет заданным параметрам, то оно подлежит идентификации. С этой целью на экране монитора синхронно отображается участок местности, на котором обнаружено изменение, и соответствующий эталон. Оператор визуально оценивает сложившуюся ситуацию и принимает решение о характере нештатной ситуации. При дешифрировании спутникового изображения используется электронная карта местности, которая совмещается с точностью до одного пикселя со снимком.

По результатам обнаружения и классификации нештатной ситуации на объектах МТП формируется отчетный документ, форма и содержание которого согласовывается с потребителем.

Программный комплекс обнаружения нештатных ситуаций на ТПС «Космос-ГРС» функционирует в операционной среде LINUX, а основные функции обработки многозонального изображения реализованы на мультипроцессорной вычислительной системе СКИФ К-1000 (рис. 5).

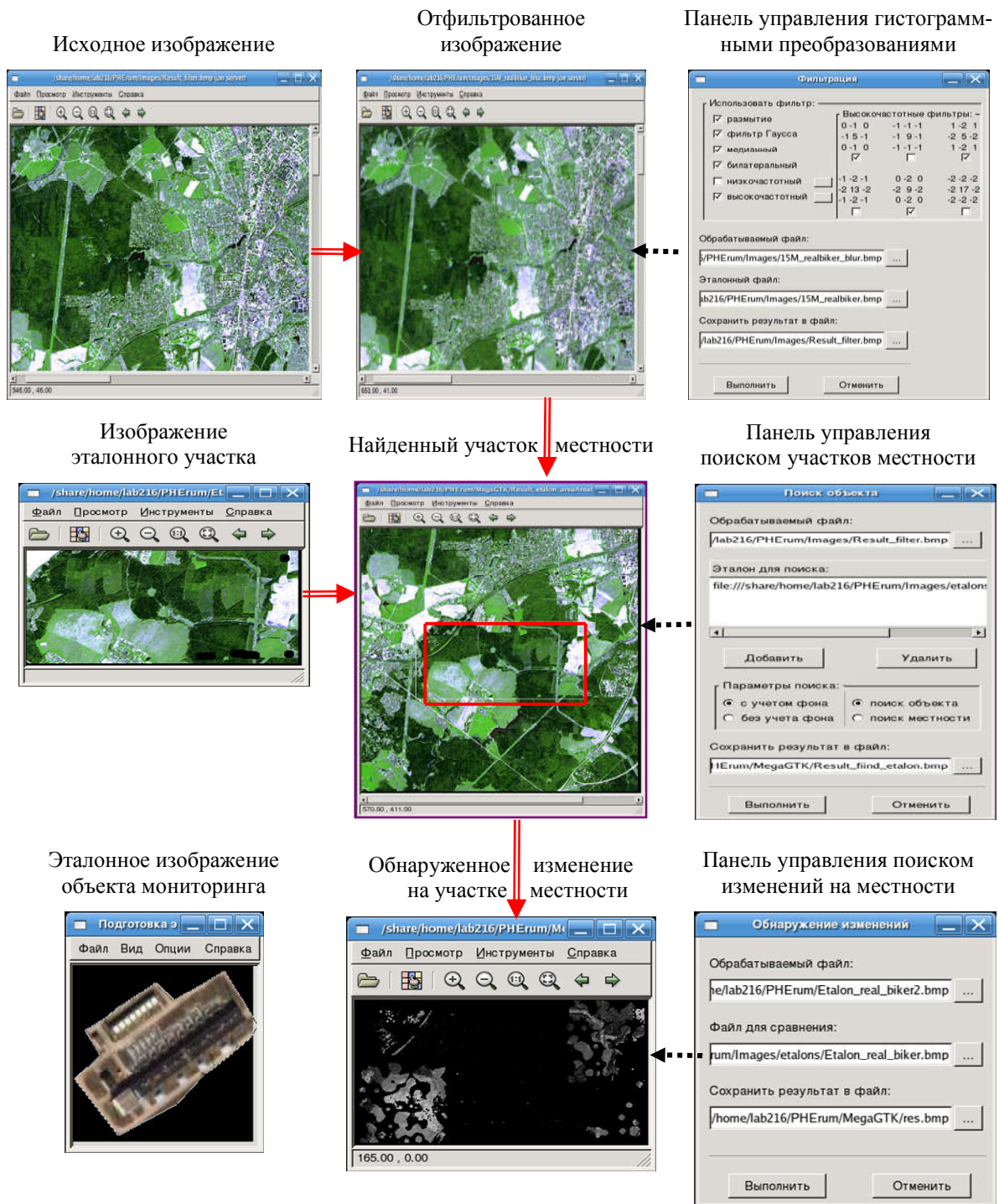


Рис. 5. Функциональная схема программного комплекса «Космос–ГРС»

6. Использование данных дистанционного зондирования в сельском хозяйстве

В последние годы большое внимание уделяется технологиям, программным и техническим средствам спутникового мониторинга для поддержки принятия решений в интересах точного земледелия, защиты растений и учета посевных площадей. В Беларуси разрабатываются технологии дистанционного (неконтактного) анализа почвы и адресного внесения в нее минеральных и органических удобрений. С помощью спутниковой навигационной информации оп-

ределяются координаты местоположения сельскохозяйственного транспорта в реальном масштабе времени. При этом за счет считывания и анализа информации, заносимой в бортовой компьютер сельскохозяйственной техники, принимается решение о внесении удобрения на каждый квадратный метр.

Наиболее распространенные методы дистанционного мониторинга в сельском хозяйстве основаны на регистрации спектральных характеристик растительности (косвенные методы), почвы и дальнейшей их интерпретации. Проблема интерпретации результатов обработки мультиспектральных изображений решается за счет выбора представительных участков местности, взятия проб почвы и ее лабораторного анализа. В результате устанавливается связь между спектральной отражательной способностью почвы и процентным содержанием в ней органических веществ и минеральных удобрений. Регистрация спектральных характеристик почвы может осуществляться как с борта космического аппарата [8, 9], так и при помощи контактной многоканальной сенсорной системы (МСС) [10], которая перемещается в почве на глубине 10–20 см при проведении агротехнических операций.

В ОИПИ НАН Беларуси разработан и прошел испытания экспериментальный образец мобильного анализатора почвы, который позволяет в автоматическом режиме регистрировать спектральные характеристики. В состав мобильного анализатора почвы входят устройство регистрации и координатной привязки, выполняющее функции бортового компьютера, и МСС (рис. 6). Высокая точность координатной привязки элементарного участка почвы в местной системе координат достигается за счет применения контрольно-корректирующей станции, обеспечивающей дифференциальные поправки географических координат. Для снижения погрешности вычисления расстояния по данным GPS-приемника в бортовой компьютер многоканальной сенсорной системы поступает информация о скорости и пройденном пути трактора.



Рис. 6. Экспериментальный образец мобильного анализатора почвы, установленный на минитракторе:
1 – блок регистрации и координатной привязки; 2 – мультиспектральная система

МСС регистрирует коэффициенты отражения в восьми диапазонах электромагнитного излучения. Эффект сканирования почвы получается за счет последовательного переключения светодиодов. В качестве регистратора отраженного света использован фотодиод. Сканирование почвы осуществляется при полном отсутствии внешнего освещения.

Устройство регистрации и координатной привязки включает блок обработки данных, GPS-приемник с внешней антенной, энергонезависимую память, приемник дифференциальных поправок, порты RS-232 для связи с персональным компьютером и многоканальной сенсорной системой и пульт управления. Потребителю доступна только одна кнопка «включить/выключить». Питание осуществляется от бортовой сети трактора или иного мобильного средства.

Исходной информацией для формирования многоканального изображения спектральных характеристик почвы являются данные, полученные от МСС, координаты элементарных участков почвы и карты-схемы (планы) сельскохозяйственных угодий (рис. 7). На основании исходной информации с помощью программного комплекса формируется многоканальное растровое

изображение почвы в формате *.TIF, которое представляет собой набор спектральных характеристик в восьми частотах спектра и показывает траекторию сельскохозяйственной техники при прохождении по заданному маршруту (рис. 8).

Лабораторный анализ тест-участков на содержание питательных веществ позволяет произвести интерпретацию полученных спектральных характеристик для формирования тематической карты-схемы содержания питательных веществ, которая является основой для формирования задания при внесении удобрений. После этого уточняется задание расчета доз удобрений и формируется файл управления дозирующим устройством.

Внесение удобрений проводится дифференцированно, т. е. на каждый квадратный метр вносится столько удобрений, сколько необходимо именно на данном элементарном участке поля.

Position		Sensor Data									
N	53 58.4053'	E	28 7.5924'	413	581	403	405	632	440	545	451
N	53 58.4055'	E	28 7.5924'	414	558	416	416	684	441	517	407
N	53 58.4058'	E	28 7.5925'	415	558	416	414	690	437	515	405
N	53 58.4061'	E	28 7.5926'	414	558	415	413	684	435	513	403
N	53 58.4063'	E	28 7.5926'	413	558	415	411	684	434	511	401
N	53 58.4065'	E	28 7.5927'	413	558	413	410	684	434	509	400
N	53 58.4067'	E	28 7.5926'	413	558	413	410	684	434	508	399
N	53 58.4069'	E	28 7.5926'	413	558	412	410	684	435	507	398
N	53 58.4071'	E	28 7.5926'	412	558	412	410	690	435	506	397



а)

б)

Рис. 7. Исходная информация для формирования многоканального изображения почвы: а) данные многоканальной сенсорной системы; б) карта-схема сельскохозяйственных угодий

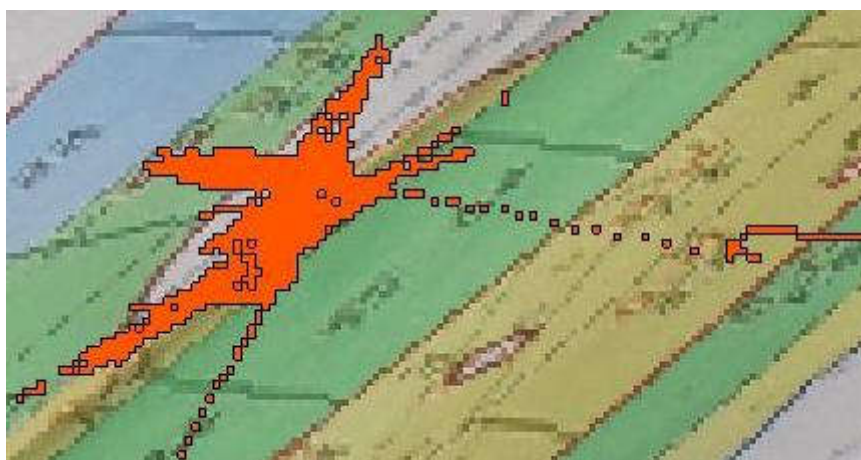


Рис. 8. Привязка многоспектрального изображения почвы к цифровой карте сельскохозяйственных угодий

Заключение

Гистограммные преобразования спутниковых изображений и предварительный поиск опорных точек на них целесообразно выполнять с помощью параллельной вычислительной системы. В этом случае имеется возможность выполнять процедуру повышения качества исходного изображения в автоматическом режиме с ускорением во времени, равным не менее $0,75 N$, где N – количество процессоров, задействованных в обработке изображения.

Представленная структурная схема алгоритма мониторинга отражает основные функции, связанные с реализацией режимов работы комплекса и формированием эталонных изображений объектов и представлений об условиях автоматического обнаружения изменений внешнего облика объекта. В качестве простых признаков обнаружения изменений внешнего облика объектов мониторинга предлагается рассматривать изменение модальности распределения ярко-

стей и возрастания их дисперсии, а также изменение количества наиболее ярких пятен изображения, их размеров и текстур. При необходимости рассмотренный перечень признаков обнаружения изменений облика объектов мониторинга может быть расширен в направлении анализа яркостных пятен в диапазонах средней и малой яркости, а возможность получения данных по структуре каждого объекта и прилегающих территорий позволит упростить алгоритм текстового анализа выделенных элементов на изображениях.

Классификацию нештатных ситуаций природного характера и обнаружение несанкционированного доступа на объекты МТП целесообразно выполнять в интерактивном режиме.

Спутниковый мониторинг может быть основан на заказе съемок интересующих участков поверхности Земли, минимальные размеры которых для зарубежных спутников составляют от $8 \times 8 \text{ км}^2$ (QuickBird) с максимальным разрешением 0,61–2,44 м и до $60 \times 60 \text{ км}^2$ (Aster) с максимальным разрешением 15 м. В перспективе основным поставщиком космических снимков будет Белорусская космическая система дистанционного зондирования Земли.

Комплексное использование космических снимков местности высокого разрешения и спутниковой навигационной информации позволяет отображать местоположение мобильных и стационарных объектов с точностью до 1 м в местной системе координат. При этом информация, необходимая для принятия решений при ликвидации чрезвычайных ситуаций, сохраняется в полном объеме. Указанная технология может быть использована при создании топографических планов (карт-схем) в интересах сельского хозяйства, кадастров земель и в строительстве.

Список литературы

1. Geometric correction and validation of Hyperion and ALI data for EVEOSD / A. Dyk [et al.] // Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2002, Toronto, Canada. – Vol. 1. – Toronto, 2002. – P. 579–583.
2. Takagi, M. Precise geometric correction for NOAA and GMS images considering elevation effects using GCP template matching and affine transform / M. Takagi // Image and Signal Processing for Remote Sensing IX. Proceedings of the SPIE, Shibaura Institute of Technology, Japan. – Vol. 5238. – Japan, 2004. – P. 132–141.
3. Clark, R.N. Geometric Correction of AVIRIS Imagery Using On-Board Navigation and Engineering Data / R.N. Clark, K.E. Livo, R.F. Kokaly // Summaries of the 7th Annual JPL Airborne Earth Science Workshop. – Denver, 1998. – P. 57–65.
4. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2005. – 1070 с.
5. ERDAS Field Guide™. Seventh edition, revised and expanded // Leica Geosystems GIS & Mapping, LLC. – Atlanta, Georgia, 2003. – 698 p.
6. Роджерс, Д. Математические основы машинной графики / Д. Роджерс, Дж. Адамс. – М.: Мир, 2001. – 604 с.
7. Ту, Дж. Принципы распознавания образов / Дж. Ту, Р. Гонсалес. – М.: Мир, 1978. – 411 с.
8. Кравцова, В.И. Изучение промышленного воздействия на северную растительность по космическим снимкам: трудности и нерешенные проблемы / В.И. Кравцова // Исследование Земли из космоса. – 1999. – № 1. – С. 112–121.
9. Определение вегетационного индекса. Россия. ИТЦ СканЭкс [Электронный ресурс]. – 2001. – Режим доступа: <http://www.scanex.ru/rus/stations/ndvi.htm>. – Дата доступа: 01.05.2006.
10. A real-time multi-spectral soil sensor: predictability of soil moisture and organic matter content in a small field / S. Shibusawa [et al.] // Proceedings of the 5th European Conference on Precision Agriculture. – Netherlands: Wageningen Academic Publishers, 2005. – P. 495–502.

Поступила 09.08.07

Объединенный институт проблем
информатики НАН Беларуси,
Минск, Сурганова, 6
e-mail: mni@newman.bas-net.by

**M.I. Murashko, L.A. Belazersky, L.V. Areshkina,
A.M. Murashko, A.V. Shydousky**

**TECHNOLOGIES OF THEMATIC PROCESSING
OF SATELLITE INFORMATION**

Technologies of thematic analysis of remote sensed data developed in the UIIP of NAS of Belarus in the interests of monitoring the spatially distributed objects of pipeline transport, agriculture, detection of extreme situations consequences of natural and man-caused character are considered. These technologies are developed in UIIP NAS of Belarus.