

Тема МОНИТОРИНГ Разработка методов и технологий спутникового мониторинга для научных исследований глобальных изменений и обеспечения безопасности

Гос. Регистрация № 01.20.0.2.00164

Тема выполняется в следующих приоритетных направлениях

5.27, 5.28, 6.17,6.20, 6.21, 6.23, 6.24,6.26

Научные руководители:

д.т.н. Е.А. Лупян

д.т.н. С.А. Барталев

Ответственный исполнитель:

к.ф.-м.н. А.А. Мазуров

Настоящая тема посвящена разработке научных основ, методов и автоматизированных технологий спутникового мониторинга для исследования глобальных изменений и обеспечения безопасности. В том числе:

- Созданию научных основ, методик и алгоритмов для автоматизированного анализа долговременных рядов спутниковых наблюдений.
- Созданию и ведению долговременных архивов данных спутниковых наблюдений.
- Разработка методов и технологий дистанционного мониторинга различных природных и антропогенных процессов и явления.

В 2010 году в рамках темы работа выполнялась по следующим основным направлениям, соответствующим пунктам плана работ ИКИ РАН:

16.1. Развитие методик построения и базовых элементов автоматизированных систем сбора, хранения и распространения спутниковых данных. В том числе создание научно-методических основ и технологий организации распределенного хранения данных долговременных наблюдений.

Отв. исп. к.ф.м.н. Мазуров А.А., к.т.н. Прошин А.А.

По данному направлению в ИКИ РАН в 2009 году были проведены следующие основные работы:

Построение комплексных картографических Web-интерфейсов для работы со спутниковыми данными и результатами их обработки.

При разработке различных научных и прикладных систем использующих данные дистанционного мониторинга стоит задача организация доступа к данным специалистов пользователей системы, которые в большинстве случаев работают в различных местах. Поэтому необходимо иметь достаточно удобные системы представления данных удаленным пользователям. Быстрое развитие различных технологий позволяет сегодня достаточно эффективно строить различные WEB-интерфейсы, которые могут поддерживать достаточно сложную функциональность необходимую во многих случаях для эффективной работы с данными. Это открывает сегодня достаточно большие возможности, связанные с повышением эффективности использования различной информации.

В тоже время, в задачах, связанных с созданием различных систем использующих данные спутниковых наблюдений, большую роль играют именно картографические интерфейсы, которые позволяют получать и анализировать географически привязанные данные. В последние годы активно развиваются подобные системы и создаются специальные технологии. Лидером в этой области, видимо, является компания Google. Однако имеющиеся сегодня разработки в большинстве своем рассчитаны на создание достаточно простых интерфейсов, позволяющих эффективно работать с ограниченным набором данных (несколько десятков слоев). В случаях же когда в задачу систем входит работа с большим набором постоянно пополняющихся данных, в которых число наблюдений одной и той же территории измеряется сотнями или тысячами, подходы, которые основаны на широко используемых сегодня интерфейсах, становятся малоэффективными. Поэтому постоянно ведутся разработки новых систем и подходов к построению интерфейсов, обеспечивающих удобную работу с данными.

Следует также отметить, что во многих случаях речь идет не только о работе с данными, которые хранятся в обычных картографических форматах, но и с данными которые имеют достаточно сложную структуру, содержат не только графические описания объектов, но и достаточно сложную атрибутивную информацию. Для хранения подобных данных используются достаточно сложные базы данных. При этом достаточно часто ставится задача одновременной работы с различными типами данных, которые могут получаться из различных, подчас и находящихся в разных местах, хранилищ информации.

Такие задачи очень часто сегодня возникают при создании различных специализированных системах дистанционного мониторинга. В ИКИ РАН за последние годы был накоплен достаточно большой опыт создания, внедрения и поддержки таких систем. ИКИ РАН совместно с партнерами, в частности были созданы такие крупные системы как:

- Система информационная система дистанционного мониторинга Федерального агентства лесного хозяйства (ИСДМ Рослесхоз);
- Система дистанционного мониторинга земель агропромышленного комплекса (СДМЗ АПК)
- Отраслевая система дистанционного мониторинга Федерального агентства по рыболовству (ОСМ Росрыболовства)
- Система дистанционного мониторинга бореальных экосистем (TerraNorte)

Опыт, накопленный при создании этих и других систем, позволил в ИКИ РАН начать разработку технологии построения комплексных картографических интерфейсов для работы со спутниковыми данными и результатами их обработки. Технология включает в себя базовые подходы, обеспечивающие возможность построения интерфейсов для работы с достаточно разнородной информацией, методы интеграции информации различного вида и базовое программное обеспечение, позволяющее достаточно быстро создавать различные специализированные интерфейсы, которые обеспечивают возможность работы с постоянно автоматически пополняющимися архивами различной информации (спутниковыми изображениями различного пространственного разрешения, результатами детектирования различных объектов, картографической информацией, данными гронопеленгации и т.д.). В 2010 году была создана первая очередь данной технологии и началась ее опытная эксплуатация. На основе данной технологии были созданы и введены в опытную эксплуатацию специализированные картографические интерфейсы для работы с данными ИСДМ Рослесхоз, СДМЗ АПК, системы работы с результатами обработки спутниковых данных получаемых в центрах приема Росгидромета, объединенного каталога ведущего центра приема и обработки спутниковых данных Роскосмоса (Научного центра оперативного мониторинга Земли). Пример интерфейса к

данным ИСДМ-Рослесхоз приведен на рис 16.1.1. Начало опытной эксплуатации технологии показали ее эффективности и работоспособность. Планируется, что в 2011 году будет продолжено развитие данной технологии и внедрение ее для обеспечения работы с данными различных систем дистанционного мониторинга.

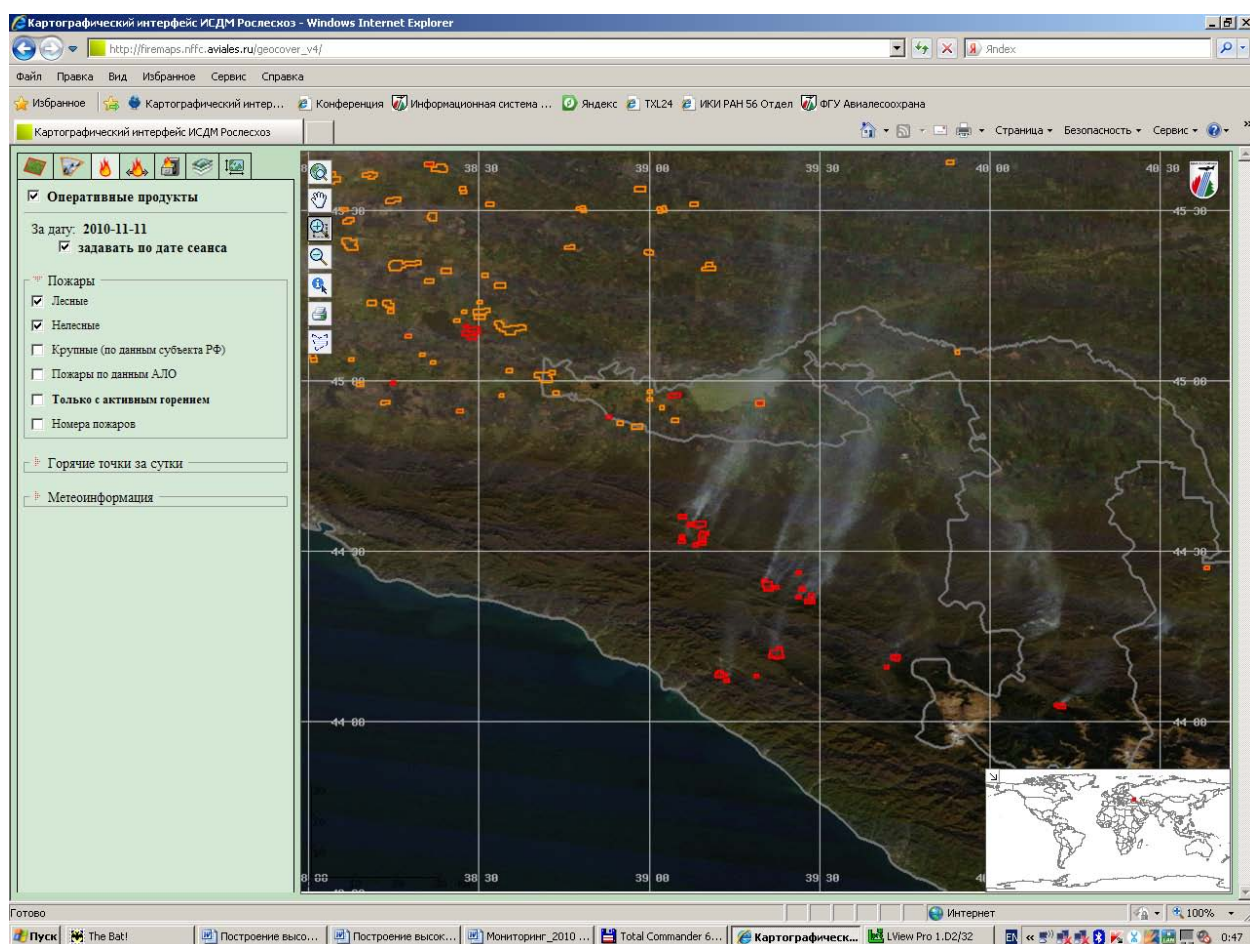


Рис 16.1.1. Пример интерфейса к данным ИСДМ Рослесхоз построенного на основе новой технологии.

Развитие технологий контроля за функционированием распределенных систем сбора, обработки и распространения спутниковых данных.

В 2010 году было продолжено развитие технологий контроля за функционированием распределенных автоматизированных систем сбора, обработки и распространения спутниковых данных. Современные системы сбора, обработки и распространения спутниковых данных зачастую являются сложными распределенными программно-аппаратными комплексами, в работе которых участвуют многие десятки компьютеров, функционирующих в автоматизированном режиме, и специальное оборудование для приема спутниковых данных. К сожалению, в работе таких сложных систем неизбежно происходят сбои, вызванные как программными ошибками и неполадками в работе оборудования, так и различными причинами, связанными с человеческим фактором. Для того чтобы устранить сбои в работе системы с

минимальными потерями или даже без всякого ущерба для них, прежде всего необходимо раннее обнаружение сбоев, а также ситуаций, которые могут к ним привести. При этом, чем точнее и детальнее диагностирована ошибка, тем быстрее она может быть локализована и исправлена. Естественно, что информация о детектированных сбоях должна быть оперативно передана операторам, ответственным за поддержку системы. Кроме этого, для эффективного контроля и оперативного устранения возникших неполадок в работе системы необходимы специальные инструменты, позволяющие получить как детальную информацию о работе отдельных компонент системы, так и различные обобщенные показатели ее работы. Последней важной задачей является фиксация сбоев и отслеживание работ по своевременному их устранению, что, безусловно, повышает качество работы операторов системы.

Вышеперечисленные задачи, на наш взгляд, практически невозможно решить без использования специального программного обеспечения, работающего в максимально автоматизированном режиме. Для решения подобных задач в ИКИ РАН разрабатывается специальные подходы, технология и базовое программное обеспечение. Для создания такой технологии на основе опыта эксплуатации достаточно крупных информационных систем были выделены основные задачи, связанные с обнаружением сбоев в работе блоков и подсистемы сбора, обработки и распространения данных, к которым, в первую очередь, относятся:

- Контроль за успешным и своевременным выполнением программ, участвующих в приеме, обработке и архивации спутниковых данных
- Контроль за наличием актуальных информационных продуктов в соответствующих базах данных
- Контроль за состоянием компьютеров, участвующих в работе системы
- Специфические для конкретной информационной системы инструменты для контроля работы отдельных ее компонент
- Непосредственное обнаружение ошибок в работе системы при использовании интерфейсов доступа к данным

После того как ошибка была обнаружена одним из вышеперечисленных способов необходимо как можно быстрее оповестить о ней персонал, занимающийся поддержкой работы системы. Для получения детальной информации о работе отдельных компонент системы, а также различных интегральных показателей ее функционирования целесообразно реализовать специализированные WEB интерфейсы, позволяющие оператору работать удаленно без дополнительного программного обеспечения. Необходимость в интегральных показателях связана с очень большим количеством различных программных компонент, участвующих в работе системы. Необходимо реализовать такие интегральные показатели, как наличие ошибок на отдельных компьютерах системы, функционирование системы репликации баз данных и др. Естественно, что в разрабатываемых интерфейсах должна быть возможность перехода от интегральных показателей к детальной информации о состоянии всех соответствующих им программных компонент.

Для того чтобы отслеживать состояние детектированного сбоя необходима специальная система ведения сбоев, обладающая как программным так и пользовательским интерфейсами. При этом программный интерфейс необходим для автоматизированного занесения в систему информации о детектированных сбоях и для автоматического закрытия сбоя при его устранении, если это целесообразно для данного типа сбоя. Пользовательский интерфейс системы ведения сбоев также целесообразно реализовывать на базе WEB технологий.

В рамках технологии построения автоматизированных систем сбора, обработки и распространения спутниковых данных, разработанной в ИКИ, задачи управления потоками данных, диспетчеризации обработки, архивации данных и обеспечения доступа к ним решаются на базе использования UNIX серверов, а задачи, связанные непосредственно с обработкой спутниковых данных – на базе станций под управлением операционной системы Windows. Программное обеспечение UNIX серверов реализовано в виде наборов различных специализированных программ, отвечающих за сбор, диспетчеризацию обработки и архивацию разных типов спутниковых данных и обеспечение к ним доступа. На Windows станции обработки, устанавливается одинаковое базовое ПО, позволяющее автоматически выполнять любые из реализованных заданий по обработке спутниковых данных, на основе макросов, загружаемых с UNIX серверов. Естественно, что при такой архитектуре основные задачи контроля за работой системы, возложены на управляющие UNIX сервера, на которых устанавливается основная часть программного обеспечения для контроля за функционированием информационных систем. Для решения задач контроля в ИКИ РАН созданы и развиваются следующие базовые программные компоненты:

- **Программный пакет PMS** является ядром системы контроля и предназначен, в первую очередь, для контроля за успешным и своевременным выполнением программ на UNIX серверах. Пакет устанавливается на каждый из серверов, участвующих в работе системы. При этом контролируемые процессы запускаются в автоматическом режиме при помощи специальной программы, которая сохраняет в БД протоколы их выполнения и стандартизированные возвратные коды. Доступ к информации о выполнении программ реализован при помощи WEB интерфейса, позволяющего, в частности, задать критерии детектирования ошибок для каждого процесса.
- **Система контроля наличия информационных продуктов в базах данных.** Система предназначена для контроля за наличием актуальных информационных продуктов в базах данных и позволяет следить за сроком «давности» экземпляров данных для каждого из определенных в ней типов продуктов. Доступ к информации осуществляется при помощи WEB интерфейса. В случае обнаружения ошибки система автоматически заносит информацию в систему сбоев и автоматически закрывает сбой при исправлении ситуации.
- **Панель контроля за функционированием системы** создается для того, чтобы свести различные параметры контроля за работой распределенной системы сбора, обработки и распространения спутниковых данных в рамках одного интерфейса, для каждой информационной системы разрабатывается специальный обобщающий WEB интерфейс. На рисунке 16.1.____ в качестве примера представлена панель контроля за функционированием системы ИСДМ Рослесхоз, в рамках которой предоставляется обобщающая контрольная информация о работе компонент системы. Каждому обобщенному показателю соответствует индикатор, который в случае ошибки показывается красным цветом, в случае успешной проверки – зеленым цветом. За каждым индикатором закреплена ссылка, ведущая в один из специализированных интерфейсов контроля. Индикаторы работы серверов, станций обработки и состояния репликации базы данных получают с серверов посредством системы PMS, информация о наличии данных при помощи соответствующей специализированной системы, а информация о задержках в цепочках обработки предоставляется на базе специализированного интерфейса, разработанного для конкретной

информационной системы. Для станций обработки также приводятся ссылки на специализированные интерфейсы контроля за их работой.

- **Система ведения сбоев** Система ведения сбоев предназначена для регистрации сбоев, оповещения о них специалистов и контроля за ходом их устранения. Система снабжена специальным WEB интерфейсом, позволяющим использовать ее удаленно. Это особенно актуально, так как регистрировать сбои могут не только операторы, но и уполномоченные пользователи системы сбора, обработки и распространения спутниковых данных. В ряде случаев, как например, в случае проблем с дисковыми массивами или отсутствием актуальных продуктов в базах данных, сбои регистрируются автоматически при помощи специального программного интерфейса системы ведения сбоев. По факту регистрации сбоя указанным в нем специалистам автоматически направляется соответствующее электронное письмо. После успешного устранения неполадок специалист пометает сбой как исправленный и заносит информацию о принятых им мерах.

Панель контроля за функционированием системы ИСДМ "Рослесхоз"							
Центр (Ссылка на WEB сайт)	Город	Организация (Ссылка на контакты)	Контроль работы серверов	Контроль работы станций обработки	Контроль наличия данных	Контроль репли- кации	Задержки обработки
rffc	Москва	ИКИ РАН	●●●●●●●●●●	PMS winproc Станции Задания	●	мастер сервер	●
planeta		НИИ "Планета"	●●●●	PMS winproc Станции Задания	●	●	●
pushkino	Пушкино	Центральная авиабаза	●●		●	●	-
dvrepod	Хабаровск	ДВ РПОД	●●●●	PMS winproc Станции Задания	●	●	●
zsrepod	Новосибирск	ЗС РПОД	●●	PMS winproc Станции Задания	●	●	●
sfu	Красноярск	Университет	●●●●	PMS winproc Станции Задания	●	●	●
urii	Ханты-Мансийск	ЮНИИ ИТ	●●	PMS winproc Станции Задания	●	●	●

Время последнего обновления страницы 5/7/2010 02:16:40

Рис.16.1.____. Панель контроля за функционированием системы ИСДМ Рослесхоз

Разработанные подходы к организации контроля за функционированием распределенных систем сбора, обработки и распространения спутниковых данных в настоящее время уже используются в процессе эксплуатации различных действующих систем. В частности, они успешно применяются в рамках системы дистанционного мониторинга лесных пожаров Рослесхоза (ИСДМ Рослесхоз) и системы дистанционного мониторинга земель агропромышленного комплекса (СДМЗ АПК). Реальное использование созданной технологии и базового программного обеспечения показали достаточно высокую устойчивость и эффективности работы. На наш взгляд они могут представлять интерес и для других разработчиков такого информационных систем подобного класса.

Построение высокоэффективных систем доступа к архивам спутниковых данных на основе использования суперкомпьютерных технологий

В 2010 году были продолжены работы по построению высокоэффективных динамических систем доступа к архивам спутниковых данных. Системы доступа к

спутниковым данным, в которых изображение формируется на основе имеющихся в архивах данных динамически, по запросу пользователя, в настоящее время приобретают все более широкое распространение. В первую очередь, такие системы позволяют предоставлять пользователю доступ к спутниковым изображениям в необходимом масштабе и в требуемой географической проекции. Кроме этого, эти системы позволяют реализовать динамическое формирование новых продуктов на базе существующих в архивах данных.

Для успешного развития описанных выше систем требуются как существенные вычислительные мощности, так и высокие скорости доступа к данным в архивах. Одним из перспективных путей решения этой проблемы, безусловно, является использование современных суперкомпьютерных технологий, позволяющих производить параллельную распределенную обработку заданий. Начиная с 2007 года, в ИКИ РАН совместно ИПС РАН ведутся работы по созданию технологии построения высокоэффективных систем доступа к архивам спутниковых данных на основе использования суперкомпьютерного кластера СКИФ-ГРИД. В 2009 году был создан действующий макет системы, задачей которого была отработка динамических интерфейсов, которые могли бы «налету» по запросу пользователя производить обработку изображений и представлять пользователю уже результат такой обработки. В 2010 году была продолжена отработка различных решений.

В качестве тестовой задачи по обработке изображений для реализации в рамках макета системы доступа к архивам спутниковых данных была выбрана операция перепроецирования заданной пользователем географической области в коническую и азимутальную проекции.

Задача построения макета системы была разделена на следующие части:

1. Отображение карт в динамическом интерфейсе, работа с метаданными, формирование запроса к кластеру;
2. Разработка исполняемых модулей для выполнения репроекции и склейки на кластере СКИФ;
3. Размещение полного архива композитных изображений прибора MODIS на распределенной файловой системе, обработка запросов и выполнение репроекции;
4. Построение макета обработки запросов и выполнения репроекции, позволяющего использовать несколько вычислительных узлов, без использования специализированных кластерных решений на базе мощностей ИКИ РАН, унифицированного по схеме взаимодействия с макетом в ИПС РАН.

Принципиальная схема созданного макета приведена на рис. 16.1._____.

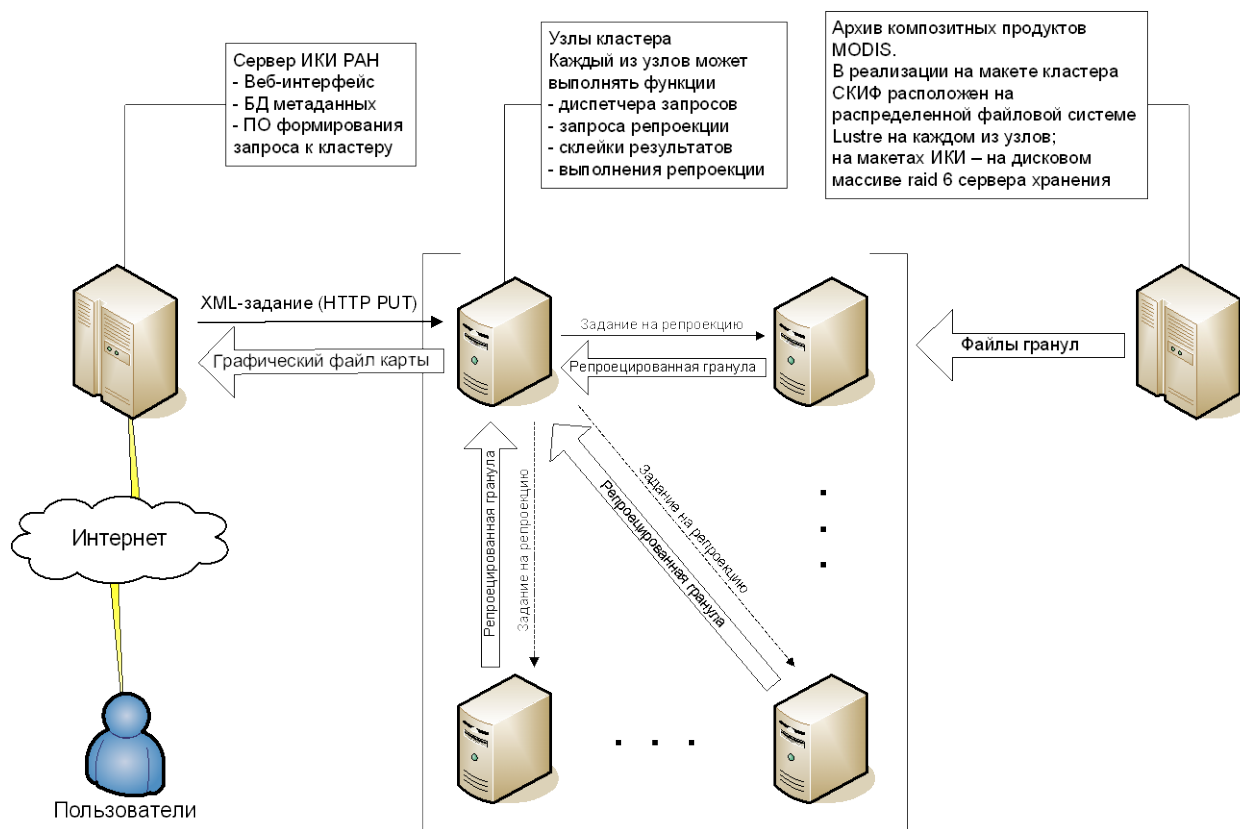


Рис. 16.1__ принципиальная схема взаимодействия различных элементов системы при построении динамического изображения

Используя картографический WEB-интерфейс, пользователь посылает запрос на перепроецирование интересующей его области спутникового изображения. По запросу пользователя на основе метаданных, содержащихся в специальной базе данных, на сервере формируется XML-файл с параметрами проекции и информацией о гранулах, необходимых для получения итогового изображения. Сформированный файл передается сервису, расположенному на кластере.

При получении запроса узел-диспетчер кластера запускает обработку указанных гранул на нескольких узлах кластера. После того, как все исходные гранулы обработаны, на узле-диспетчере производится их «склеивание» с целью получения результирующего изображения. Полученное результирующее изображение возвращается в интерфейс.

Обработка гранул на узлах и их последующая склейка на макете кластера SKIF осуществляется специальной программой, разработанной в ИКИ РАН.

Предложенная схема показала свою работоспособность. В настоящее время она проходит тестирование с целью оптимизации ее отдельных элементов и поиска сбалансированных решений, которые должны позволить эффективно распределить нагрузку между различными узлами системы.

В ближайшей перспективе планируется увеличить число задействованных узлов кластера, что позволит получить более точные данные об эффективности применяемой

архитектуры. Важным направлением развития описываемого подхода, на наш взгляд, является оптимизация системы хранения базовых спутниковых продуктов в архиве.

16.2. Ведение и поддержка архивов спутниковых данных и результатов их обработки для научных исследований глобальных изменений, контроля и анализа состояния природных и антропогенных объектов.

Отв. исп. к.ф.м.н. Мазуров А.А.

По данному направлению в 2010 году были выполнены следующие основные работы:

- В рамках различных проектов, выполняемых в ИКИ РАН, для расширения возможностей ведения долговременных архивов данных проведена модернизация серверной группы, обеспечивающей работу со спутниковыми данными и результатами их обработки. В настоящее время серверная группа обеспечивает возможность предоставления в непосредственном доступе более 120 Тбт данных. Расширены возможности системы автоматической обработки данных. В группу автоматической обработки, архивации и представления данных входят около 30 рабочих станций и более 30 серверов. В 2010 году ИКИ РАН совместно с ФГУ «Авиалесоохрана» ввел в эксплуатацию новую серверную систему (модульный 2-х процессорный сервер хранения на 48 диска, шестнадцать 2-х процессорных блэйд-серверов, два 2-х процессорные сервера баз данных на SATA и SSD накопителях, специализированный NVidia CUDA сервер), которая позволила существенно расширить возможности комплексов хранения, обработки и представления данных используемых для решения задач дистанционного мониторинга лесов. Общий вид новой серверной системы приведен на рис. 16.2.1.



Рис. 16.2.1 Общий вид новой серверной системы

- Продолжалось накопление архивов данных, поступающих со спутников серии NOAA по европейской территории России и Западной Сибири (http://smisdata.iki.rssi.ru/noaa-cgi/cat_reg.pl?db=noaa&lang=russian);
- Осуществлялось ведение архивов данных прибора MODIS (спутники TERRA и AQUA) по различным регионам России (http://smis.iki.rssi.ru/dataserv/rus_ms/modis_tlm.htm);

- Продолжалось накопление информации о состоянии облачности, температуры морской поверхности и ледовой обстановки в районах Баренцева, Белого, Балтийского, Черного, Каспийского, Японского, Охотского и Берингова морей, полученной по данным приборов AVHRR и MODIS (http://x4n9.iki.rssi.ru/noaa/cgi/cat_all_prod.pl?db=center_noaa_products);
- Продолжилось ведение многолетнего архива спутниковых данных, получаемых прибором SPOT-Vegetation на всю территорию бореального пояса Земли (включая Северную Евразию и Северную Америку), в виде стандартных продуктов данных S10, представляющих собой синтез наблюдений, выбранных за десятидневный период по критерию максимума NDVI;
- Совместно с ФГУ «Авиалесоохрана», ИСЗФ СО РАН, ЦЭПЛ РАН и различными центрами приема и обработки спутниковых данных накоплен архив информационных продуктов спутникового мониторинга лесных пожаров на территории России в 2010 году;
- Создана технология автоматической обработки данных спутников LANDSAT и сформирован архив данных LANDSAT по территории России за 2010. Доступ к архиву можно получить по адресу: <http://satcatalog.infospace.ru>;
- Продолжено ведение и развитие архивов метеоданных по территории России (<http://meteo.infospace.ru/wcarch/html/index.sht>);
- В рамках проектов по эксплуатации и развитию системы мониторинга лесных пожаров совместно с ООО НТЦ «Инфокомплекс» осуществлялось ведение архива данных системы грозопеленгации, покрывающей практически всю территорию России.
- Для анализа состояния растительности на территории Северной Евразии продолжено накопление архивов продуктов обработки данных MODIS. В 2010 году архив был полностью переобработан, были построены улучшенные маски облачности и шумов и сформированы семидневные безоблачные поканальные композитные изображения. Доступ к каталогу архива можно получить по адресу http://193.232.9.113/modis_products/html/catalog.shtml
- В рамках различных проектов осуществлялась поддержка систем сбора, обработки, архивации и представления данных в следующих центрах приема: ГУ НИЦ «Планета» (г. Москва), ЗапСибРЦПОД (г. Новосибирск), ДВРЦПОД (г. Хабаровск), СФУ (г. Красноярск), ФГУ «Авиалесоохрана» (г. Пушкино, г. Иркутск), ФГУП КЦСМ (г. Петропавловск-Камчатский), НЦ ОМЗ (г. Москва), ЮНИИТ (г. Ханты-Мансийск);
- Для выполнения различных работ связанных с оценкой динамики растительных экосистем на территории России были сформированы архивы различных вегетационных индексов по всей территории России за период с 2000 по 2010 годы. Были также построены «нормы» динамики вегетационных индексов для различных регионов и различных типов растительности. Доступ к данной информации можно получить через информационную систему TerraNorte по адресу <http://193.232.9.72/terranorte/index.sht>.

16.3. Разработка научно-методических основ и элементов технологии для построения интегрированных систем мониторинга в интересах комплексного контроля состояния природных ресурсов и природопользования, на основе информации поступающей из различных специализированных систем мониторинга.

Отв. исп. к.ф.м.н. Мазуров А.А.

По данному направлению в 2010 году были выполнены следующие основные работы:

Развитие технологии взаимодействия центров приема, обработки и архивации спутниковых данных и специализированных информационных систем мониторинга.

Быстрое развитие различных специализированных систем мониторинга привело в последние годы к расширению круга решаемых ими задач и к тому, что все чаще у таких систем возникает необходимость получения спутниковых данных или результатов их обработки не только из собственных центров приема и центров, с которыми они постоянно работают, но из других центров приема, архивации и распространения спутниковой информации. При этом все острее встает вопрос удобства и оперативности получения данных. Для того чтобы его решить необходимо создание специальных технологий и схем взаимодействия центров архивации данных и специализированных систем мониторинга, которые бы позволили пользователям систем мониторинга оперативно получать доступ к ресурсам центров имея при этом возможность получения и анализа информации предоставляемой центрам в стандартных интерфейсах используемых в системах мониторинга.

В ИКИ РАН были разработаны схемы и протоколы обмена данными, на основе которых можно организовывать такое оперативное взаимодействие специализированных систем мониторинга, и центров приема, обработки, архивации и предоставления данных. В 2010 году ИКИ РАН совместно с ФГУ «Авиалесоохрана» и НЦ ОМЗ, на основе разработок ИКИ РАН создали действующий прототип системы взаимодействия ИСДМ Рослесхоз с объединенным каталогом спутниковых данных НЦ ОМЗ (центральный каталог Роскосмоса). Этот прототип обеспечил возможность пользователям ИСДМ Рослесхоз автоматически получать информацию предоставляемую данным каталогом непосредственно в стандартных интерфейсах ИСДМ Рослесхоз. Это позволило организовать совместный анализ данных ИСДМ Рослесхоз и объединенного каталога. Пример такого совместного анализа приведен на рис 16.3.1. Опытная эксплуатация действующего прототипа показала, что выбранные решения для его реализации достаточно эффективные и могут быть в дальнейшем использованы не только для оперативного обмена данными каталогов, но и данными полного разрешения. Это, на наш взгляд позволит в дальнейшем построить совершенно новую схему взаимодействия поставщиков спутниковой информации со специализированными системами мониторинга.

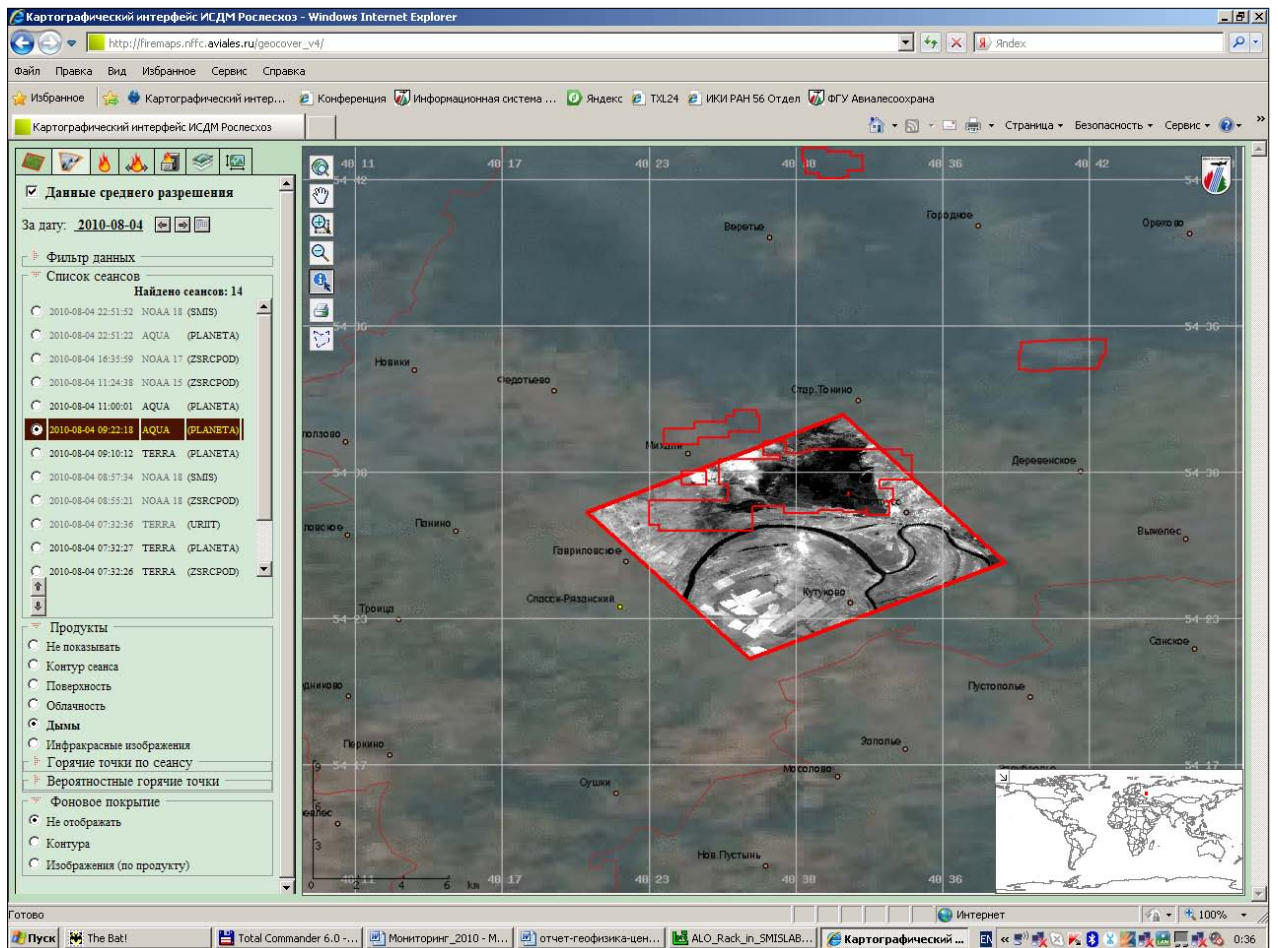


Рис 16.3.1 Пример совместного анализа данных ИСДМ Рослесхоз (данные MODIS и результаты детектирования пожаров) и объединенного каталога данных НИЦ ОМЗ (данные Ресурс ДК)

Создание технологии объединения ресурсов распределенных центров приема, обработки и распространения спутниковых данных.

Построение автоматизированных технологий и систем позволяющих объединить ресурсы различных территориально распределенных центров приема, обработки, архивации и распространения спутниковых данных остается достаточно актуальной задачей. Необходимость ее решения возникает как при построении крупных систем мониторинга, охватывающих большие территории, так и при построении распределенных информационных ведомственных систем наблюдения. При этом наиболее актуальной остается задача, связанная с построением таких схем доступа к информационным ресурсам центров, при которых пользователь фактически не сталкивается с проблемой поиска информации в распределенных источниках и, получая необходимую для него информацию, может не задумываться, какой из источников реально ее предоставил.

В рамках работ по созданию и развитию подобных технологий ИКИ РАН совместно с НИЦ «Планета» (ведущая организация Росгидромета) создали первую очередь системы работы с результатами обработки спутниковых данных получаемых в центрах приема Росгидромета в Москве, Новосибирске и Хабаровске. Система позволила не только расширить возможности оперативного доступа к информации, получаемой в различных центрах, но и обеспечить возможность оперативного получения интегрированных информационных продуктов на уровне интерфейсов доступа к данным. Реализованная

схема получения работы с информацией различных центров приведена на рис.16.3.2. Система создана на основе технологий разработанных в ИКИ РАН. В перспективе система должна стать эффективным инструментом для мониторинга и изучения различных метеорологических процессов происходящих на территории России

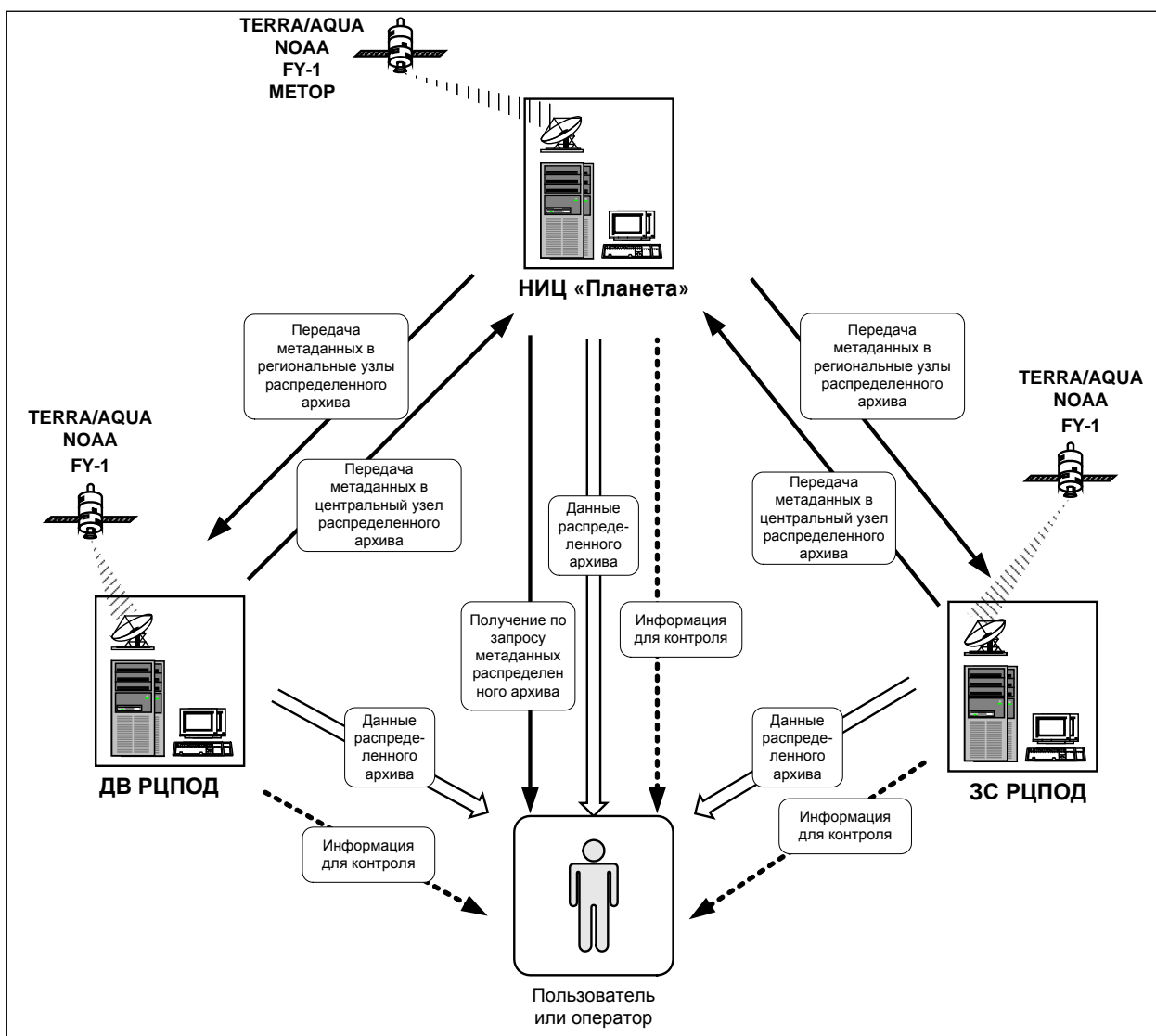


Рис. 16.3.2 Схема взаимодействия системы работы с данными распределенных центров Росгидромета.

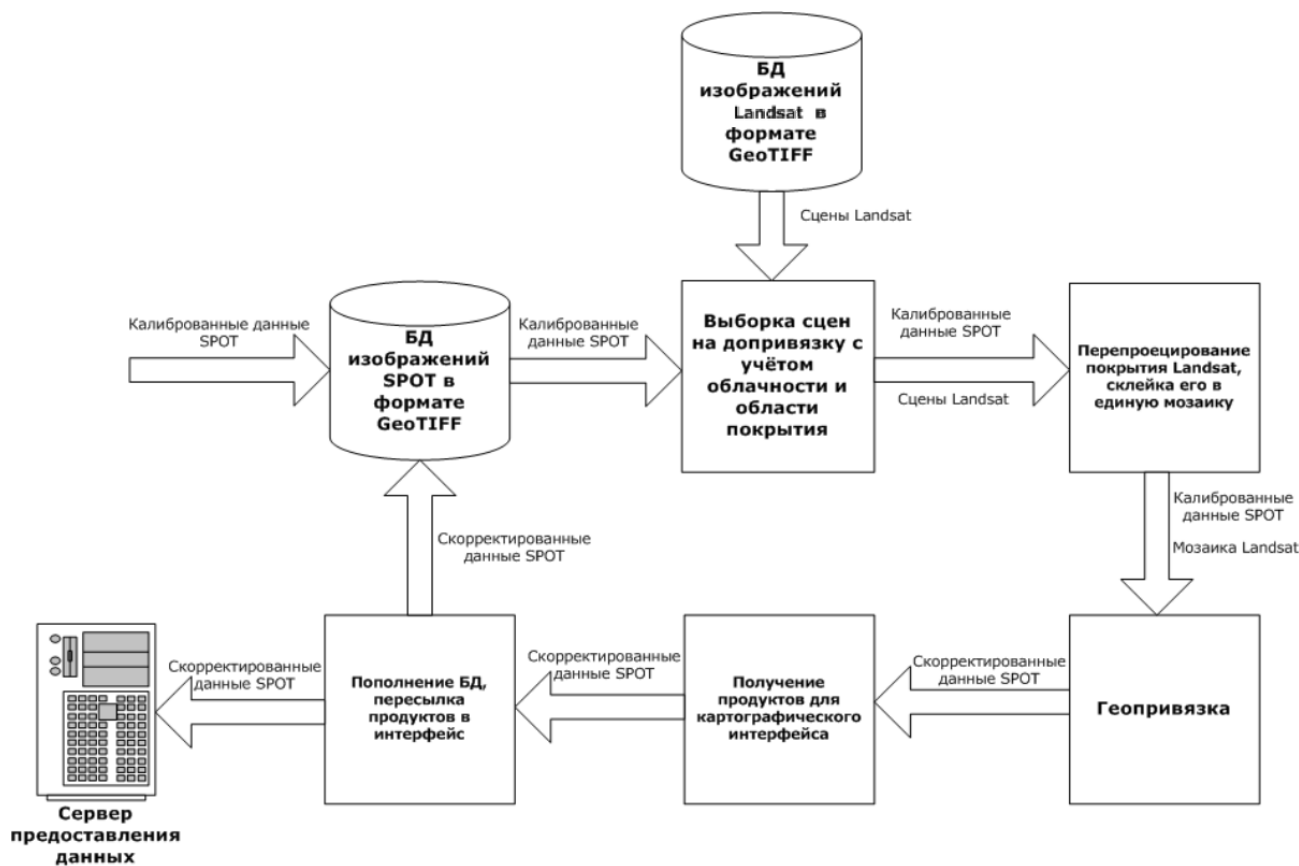
16.4 Развитие технологий и методов анализа данных спутниковых наблюдений и их обработки на основе с использование распределенных систем хранения, обработки и представления данных.

Отв. исп. Прошин А.А. отд.56

По данному направлению в 2010 году были выполнены следующие основные работы:

Потоковая технология корреляционной географической привязки спутниковых изображений высокого пространственного разрешения

Данные спутниковых наблюдений высокого пространственного разрешения являются важной составляющей информационного обеспечения решения широкого круга задач природоресурсного и экологического мониторинга. Наличие непрерывно пополняемых многолетних архивов изображений на территорию России, получаемых, в частности, приборами Landsat-TM/ETM+ и SPOT-HRV/HRVIR, открывает принципиально новые возможности развития методов оценки состояния и мониторинга изменений растительного покрова. Указанные данные, в частности, уже нашли широкое применение в информационных системах, обеспечивающих решение задач мониторинга лесов (ИСДМ-Рослесхоз) и системе дистанционного мониторинга земель агропромышленного комплекса (СДМЗ АПК). Однако следует отметить, при использовании только данных об орбитальных элементах спутника, потенциально достижимая точность географической привязки изображений, составляющая, как правило, несколько сотен метров, является недопустимо низкой для большинства задач мониторинга растительного покрова. Разработанная в ИКИ РАН потоковая автоматическая технология обеспечивает существенное повышение точности привязки спутниковых изображений высокого пространственного разрешения основано на использовании корреляционного алгоритма идентификации опорных точек. При этом в качестве источника эталонных геоданных используется глобальный архив GeoCover, включающий в себя изображения Landsat-TM/ETM+ (пространственное разрешение - 28.5 м), среднеквадратическая ошибка географической привязки которых не превышает +/-50 м. Схема созданной технологии приведена на рис. 16.4.1. Примеры результатов работы технологии приведены на рис.



16.4.2.

Рисунок 16.4.1. Схема потоковой технологии корреляционной привязки данных спутниковых наблюдений.

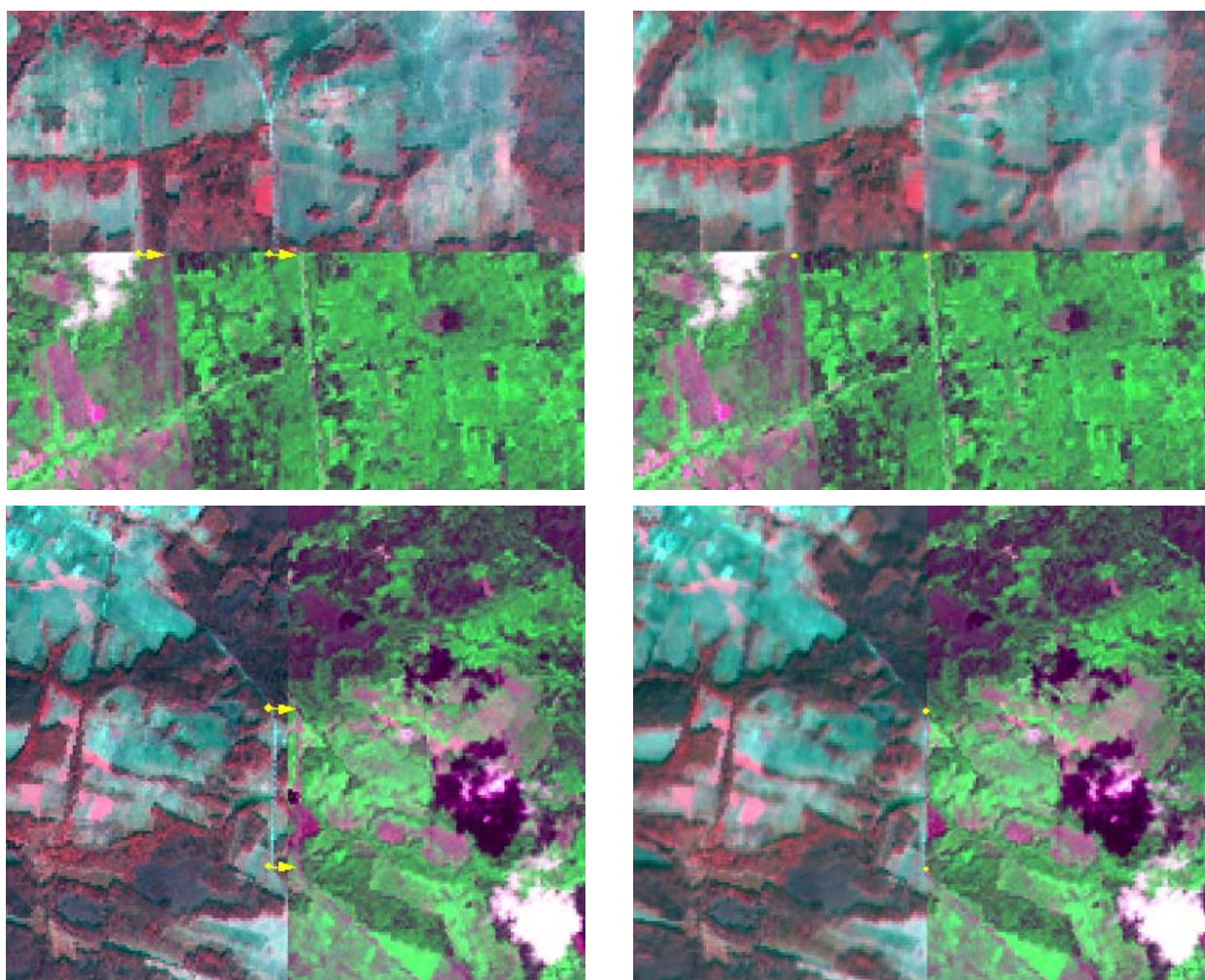


Рисунок 16.4.2. Пространственная согласованность исходных (слева) и обработанных на основе технологии корреляционной привязки (справа) изображений

Разработанная технология позволила создать в интересах ИСДМ Рослесхоз на территорию России архив геопривязанных изображений SPOT-HRV/HRVIR за период 2007-2010 годов. Система также была включена в состав ИСДМ-Рослесхоз для осуществления оперативной привязки указанных изображений на распределенной сети станций приема спутниковых данных.

Следует также отметить, что, разработанная технология имеет достаточно универсальный характер и может найти применение для уточненной географической привязки достаточно широкого спектра спутниковых изображений высокого пространственного разрешения.

Создание распределенной системы уточнения информации о площадях пройденных огнем на основе данных высокого пространственного разрешения

Для оценки площадей, пройденных лесными пожарами, в настоящее время разработаны и даже внедрены в действующую систему мониторинга пожаров (ИСДМ Рослесхоз) достаточно надежные методы позволяющие получать такие оценки на основе спутниковых данных среднего пространственного разрешения (в основном на основе данных прибора MODIS). В тоже время для решения различных задач, в первую очередь связанных с оценкой реальных повреждений лесов пожарами и бюджета углерода все более актуальной становится задача получения массовых (в идеале сплошных) оценок площадей пройденных огнем с использованием данных высокого пространственного

разрешения. Разработка методов такой оценки актуальна еще и потому, что в последние годы появились технические и финансовые возможности осуществлять массовое получение спутниковых данных высокого пространственного разрешения. Так, например, в рамках действующей системы мониторинга лесных пожаров в течение пожароопасного сезона накапливается практически полное покрытие территории РФ данными спутников Landsat и Spot. Поэтому в 2010 году в ИКИ РАН в первую очередь в интересах ИСДМ Рослесхоз был разработан действующий прототип системы уточнения информации о площадях пройденных огнем на основе спутниковых данных высокого пространственного разрешения.

Поскольку, в настоящее время не удастся создать абсолютно надежный алгоритм, обеспечивающий полностью автоматическое выделение участков, пройденных огнем, по данным Landsat и Spot, созданная система рассчитана на то, что работа автоматического алгоритма будет проверена и при необходимости уточнена оператором. Также оператором производится выбор данных пригодных для обработки. Следует отметить, что система рассчитана на работу с распределенными архивами данных расположенными в различных центрах приема, а также на работу специалистов, которые могут работать в различных местах. Для работы специалистов созданы специальные Web-интерфейсы. В системе по возможности автоматизированы все рутинные операции по выбору данных для обработки и ведению архивов результатов обработки. Разработаны также достаточно простые методики работы операторов. Опытная эксплуатация системы показала, что она позволяет достаточно не большому числу операторов произвести уточнения площадей пройденных огнем на достаточно больших территориях. Так в 2010 год было проведено массовое уточнение гарей практически во всех регионах, где летом 2010 года была объявлена чрезвычайная ситуация. Пример результатов такого уточнения для Московского региона приведен на рис. 16.4.3.

Рис. 16.4.3 Пример результатов уточнения площадей пройденных огнем летом 2010 года в Московском регионе.

16.5 Развитие научных основ и методических подходов построения и использования технологий объективного дистанционного мониторинга природных и антропогенных объектов.

Отв. исп. д.т.н. Лупян Е.А.

По данному направлению в 2010 году были выполнены следующие основные работы:

- Совместно с другими академическими институтами для совета РАН «Космические технологии» разработаны предложения «Объективный мониторинг окружающей среды, природных ресурсов, антропогенных объектов и явлений» в котором проанализированы текущие возможности технологий дистанционного мониторинга и создания на их основе различных научных и прикладных систем;
- Разработаны подходы и действующий макет системы выявления районов аномального поведения состояния растительности на территории России. Разработанные подходы позволили выявить аномальные изменения не только в сельскохозяйственной растительности, но и в лесах, которые наблюдались во время засухи лета 2010 года на территории Европейской части России (см. раздел «Важнейшие достижения» настоящего отчета);
- Для контроля состояния районов торфоразработок, в том числе и для контроля торфяных пожаров, совместно с ФГУ «Авиалесоохрана» и Институтом Лесоведения

РАН начата разработка специализированной системы дистанционного мониторинга торфоразработок. Создан действующий макет системы.

16.6 Развитие методов и автоматизированных технологий глобального спутникового мониторинга бореальных экосистем

Отв. исп. д.т.н. Барталев С.А.

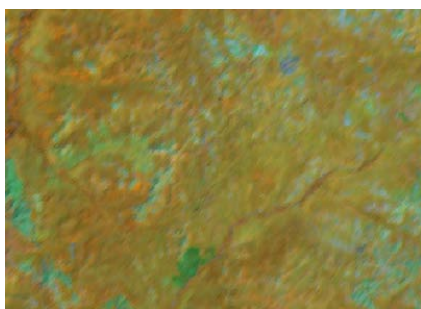
Разработка метода интегральной оценки площадей гарей в лесах на основе многолетних данных спутникового спектрорадиометра MODIS

Интегральная оценка площадей гарей по спутниковым данным предполагает выявление участков лесных земель, погибших в различные годы в результате воздействия огня и на текущий момент не возобновившихся до состояния покрытой лесом территории.

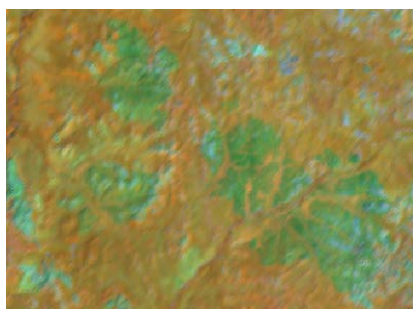
Разработанный для решения данной задачи метод основан на использовании многолетних данных прибора MODIS с пространственным разрешением 250 метров. При этом используется сформированный в ИКИ РАН и непрерывно обновляемый архив данных MODIS для территории России за период с 2000 года. В основу метода положено комбинированное использование, полученных по данным MODIS, очищенных от влияния облачности композитных изображений за 2000 и 2010 гг., многолетней базы данных о пройденных огнем участках и карты растительного покрова. В качестве опорных данных использовались результаты совместного анализа разновременных спутниковых изображений высокого пространственного разрешения Landsat-TM и материалов наземной оценки степени повреждения лесов пожарами, которые позволили оценить информативность различных спектральных индексов для распознавания гарей. Распознавание участков гарей осуществлялось с использованием разработанного в ИКИ РАН метода контролируемой локально-адаптивной классификации спутниковых изображений LAGMA.

Разработанным методом предусмотрены следующие основные этапы обработки спутниковых данных:

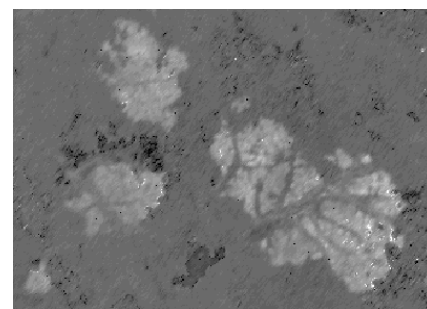
Предварительная обработка спутниковых данных для формирования очищенных от влияния мешающих факторов месячных композитных изображений, а также набора спектральных вегетационных индексов RdSWVI, dSWVI, SWIR/NIR за 2000 и 2010 гг. При этом данные продукты формируются для каждого из четырех месяцев временного интервала июнь-сентябрь каждого из указанных лет. На рисунке 16.6.1 представлен пример композитных изображений MODIS и индекса RdSWVI, используемого в качестве признака распознавания.



а)



б)



в)

Рис. 16.6.1 Разновременные спутниковые изображения MODIS и рассчитанный на их основе вегетационный индекс RdSWVI а) 07.2000, б) 07.2010 (RGB: SWIR-NIR-Red), в) RdSWVI

Формирование обучающей выборки. Классификация с обучением подразумевает наличие репрезентативной выборки характерных эталонов (обучающей выборки), с известной принадлежностью к одному из классов заданного множества. Для формирования опорной выборки классов неповрежденных лесов и гарей соответственно использовались карта растительного покрова России и маска пройденных огнем площадей за период 2000 - 2010 годов. Для последующей фильтрации выборки использовался индекс SWIR/NIR, позволяющий отделить сильно поврежденные участки леса от слабо поврежденных и неповрежденных участков.

Классификация. Полученная обучающая выборка использована для контролируемой локально-адаптивной классификации спутниковых изображений алгоритмом LAGMA на основе локальных сигнатур, заданных в узлах регулярной сети с шагом 25 км. При этом проводится серия независимых классификаций с использованием композитных изображений за разные месяцы с последующей интеграцией результатов.

Фильтрация результатов классификации. В результирующую маску гарей включаются только устойчиво распознаваемые по всем используемым композитным изображениям участки гари, что позволяет минимизировать уровень ошибок классификации.

Получаемая в результате маска позволяет интегрально оценить площади гарей разных лет в составе земель лесного фонда РФ. Разработанный метод имеет высокую степень автоматизации и может применяться для регулярного получения данных о площадях гарей в лесах России.

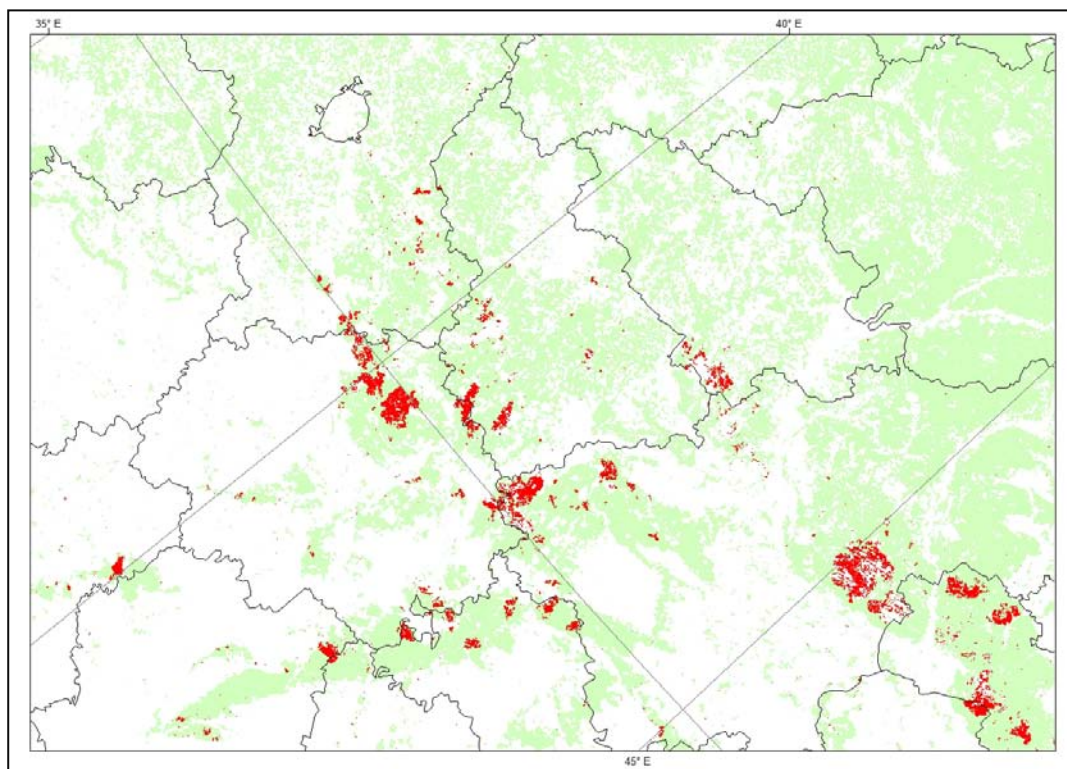


Рис.16.6.2 Выявленные по данным MODIS гари различных лет в лесах России по состоянию на 01.09.2010 (приведен участок европейской части страны)

16.7. Разработка автоматического метода и технологии динамического картографирования наземных экосистем по данным спутниковых наблюдений. Развитие методов оценки деструктивных воздействий на растительный покров на основе комплексного использования данных спутниковых наблюдений среднего и высокого пространственного разрешения.

Отв. исп. д.т.н. Барталев С.А.

Развитие метода и автоматической технологии распознавания типов земного покрова на основе локально-адаптивной классификации данных спутниковых наблюдений

За отчетный период завершена разработка программного комплекса LAGMA (от английского Locally Adaptive Global Mapping Algorithm), позволяющего производить контролируемую локально-адаптивную классификацию данных спутниковых наблюдений с использованием базы пространственно-распределенных обучающих данных. База обучающих данных описывает спектрально-яркостные характеристики типов леса и их пространственную изменчивость, что обеспечивает высокую точность распознавания типов земного покрова с учетом региональных особенностей. Использование автоматизированного обучаемого алгоритма позволяет создавать однородную временную серию карт на ежегодной основе.

Разработанный комплекс состоит из набора программных модулей, выполняющих вычислительные процедуры, необходимые для распознавания типов земного покрова на основе локально-адаптивной классификации спутниковых изображений, а именно:

- модули вычисления локализованных сигнатур;
- модуль локально-адаптивной классификации;
- модуль поиска различий между версиями опорных сигнатур;
- модуль гистограммной фильтрации;
- модуль моделирования спектральных смесей;
- вспомогательные модули.

Модули предназначены для запуска в режиме командной строки под управлением ОС Linux. Такое устройство программного комплекса упрощает указание необходимых параметров работы, а также автоматизированный запуск модулей.

Программный комплекс предназначен для работы на нескольких компьютерах (обработчиках), оснащенных многоядерными процессорами. Полная последовательность необходимых для классификации действий описывается в виде списка задач трех уровней иерархии (рис. 16.7.1):

- задачи уровня вычислительного комплекса;
- задачи уровня обработчика;
- задачи уровня процессорного ядра.

К задачам уровня вычислительного комплекса относятся задачи, которые должны быть выполнены единожды, такие как назначение в обработку требующих классификации участков, планирование вычислений, объединение результатов работы разных обработчиков. Эти задачи выполняются на одном компьютере, выполняющем функцию главного обработчика. Задачи уровня обработчика представляют собой вспомогательные задачи, имеющие отношение к каждому обработчику и выполняемые на каждом из них один раз. Они включают, в основном, задачи, связанные с получением входных данных с главного обработчика и передачей результатов работы обратно. Задачи уровня

процессорного ядра запускаются на обработчиках в нескольких экземплярах (в соответствии с количеством ядер) с целью полного использования процессорной мощности.

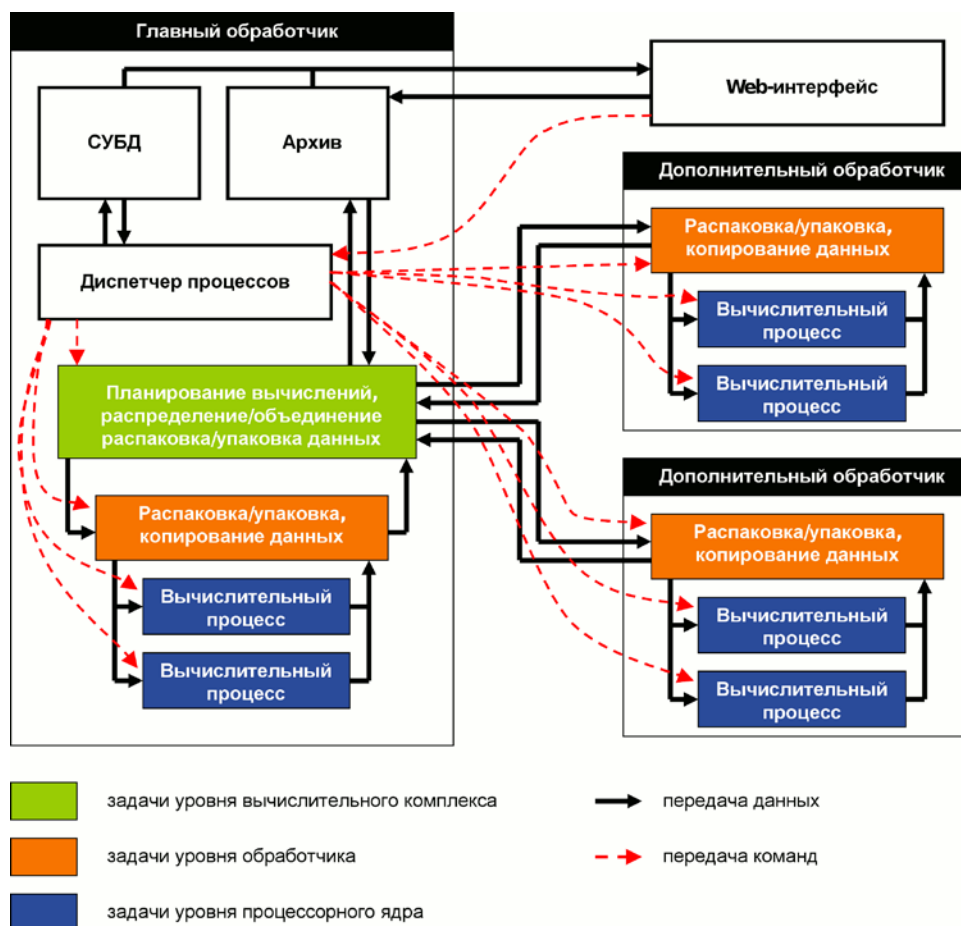


Рис. 16.7.1 Блок-схема организации распределенных вычислений с использованием программного комплекса LAGMA

Исследование информативности спектральных вегетационных индексов для оценки состояния поврежденных пожарами лесов по спутниковым данным

Данные о степени повреждения лесов пожарами в настоящее время получают, как правило, эпизодически в ходе наземных обследований, охватывающих, в силу трудоемкости используемых методов и слабой доступности лесов значительной части территории страны, незначительную часть площади повреждаемых пожарами насаждений. Альтернативой данным методам может послужить использование методов оценки состояния поврежденных лесов на основе спутниковых данных. Физическими предпосылками использования данных оптических систем дистанционного зондирования для оценки состояния поврежденных лесов являются изменения их отражательной способности в видимом, ближнем и среднем ИК диапазонах. Изменения отражательной способности в видимом и ближнем ИК диапазонах связаны с уменьшением концентрации хлорофилла в вегетативных органах деревьев, в то время как изменения отражения в средней ИК области спектра вызвано снижением их влагосодержания.

Выполненное исследование с использованием спутниковых данных SPOT-HRVIR и Landsat-TM было направлено на установление связей между значениями спектральных вегетационных индексов, вычисляемых на основе дистанционных измерений

отражательных характеристик поврежденных лесов, и количественными индикаторами их состояния, полученными по результатам наземных обследований.

Включенные в исследования спектральные вегетационные индексы основывались на использовании как одномоментных спутниковых изображениях, полученных после пожара (NDVI, SWVI), так и разновременных данных, дополнительно отражающих состояние лесов до воздействия огня (dNDVI, dSWVI, RdNDVI, RdSWVI). На рисунке 4 представлены изображения перечисленных спектральных вегетационных индексов.

Необходимые для исследований независимые опорные данные о повреждениях лесов были собраны в ходе наземных обследований тестовых участков в Читинской области, Красноярском крае и Республике Бурятия. На пробных площадях определялась средневзвешенная категория состояния поврежденных насаждений и ряд других дополнительных характеристик.

Результаты экспериментальных исследований характеризуют возможности количественной оценки состояния поврежденных лесов на основе различных вегетационных индексов. Полученные по данным спутниковых измерений спектральные вегетационные индексы демонстрируют высокий уровень корреляции с независимо оцененными наземными методами характеристиками состояния поврежденных пожарами лесов. В зависимости от характеристик имеющихся спутниковых приборов (в частности, наличия среднего ИК канала) все апробированные индексы с различной степенью эффективности могут быть использованы для выявления и оценки состояния поврежденных пожарами лесов. Необходимо отметить, что основанные на использовании данных измерений в среднем ИК диапазоне вегетационные индексы показали более высокий уровень географической инвариантности, что согласуется с результатами других исследований. При этом, несмотря на близость, полученных для спектральных вегетационных индексов dSWVI и RdSWVI, значений коэффициента корреляции индекс RdSWVI имеет более низкий уровень варибельности для незатронутых пожарами территорий (рис. 16.7.2), что повышает потенциальную эффективность его применения для выявления поврежденных участков.

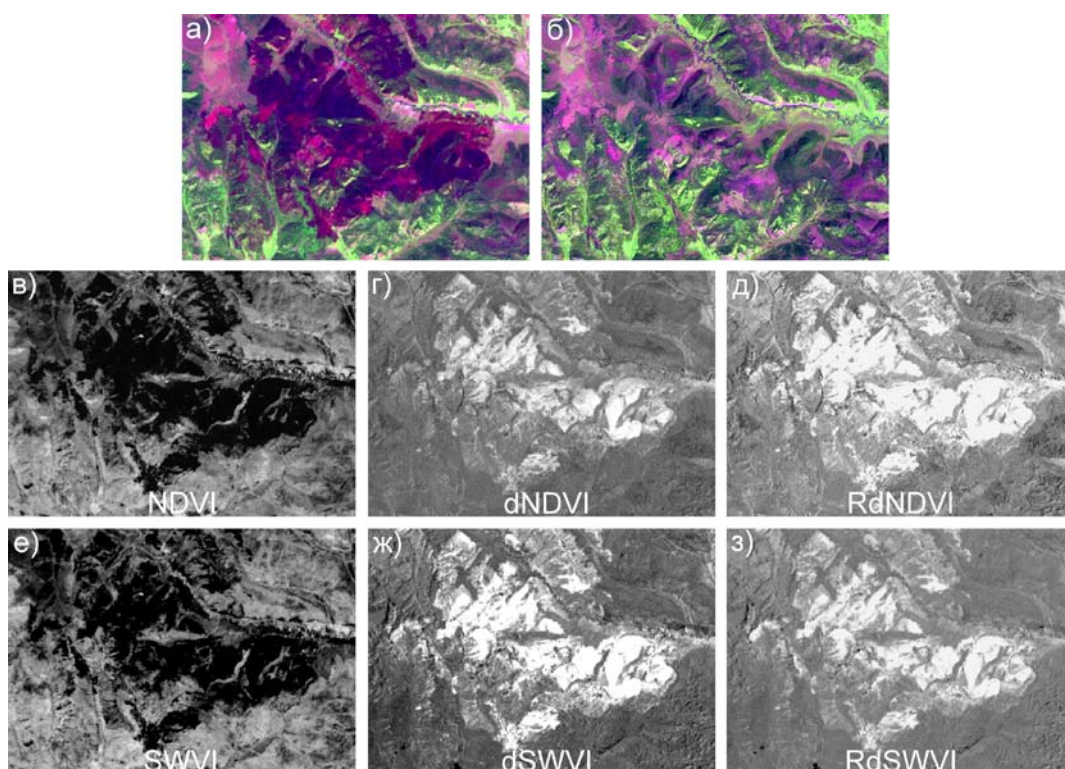


Рис. 16.7.3 Разновременные спутниковые изображения и полученные на их основе вегетационные индексы на участок поврежденных пожарами лесов в Республике Бурятия: а) SPOT-HRVIR, 29.06.2009, б) Landsat ETM+ 22.07.2002 (RGB: SWIR-NIR-Red) в) NDVI, г) dNDVI, д) RdNDVI, е) SWVI, ж) dSWVI, з) RdSWVI

По результатам выполненных исследований можно сделать вывод о том, что для выявления и оценки поврежденных пожарами лесов предпочтительно использование спектральных вегетационных индексов RdSWVI и dSWVI. Для широкого применения зависимостей между значениями характеристик состояния поврежденных лесов и спектральных вегетационных индексов, необходимы дальнейшие исследования, направленные на повышение уровня географической инвариантности указанных взаимосвязей, в том числе за счет компенсации влияния фенологической изменчивости лесов с использованием данных систем с высокой периодичностью наблюдений.

Исследование возможностей использования методов сегментации спутниковых изображений для выявления изменений в лесах

Проведенные исследования были направлены на оценку возможности использования методов сегментации и объектно-ориентированной классификации спутниковых изображений Landsat-TM и SPOT-HRVIR для выявления изменений в лесах в результате вырубок и гарей.

В основе объектно-ориентированных методов классификации является использование пространственной и текстурной информации о представленных на спутниковых изображениях объектах. Объектно-ориентированные методы имеют ряд преимуществ по сравнению с традиционными пиксельно-ориентированными методами, включая более высокую, как правило, точность классификации, отсутствие эффекта одиночных пикселей в результатах классификации, возможность классификации неоднородных по яркости объектов и простую интеграцию получаемых данных с ГИС.

Сегментация изображений является одним из ключевых этапов объектно-ориентированных методов анализу данных дистанционного зондирования. Под сегментацией понимается разбиение изображения на различающиеся по некоторому признаку области таким образом, что они соответствуют реальным объектам или их частям, а границы объектов совпадают с границами выделяемых областей. Выполненное исследование включало анализ четырех различных методов, использующих разные стратегии выделения связанных областей на изображении: кластеризации многомерной гистограммы, метода водораздела, метода выделения границ и метода разделения-слияния на гексагональной топологической решетке.

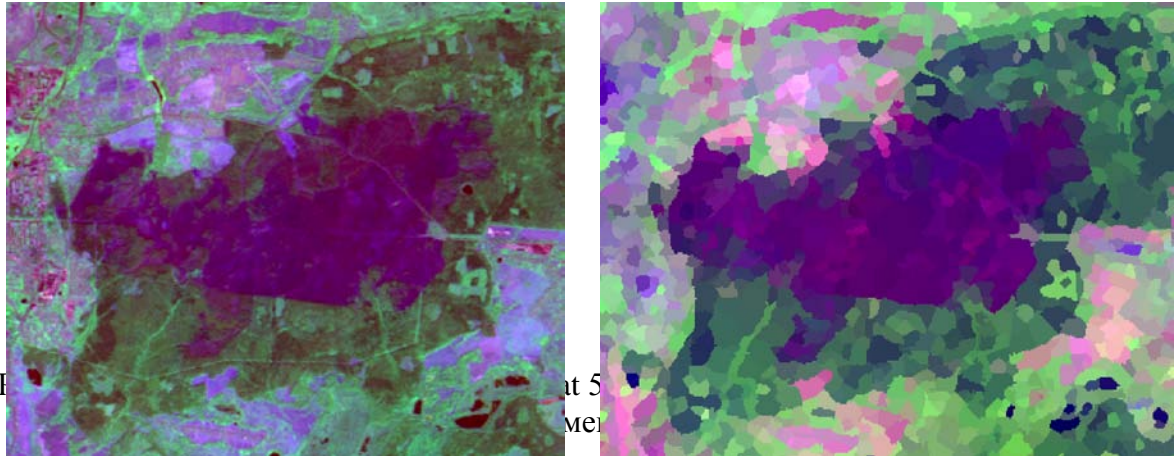
Анализ имеющихся спутниковых данных проходил в несколько этапов. На этапе предварительной обработки спутниковые данные проходили процедуру радиометрической калибровки и взаимной нормализации. Затем строились RGB-изображения, в которых R соответствовал красному, G - ближний ИК и B - средний ИК спектральные каналы. Полученный набор данных поступал на вход процедуры сегментации. На этапе сегментации каждое изображение набора данных сегментировалось каждым из четырех перечисленных выше алгоритмов сегментации при варьировании параметров алгоритма. Границы варьирования параметров определялись эмпирически, исходя из визуальной оценки качества сегментации. Шаг параметра определялся так, чтобы при варьировании получилось 20-30 разных разбиений. После чего построенные данные передавались для оценки качества сегментации. На последнем этапе работа каждого алгоритма оценивалась с

помощью нескольких критериев качества, а именно обратное к среднему количеству областей, покрывающих эталонный контур, отношение площади эталонного контура к суммарной площади областей, ее покрывающих, критерии FOM, Хаусдорфа, Баделли, среднее расстояние между контурами, стандартное отклонение расстояния между контурами.

На основе проведенных вычислительных экспериментов для каждого рассматриваемого алгоритма были построены графики зависимости вышеперечисленных критериев качества от параметров алгоритмов. Некоторые из полученных графиков хорошо аппроксимируются известными функциями, например, прямыми или параболами, а другие – не проявляют хорошей зависимости изменения значения функции от изменения значения параметров алгоритма. Для выбора наиболее оптимального критерия качества работы алгоритма были сформулированы следующие требования к критериям: достижение экстремума на интервале варьирования параметров (кроме стандартного отклонения расстояния между контурами), низкие вариация и дисперсия построенной функции. На основе вышеперечисленных требований были отобраны критерии, с помощью которых был выбран лучший алгоритм и подобраны его оптимальные параметры. В результате проведенных экспериментов было установлено, что критерии Баделли, FOM, среднее расстояние между контурами, а также стандартное отклонение расстояния между контурами в качестве вспомогательного критерия, могут быть использованы для выбора алгоритма сегментации и его оптимальных параметров.

Проведенный анализ показал, что метод водораздела не корректно сегментирует границы вырубок и гарей, и может быть исключен из дальнейшего рассмотрения. Наилучшим алгоритмом из четырех рассматриваемых для сегментации вырубок и гарей является метод выделения границ при сегментации одиночной сцены, и - Color Structure Code при сегментации разностного изображения. Изображение разности в качестве входных данных существенно увеличивает точность сегментации в задачах выявления изменений при использовании алгоритма сегментации, учитывающего как локальные, так и глобальные свойства изображения.

Анализ полученных результатов позволяет наметить пути дальнейшего развития и перспективы использования алгоритмов сегментации при построении технологий мониторинга лесов по спутниковым данным высокого пространственного разрешения.



16.8. Развитие методов и автоматизированных технологий спутникового мониторинга сельскохозяйственных земель. В том, числе разработка методов классификации и оценки состояния посевов на основе анализа динамики вегетационных индексов.

Отв. исп. д.т.н. Барталев С.А., д.с.х.н. Савин И.Ю.

Развитие метода и технологии выявления пахотных земель на основе многолетних временных серий спутниковых данных MODIS

Развитие метода выявления пахотных земель на основе многолетних временных серий спутниковых данных MODIS было направлено на дальнейшее повышение его точности за счет разработки нового алгоритма улучшенной предварительной обработки исходных временных серий данных, модификацию признаков распознавания, улучшение репрезентативности обучающей выборки и использование данных об априорных вероятностях распознаваемых классов.

Спектрально-динамические признаки распознавания пахотных земель основаны на использовании многолетних временных серий композитных изображений перпендикулярного вегетационного индекса PVI. Сформированные таким образом временные ряды содержат пропуски данных из-за исключения соответствующих облачности и теням от нее пикселей изображения. Кроме этого, используемые временные ряды могут содержать измерения, отражающие сильную анизотропию рассеянного от некоторых объектов излучения, а также измерения, находящиеся под влиянием остаточной облачности. Для исключения не отражающих реальные биофизические параметры наблюдаемой растительности наблюдений используются скользящие статистические фильтры и анализ значений первой производной функции вегетационного индекса; при этом происходит заполнение пропущенных значений на основе линейной интерполяции. Пример результатов обработки временных серий представлен на рис. 16.8.1.

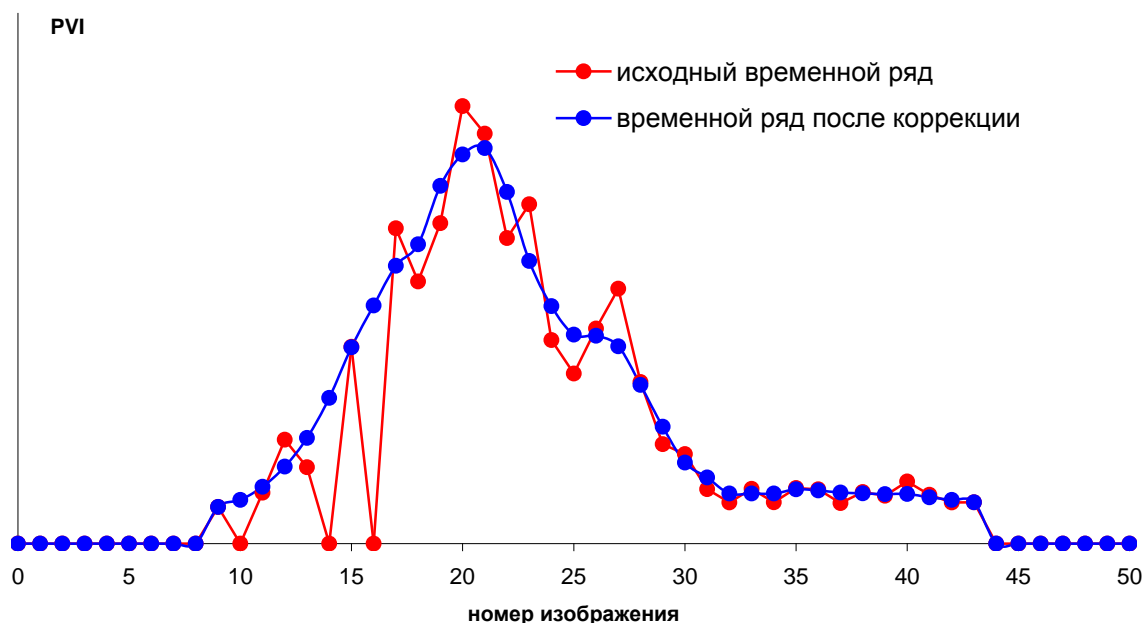


Рис. 16.8.1 Коррекция временного ряда значений PVI на этапе предварительной обработки. Нулевые значения в исходной временной серии соответствуют пропускам данных.

Некоторые признаки распознавания были модифицированы для расширения динамического диапазона принимаемых значений, что позволило улучшить разделимость классов. В частности, была уменьшена квантованность значений признака длины вегетационного периода за счет предположения о линейном характере изменения вегетационного индекса на временных интервалах, меньших временного шага дискретизации. Основанные на использовании скорректированных временных серий признаки обеспечивают более корректное выявление пахотных земель за счет исключения влияния мешающих факторов на средние значения признаков по каждому классу. Коррекция обучающей выборки, её регуляризация по всей территории распознавания на основе исторических карт пахотных земель, обеспечение одномодальности значений признаков внутри классов также позволили улучшить разделимость классов.

Лежащий в основе классификатора метод максимального правдоподобия предполагает использование карты априорных вероятностей, которые позволяют исключить ошибки типа «ложная тревога» на тех объектах или типах растительного покрова, которые заведомо не могут являться пахотными землями, однако демонстрируют схожую с данным классом многолетнюю временную динамику. Такая карта была построена на основе исторических карт пахотных земель, региональной информации о землепользовании, а также полученных по данным MODIS карт лесной растительности и водных объектов, дополненной векторными данными результатов миссии SRTM.

Описанные изменения улучшают точность распознавания пахотных земель, ускоряют получение результата и делают его повторяемым и практически независимым от влияния эксперта.

Исследование возможностей распознавания сельскохозяйственных культур по данным MODIS

Исследования возможностей распознавания культур выполнялись на основе временных серий данных MODIS, полученных в течение вегетационного сезона, и использования метода максимального правдоподобия. При этом были сформированы временные серии композитных изображений коэффициентов спектральной яркости (КСЯ) земной поверхности в красном и ближнем ИК спектральных диапазонах. Для исключения влияния негативных эффектов, связанных с остаточной облачностью и различными геометрическими условиями съемки, была проведена дополнительная обработка полученных временных рядов значений КСЯ. Сформированные таким образом разновременные композитные изображения КСЯ использовались в качестве признаков при классификации.

Исходя из наличия опорных данных, в качестве тестового участка для проверки метода был выбран Ленинск-Кузнецкий район Кемеровской области. Для построения обучающей выборки использовались данные наземного обследования, выполненного агрохимслужбой Кемеровской области, отражающие распределение различных типов растительности по территории выбранного района на 2009 год. С целью получения репрезентативной выборки, было сформировано 15 классов, соответствующих сельскохозяйственным культурам, наиболее полно представленным на территории рассматриваемого района. Для совместного использования с данными спутниковых наблюдений, векторные данные о границах и пространственном расположении полей, принадлежащих каждому классу, были затем преобразованы в растровый формат с разрешением пикселя MODIS.

Для удаления смешанных пикселей, содержащих более одного класса, была проведена процедура геометрической коррекции выборки. Кроме того, для исключения из множества пикселей опорной выборки измерений, не являющихся типичными представителями своих классов, была проведена процедура статистической коррекции выборки. Пиксели, принадлежащие одному классу, в опорной выборке были сгруппированы в объекты, соответствующие полям. При наземном обследовании решение о принадлежности к определенному классу принимается на уровне объекта, поэтому коррекция выборки проводилась также на уровне объектов. Для каждого класса было рассчитано среднее и стандартное отклонение значений каждого признака, полученные с использованием значений всех пикселей этого класса. Кроме того, средние значения признаков были рассчитаны для каждого объекта каждого класса. Критерием исключения объекта из опорной выборки является слишком сильное отклонение среднего значения, соответствующего объекту, от среднего значения по классу для любого из признаков.

На основе скорректированной выборки были получены статистические параметры по каждому классу, необходимые для классификации методом максимального правдоподобия. Было обнаружено, что не разделявшиеся с использованием временных серий вегетационного индекса классы в двумерном пространстве измерений КСЯ в каналах демонстрируют ряд характерных отличий динамики развития, что позволяет успешно решить задачу распознавания. Примеры фазовых кривых таких классов приведены на рис. 16.8.2.

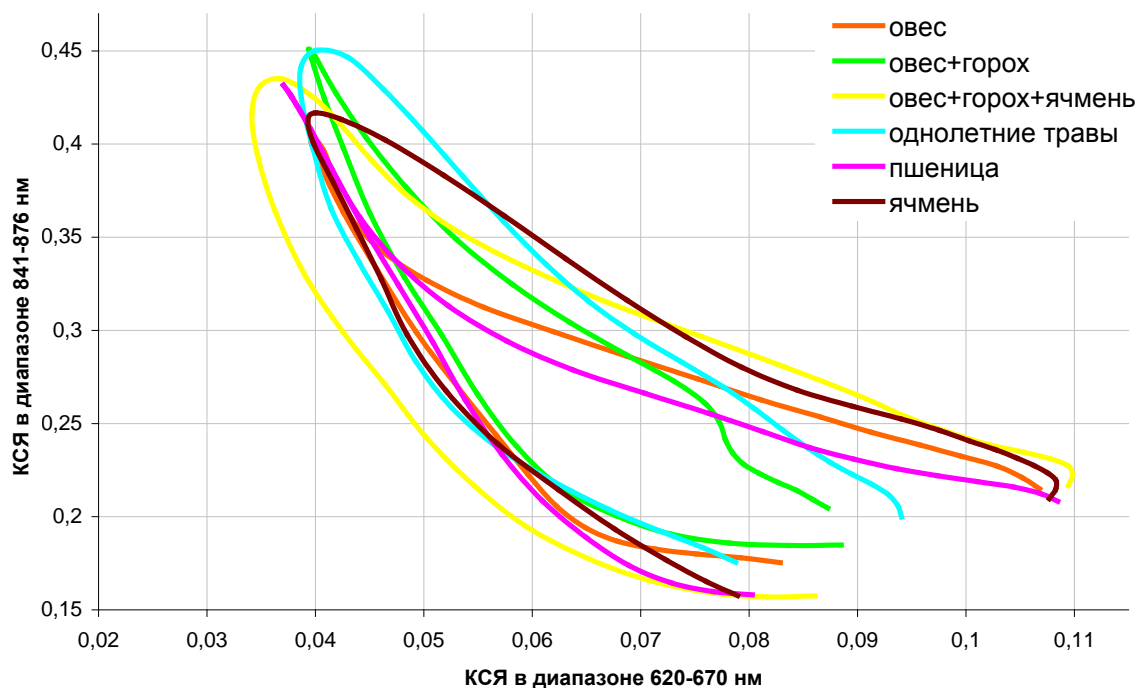


Рис.16.8.2 Спектрально-временные характеристики некоторых типов сельскохозяйственных культур в пространстве измерений КСЯ в красном и ближнем ИК каналах MODIS

Общая точность классификации, вычисленная на основе обучающей выборки, составила 89,6%, что позволило успешно применить разработанный алгоритм для распознавания культур в масштабах области. Пространственное расширение обучающей выборки и использование локально-адаптивного подхода в дальнейшем позволят проводить распознавание культур данным методом на больших территориях.

Исследование возможностей выявления пострадавших от засухи посевов по спутниковым данным

За отчетный период разработан метод оценке пострадавших от засухи посевов на основе данных MODIS. Для поиска повреждённых посевов используется временной ряд вегетационного индекса NDVI, полученный по еженедельным композитным изображениям. При этом в качестве дополнительных данных использовались векторные маски полей, геометрические центры полигонов которых принимались в качестве реперных точек для выбора характерных пикселей изображений MODIS. Для каждой из этих точек данные сглаживались во времени методом аппроксимации полиномом 5-й степени. Были найдены значение сезонного максимума вегетационного индекса и дата его достижения по исходным данным для каждого вегетационного сезона в период 2001 - 2010 годов. Затем в каждый момент времени в течение года для всех лет, за исключением года с засухой, было найдено максимальное и минимальное значение вегетационного индекса. В рамках этих границ для года с засухой искался аналог среди остальных лет. Год аналог выбирался по минимальной средней разнице между годом с засухой и каждым из остальных лет. Далее проводилась выборка тех полей, у которых разница дат максимума года с засухой с годом аналогом была не менее трёх недель. Такие поля и считались повреждёнными засухой.

Метод апробирован на полях Чувашской республики. Была проведена проверка результатов по наземным данным, а также при помощи данных более высокого разрешения Landsat-TM для одного из районов республики.

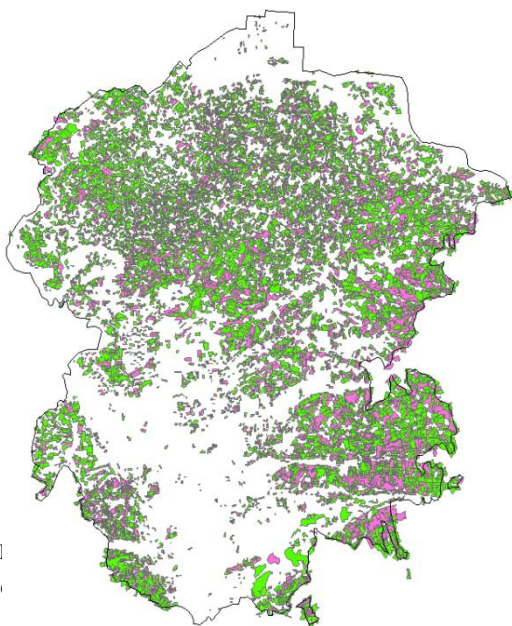


Рис.16.8.3 Результаты в 2010 году посевами (роз

: пострадавшими от засухи в Республики

16.9. Разработка методов спутникового мониторинга естественного плодородия пахотных почв.

Отв. исп. д.с.х.н. Савин И.Ю.

Под плодородием почв понимается их способность удовлетворять потребности растений в элементах питания, влаге, воздухе, а также обеспечивать условия для их нормальной жизнедеятельности. Более правильно, по-видимому, говорить о плодородии земель, а не почв, так как на рост растений оказывают влияние и другие факторы (например, метеорологические или хозяйственные), которые к почвам не относятся.

Оценка плодородия земель может быть проведена на двух основных уровнях. Плодородие земель первого уровня может быть определено как естественное, зависящее только от природных свойств земель. Это потенциальное плодородие, которое не зависит от характера антропогенного воздействия на земли, а определяется лишь их нативными свойствами. На втором уровне оценивают актуальное плодородие земель, которое зависит также и от влияния человека. Например, возделывание сельскохозяйственной культуры может осуществляться без применения мелиораций, специальных агротехник и использования удобрений и химикатов. В этом случае урожайность культуры будет являться одной из характеристик уровня естественного плодородия земель. Урожайность культуры, возделываемой в рамках определенных технологий с применением удобрений, будет одной из характеристик актуального плодородия земель.

Оценка плодородия пахотных земель является сложной задачей в связи с тем, что урожайность разных растений на одном и том же типе земель может сильно различаться. Естественное плодородие земель может быть оценено путем вычисления (моделирования) урожайности некоей абстрактной культуры. Для оценки же актуального плодородия этот метод не имеет большой практической значимости, так как он не позволяет применить эту оценку к реально возделываемым культурам.

При оценке плодородия земель важен анализ пространственного варьирования плодородия. Результатом анализа может являться ранжирование земельных участков по уровню их

плодородия. Кроме того, большое значение имеет изменение уровня плодородия земель от одного сезона вегетации к другому сезону. Это варьирование обусловлено как климатическими изменениями, так и изменениями свойств почв и специфики использования земель.

Традиционно оценка уровня плодородия земель опирается на анализ почвенного покрова. Однако почвенные карты в России на большей части пахотных земель не обновлялись уже более 20 лет, и реальное состояние почвенного покрова пахотных земель в России не известно. Оценки же на основе почвенных карт 20-летней давности могут дать искаженное представление о реальном плодородии земель. В ближайшие годы массовое обновление почвенных карт не планируется и вряд ли может быть осуществлено технически.

В качестве альтернативы почвенным картам для анализа плодородия земель предложено использование данных спутниковой съемки земной поверхности. Спутниковые данные могут быть использованы в первую очередь для анализа актуального плодородия земель в разрезе отдельных регионов. При этом в качестве основного показателя актуального плодородия земель используется состояние посевов, которое индицируется по величине вегетационного индекса NDVI. Используется величина сезонного максимума вегетационного индекса для пахотных полей. Для получения оценки актуального плодородия земель отдельных регионов, величины сезонного максимума индекса агрегируются для всех полей региона для каждого сезона вегетации. В качестве региона анализа наиболее оптимально использовать хозяйство или административный район. В результате агрегации при получении интегральной оценки косвенно учитывается и специфика используемых севооборотов и региональные особенности агротехники возделывания культур.

В подотчетный период был проведен анализ актуального плодородия земель Европейской части России на уровне административных районов. В качестве основной информации для проведения анализа использовались недельные композиты NDVI, полученные по данным MODIS за период с 2000 по 2010 годы. Сезонные максимумы NDVI были осреднены для пахотных угодий в каждом административном районе. Далее было проведено ранжирование районов по величине осредненного сезонного максимума вегетационного индекса, а также был проведен анализ вариабельности величины осредненного сезонного максимума NDVI. Полученные результаты представлены на рис. 16.9.1. и 16.9.2.

Полученные данные позволяют получить объективную оценку актуального плодородия пахотных земель региона. Сопоставление полученных данных с оценками, получаемыми на основе анализа чисто почвенных данных, позволит в дальнейшем получить информацию о роли антропогенного фактора в варьировании плодородия земель. Кроме того, полученные данные могут быть интерпретированы с точки зрения интенсивности круговорота основных химических элементов в почве.

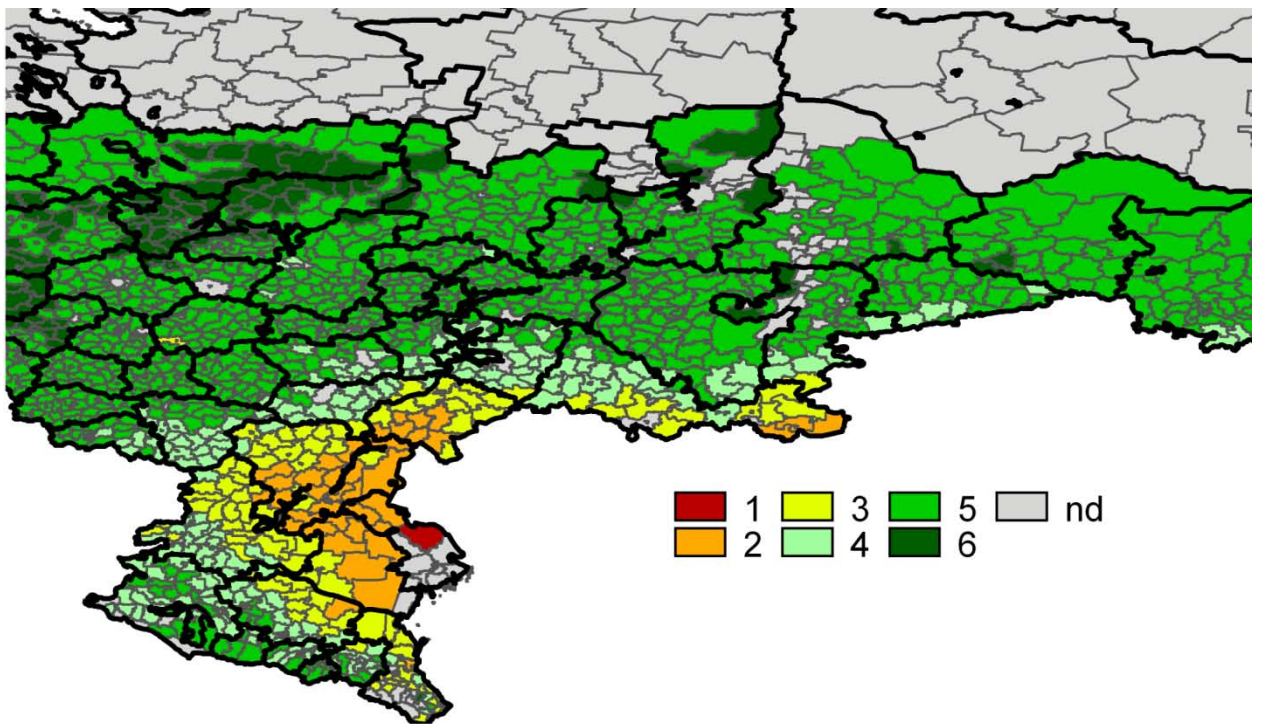


Рис.16.9.1 Классы уровня актуального плодородия земель (от 1 – самый низкий до 6 – самый высокий)

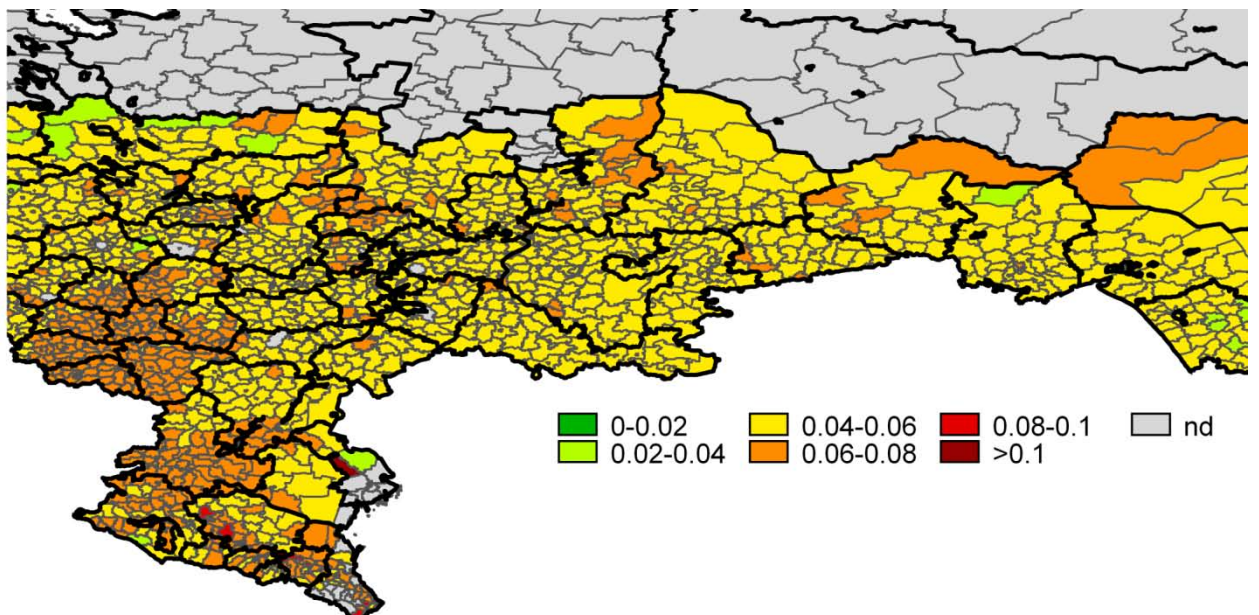


Рис.16.9.2. Вариабельность уровня актуального плодородия земель (стандартное отклонение)

16.10 Разработка научно-методических основ и проведение оперативного спутникового мониторинга загрязнений акваторий Черного, Балтийского и Каспийских морей.

Отв. исп. к.ф-м.н. Лаврова О.Ю.В.

В рамках ряда российских и международных научных и коммерческих проектов объединенный коллектив специалистов в различных областях дистанционного зондирования океанов и морей из космоса ИКИ РАН, ИО РАН им. П.П. Ширшова, Геофизического центра РАН и МГИ НАНУ разработали эффективный комплексный

(мультисенсорный и междисциплинарный) подход к оперативному спутниковому мониторингу нефтяного загрязнения морей России. Впервые такой подход был осуществлен для района юго-восточной Балтики, где в 2004-2005 гг. по контракту с ООО «Лукойл-Калининградморнефть» была фактически создана служба мониторинга нефтяного загрязнения, которая работала в оперативном режиме круглосуточно в течение 18 месяцев. В 2010 году аналогичный комплексный подход был применен к Азово-Черноморскому бассейну, Балтийскому и Каспийскому морю.

Основными задачами мониторинга являлись:

1. Обнаружение и идентификация антропогенных загрязнений.
2. Выявление вероятных источников загрязнения.
3. Прогноз направления и скорости дрейфа обнаруженных загрязнений.
4. Систематизация и архивация комплексной информации об экологическом состоянии вод и гидрометеорологических условиях.

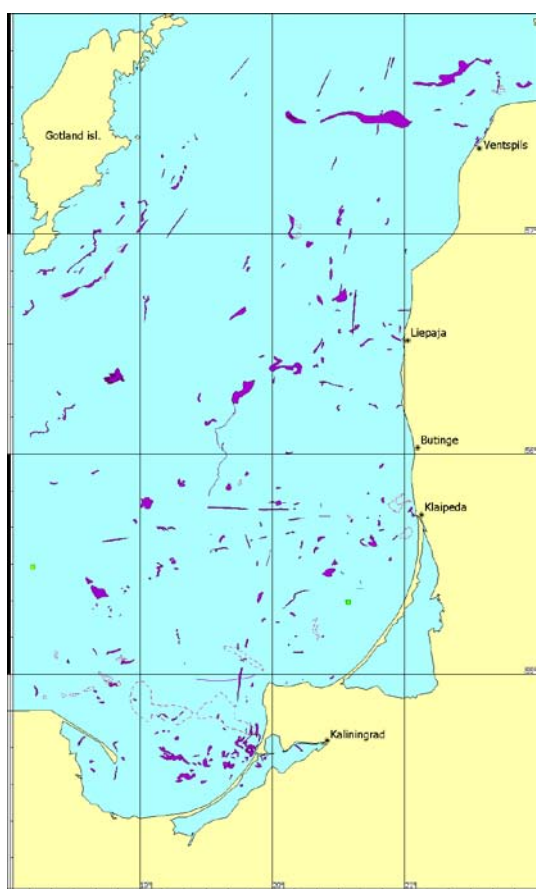
Оперативный спутниковый мониторинг базируется на данных спутниковой радиолокации, получаемых с помощью радиолокаторов с синтезированной апертурой ИСЗ Envisat ASAR и ERS-2 SAR, принадлежащих Европейскому космическому агентству. Радиолокационные изображения (РЛИ) посредством Internet-технологий поступают с ftp трех европейских станций приема и первичной обработки данных ESRIN, MATERA и KIRUNA в режиме времени, близком к реальному. Для радиолокационных данных, охватывающих акватории Черного и Азовского морей, обеспечен автоматический режим приема. Пространственное разрешение РЛИ составляет 25 – 150 м.

Для корректной интерпретации радиолокационных изображений, распознавания образов, отличия снимков естественного происхождения от нефтяного, и оценки скорости и направления дрейфа нефтяных пятен ежедневно собиралась и анализировалась обширная гидрометеорологическая информация из различных источников. Кроме того, использовались данные скаттерометра QuikSCAT и альтиметра JASON-1 для получения информации о скорости приводного ветра и высоте ветровых волн непосредственно на акватории моря.

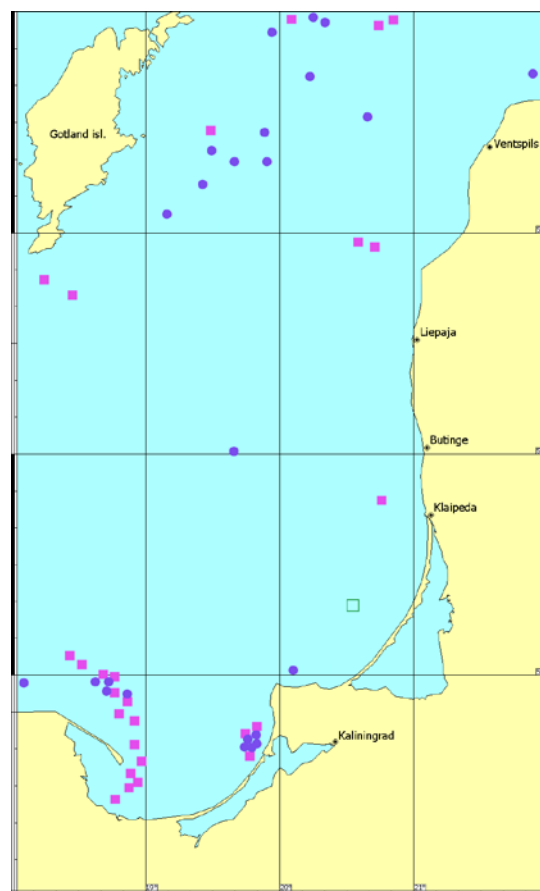
Также для интерпретации радиолокационных изображений и прогноза дрейфа нефтяных пятен был организован прием, обработка и анализ всех информативных (безоблачных) инфракрасных (ИК) и оптических изображений со всех пролетов спутников серии NOAA, а также Terra и Aqua (MODIS). Пространственное разрешение этой информации составляет 250 м – 1 км. Эти данные обрабатывались и на их основе строились карты температуры поверхности моря (ТПМ), оптических характеристик поверхности моря и поверхностных течений. Карты ТПМ, взвеси, концентрации хлорофилла и цветения вод (высокая концентрация сине-зеленых водорослей в поверхностном слое в летний период) позволили выявить особенности мезо- и мелкомасштабной структуры и динамики вод, такие как: течения, вихри, диполи и мультиполю, струи, филаменты, речные плюмы и вытоки из заливов. Последовательность ежедневных ИК и оптических изображений MODIS позволила реконструировать реальные поля поверхностных течений (направление и скорость) с разрешением 0.25-1 км, что чрезвычайно важно для прогноза направления и скорости дрейфа нефтяных пятен. Комбинация радиолокационных изображений ASAR ENVISAT и изображений MODIS позволила прогнозировать перенос загрязнений мезомасштабными течениями.

Проведенный в 2010 году мониторинг антропогенных загрязнений морской поверхности позволил выявить районы основных загрязнений и провести сравнение современного состояния с предыдущими годами. Основные источники загрязнений остаются прежними: несанкционированный сброс с судов нефтепродуктов и вынос

загрязненных вод реками. Отмечено значительное снижение случаев антропогенного загрязнения в Балтийском море, что вызвано, прежде всего, пристальным вниманием к данной проблеме всех балтийских государств, проводящих постоянный мониторинг загрязнений.

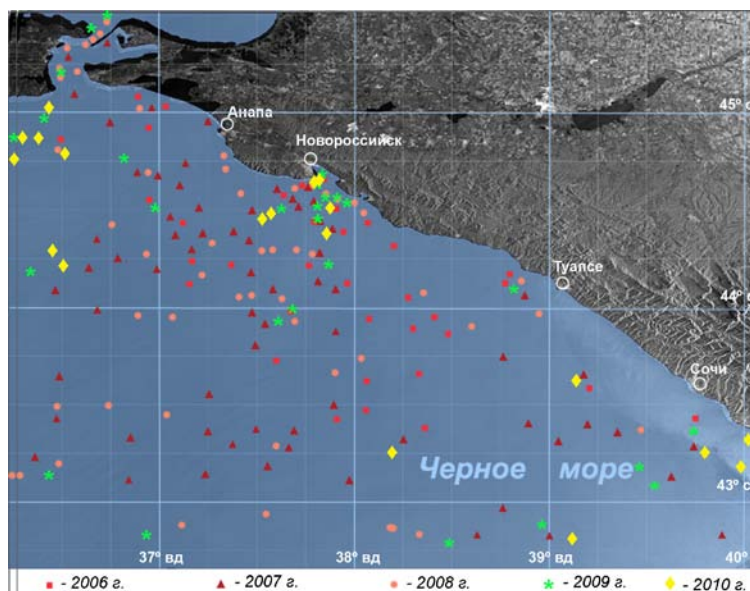


а)



б)

Обобщенные карты-схемы всех нефтяных пятен, обнаруженных в результате анализа РЛИ: а) с июня 2004 г. по ноябрь 2005 г.; б) с января 2009 по август 2010. Кружочки – 2009 г., квадратики – 2010. Зеленый квадратик – нефтедобывающая платформа Д-6

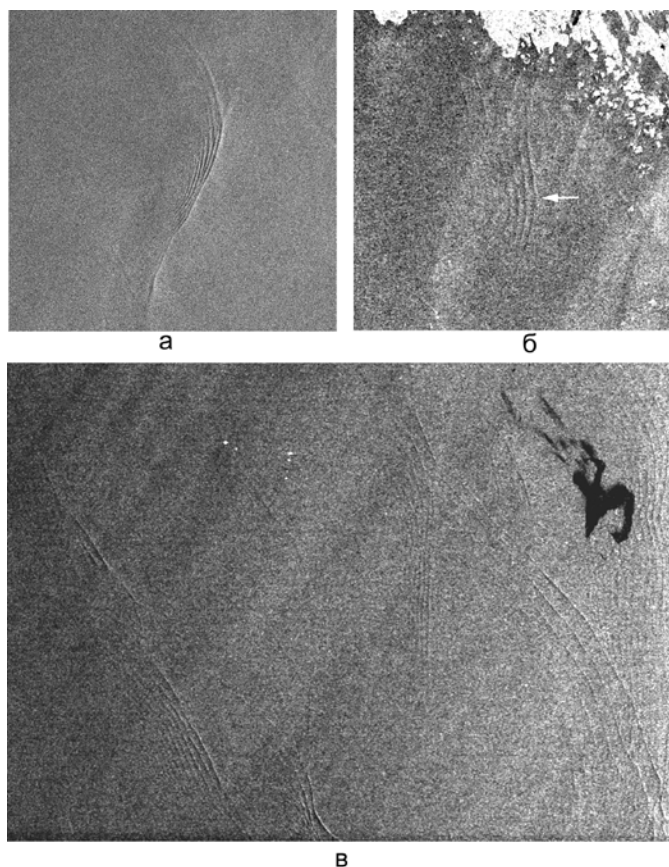


Обобщенная карта-схема значительных нефтяных загрязнений российского сектора Черного моря, составленная на основе дешифрирования данных спутниковой радиолокации высокого разрешения, полученных в 2006 – 2010 гг.

16.11 Теоретические исследования и спутниковый мониторинг процессов и явлений в верхнем слое океана и в приповерхностной атмосфере.

Отв. исп. к.ф-м.н. Лаврова О.Ю.В.

С целью дальнейшего изучения процессов, происходящих в верхнем слое океана и в приповерхностной атмосфере, в 2010 году был продолжен, начатый в 2009 году, мониторинг акваторий Черного, Балтийского и Каспийского морей. Регулярные и оперативные наблюдения одних и тех же районов всеми доступными сенсорами космического базирования предоставляют возможность всестороннего изучения характерных процессов и явлений, выявления взаимосвязей между ними, закономерностей и особенностей их возникновения и развития. Основное внимание уделялось трем основным процессам. Первая задача состояла в детальном изучении внутренних волн в бесприливных морях, определению районов их наиболее частых поверхностных проявлений, определение источников их генерации. Выявлены характерные особенности поверхностных проявлений внутренних волн в каждом из районов наблюдений. (См. настоящий отчет, тема «Океан»).

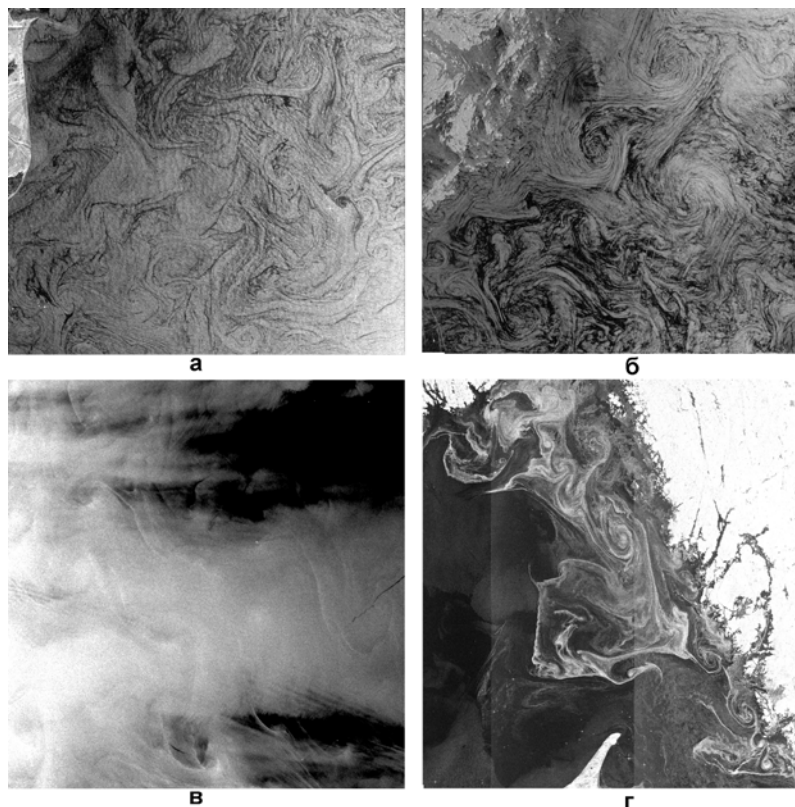


Поверхностные проявления внутренних волн в морях без приливов.

- а) Цуг внутренних волн в районе Севастополя. Фрагмент РЛИ ASAR Envisat IMP VV, полученного 07.08.2009 в 08:05UTC с разрешением 12,5 м.
- б) Внутренние волны в южной части Ботнического залива. Фрагмент РЛИ ASAR Envisat WSM HH, полученного 24.07.2010 в 09:07 UTC с разрешением 75 м.
- в) многочисленные цуги внутренних волн в Среднем Каспии в районе Красноводского залива. Фрагмент РЛИ ASAR Envisat WSM HH, полученного 13.07.2010 в 06:39 UTC с разрешением 75 м (© ESA)

Особое внимание уделялось выработке методики различения поверхностных проявлений внутренних волн в атмосфере и океане, поскольку их радиолокационные образы схожи.

Вторая важная задача, которая решалась на основе данных спутникового мониторинга, это исследование мелкомасштабных вихрей и их тонкой пространственной структуры. Выявлены три основных механизма проявления мелкомасштабных вихрей на РЛИ: сликовый, сдвигово-волной и «ледовый» механизмы. С целью более детального изучения мелкомасштабных вихревых структур, данные спутниковой радиолокации анализировались совместно с данными в оптическом и ИК диапазонах. Проводилось сравнение температурных контрастов в вихрях с радиолокационными, проявление вихревых структур в оптике в период бурного цветения со сликовыми полосами. (См. настоящий отчет, тема «Океан»). Большой архив данных, накопленных в течение 1999-2010 гг. и полученных над различными районами Черного, Балтийского и Каспийского морей позволили оценить вклад различных факторов в механизмы генерации субмезомасштабных вихрей, а также выявить особенности пространственного распределения вихрей в различных акваториях. Высказано предположение, что атмосферные и гидрологические фронты, а также неустойчивость течений играют значительную роль при образовании мелкомасштабных вихрей.



Проявление мелкомасштабных вихрей на радиолокационных изображениях.

За счет «сликового» механизма в период активного цветения водорослей: а) у дельты Дуная (фрагмент ASAR Envisat WSM VV от 29.08.2009); б) севернее о. Готланд (фрагмент SAR ERS-2 IMM VV от 21.06.2009); в) за счет «сдвигово-волнового» механизма.

Центральная часть Черного моря южнее о. Крым (фрагмент ASAR Envisat IMM VV от 24.03.2010); г) за счет «ледового» механизма. Пролив Каттегат (фрагмент ASAR Envisat WSM HH от 26.01.2010). Все представленные на рисунке РЛИ имеют разрешение 75 м. (© ESA)

Третья задача – мониторинг ледового покрова в Балтийском, Азовском морях и в северной части Каспийского моря. Уже в конце декабря 2009 г. замерзли практически все заливы Балтийского моря, в феврале возникли серьезные проблемы с судоходством в этих районах. Паромное сообщение между Швецией, Финляндией и Эстонией было нарушено. Лед держался в заливах (Рижском, Куршском, Калининградском) до конца апреля 2010 г., а северной части Ботнического залива сохранялся до двадцатых чисел мая.

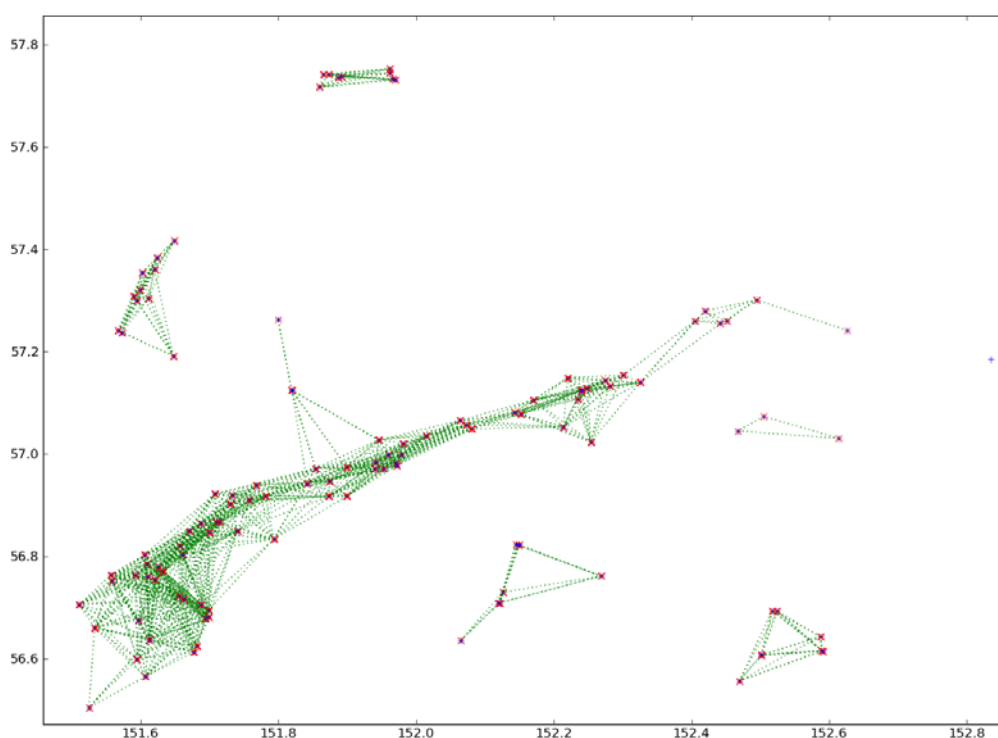
Впервые ледостойкая нефтедобывающая платформа Д-6, расположенная в юго-восточной части Балтийского моря, оказалась во льдах, что ни разу не наблюдалось во время проведения мониторинга в 2004-2005 году. Определенные по РЛИ границы льдов и его классификация сравнивались с ледовыми картами, выставляемыми Шведским метеорологическим и гидрологическим институтом (SMHI) на сайте http://www.smhi.se/oceanografi/iceservice/is_prod_en.php. Это дало возможность продвинуться в вопросе классификации льдов на РЛИ.

16.12 Разработка методов и технологий объективного дистанционного контроля рыболовного промысла.

Отв. исп. к.ф.-м.н. Пырков В.Н.

По этой тематике в 2010 году были выполнены следующие работы:

Проведен предварительный анализ возможного использования технологий SatAIS для мониторинга судов рыболовного флота. Были проведены количественные оценки возможных процессов обмена информацией между судами рыболовного флота по протоколу SOTDMA, используемому транспондерами АИС. Для оценок использовались реальные данные о позициях судов, накопленные в базе данных отраслевой системы мониторинга Росрыболовства. Оценки показали, что в большинстве случаев (70%), в момент передачи сообщения о текущей позиции в центр мониторинга, рядом находится минимум еще одно судно, зарегистрированное в системе мониторинга, что позволит реализовать принципиально новую возможность взаимного контроля судов. На рисунке показано пространственное распределение судов в акватории Охотского моря, интерполированное на определенный момент времени.



Продолжены работы, начатые в предыдущем году по теме: «Организация обмена информацией между территориальными управлениями Росрыболовства о выданных разрешениях на добычу (вылов) водных биологических ресурсов на базе отраслевой системы мониторинга водных биологических ресурсов, наблюдения и контроля за деятельностью промысловых судов».

Выполнены работы по следующим темам:

- - "Разработка информационных технологий для системы сбора и обработки данных по учету добычи (вылова) водных биоресурсов во внутренних водах Российской Федерации, за исключением внутренних морских вод Российской Федерации"
- - «Создание резервного информационного узла отраслевой системы мониторинга водных биологических ресурсов, наблюдения и контроля за деятельностью промысловых судов»

на базе Владивостокского территориального отдела Восточного филиала федерального государственного учреждения «Центр системы мониторинга рыболовства и связи»».

- «Разработка программного обеспечения интеграции государственного рыбохозяйственного реестра с отраслевой системой мониторинга»

В рамках долгосрочных контрактов с ФГУ «ЦСМС» Росрыболовства осуществляются работы по поддержке отраслевой системы мониторинга.

16.13 Разработка технологий дистанционного мониторинга энерговыделения (в том числе энергопотерь).

Отв. исп. д.т.н. Лупян Е.А.

По данному направлению в 2010 году были выполнены следующие основные работы:

- Совместно с НИИЦЭБ РАН для совета РАН «Космические технологии» разработаны предложения «Разработка технологий объективного мониторинга энерговыделения», в котором проанализированы текущие возможности технологий дистанционного мониторинга и создания на их основе методов и технологий объективного дистанционного контроля энерговыделений различных антропогенных объектов;
- Совместно с ФГУ «Авиалесоохрана» продолжено формирование БД объектов с повышенным тепловыделением («устойчивых огней») на территории России (буровые вышки, ТЭЦ, крупные промышленные предприятия и т.д.). Пример распределения «устойчивых огней» на территории Западной Сибири приведен на рис. 16.13.1

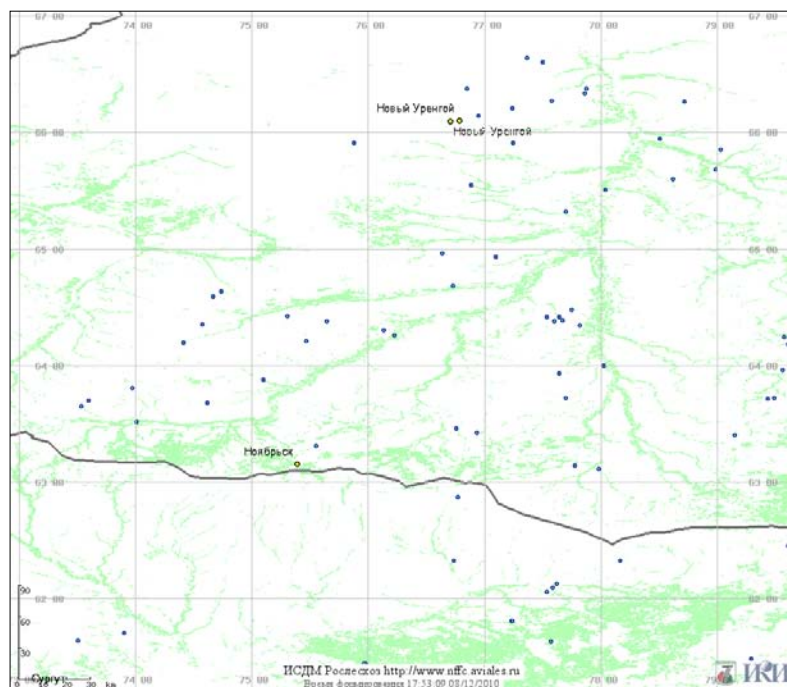


Рис.16.13.1 Пример распределения «устойчивых огней» на территории Западной Сибири

16.14 Спутниковый мониторинг глобального тропического циклогенеза как необходимого элемента циркуляционной системы океан-атмосфера, обуславливающего климатическое равновесие на планете.

Отв. исп. д.т.н. **д.ф.м.н., профессор Шарков Е.А.**

В соответствии с основной концепцией о роли глобального тропического циклогенеза как необходимого элемента при формировании достаточно равновесного парникового эффекта в системе океан-атмосфера Земли, предложенного профессором Шарковым Е.А. в 2008г., научно-исследовательские работы, выполненные в 2010г. по данному пункту в отделе 55, были направлены на разработку программного обеспечения с целью автоматизации специфических и впервые выполняемых процедур обработки спутниковой информации. При этом были получены следующие результаты:

- (1) сформирована электронная база данных “Глобал_ТЦ” первичных, развитых и пост-тайфунных форм атмосферных катастроф (тропических циклонов) во всех циклогенерирующих акваториях Мирового океана за 2009гг. при помощи специального объектового анализа (препроцессинга), систематизации и архивации первичной информации по состоянию тропической зоны, регулярно (ежесуточно) получаемой в течение всего периода наблюдения по системе Internet по данным спутникового мониторинга;
- (2) сформирована постоянно пополняемая база данных космической радиотепловой информации Глобал-РТ, поставляемой в рамках программы DMSP за 2009 и половину 2010г. с включением электронной коллекции сформированных по специальной методике глобальных радиотепловых полей Global-Field по данным микроволновых приборов SSM/I;

- (3) с помощью программного обеспечения ENVI 4.3 и Microsoft Visual Studio 2008 разработан первый вариант базы данных EVA-00 с элементами объектно-реляционных технологий, которая включает в себя дистанционную спутниковую информацию о двух стохастических процессах, обладающих принципиально различными пространственно-временными масштабными и структурными характеристиками. Первый процесс – тропический циклогенез рассматривается как стохастический набор случайных событий (объектов) – тропических циклонов, и второй – как пространственное глобальное поле интегрального водяного пара со значительной пространственно-временной вариабельностью за 2001 год. Экспериментально представлена связь областей водяного пара повышенной концентрации и генезиса тропических циклонов, которая стала очевидной только при применении объектно-реляционных технологий. При всех достоинствах баз данных Глобал-ТЦ и Global-Fields их использование для проведения аналитических исследований и использования этих данных в автоматическом режиме не достаточно эффективно. Несомненным лидером в обработке и хранении такого сорта информации будут являться технологии реляционных баз данных. В ближайшее время планируется принципиальное улучшение БД EVA-00 и перевод информации о тропическом циклогенезе в реляционную модель данных. Работа поддержана РФФИ в рамках проекта N 09-05-01019-а.
- (4) по результатам анализа продуктов наблюдательных спутниковых данных, предоставляемых на открытых сайтах организаций США, впервые показано, что эффективным каналом перекачки энергии скрытой теплоты из тропиков в средние широты является область водяного пара повышенной интегральной концентрации, захваченной каждым из циклонов из тропической зоны и сохраненной им на протяжении всего этапа его эволюции при помощи джетового спирального «моста» (эффект «выброса»). Принципиально новым результатом является оценка скрытой энергии центральной экваториальной зоны водяного пара во внутритропической зоне конвергенции Индийского и Тихого океанов (Южное полушарие), а также обнаружение вариаций скрытой теплоты, связанной с выбросом в высокие широты множественным циклогенезом связанных областей водяного пара, что, собственно говоря, и является необходимым элементом при формировании достаточно равновесного парникового эффекта в системе океан-атмосфера Земли. Оценка энергосодержания скрытой теплоты материнской экваториальной зоны ВЗК (Южное полушарие в январе-марте) составляет около 10^{23} Дж с временными суточными вариациями около 1 процента. Оценка энергопереноса скрытой теплоты одним ТЦ (или ТВ) из материнского поля составляет от 0,1 до 1 процента от общей энергии материнского поля. Восстановление глобального материнского поля интегрального водяного пара происходит механизмами широтного переноса (западный перенос в тропиках) за срок порядка суток.

Работа по настоящему пункту выполнена при поддержке РФФИ, проект № 09-05-01019-а

16.15. Программа фундаментальных исследований Президиума РАН «Биологическое разнообразие». Подпрограмма «Разнообразие и мониторинг лесных экосистем России» Проект "Развитие автоматизированной технологии динамического картографирования наземных экосистем Северной Евразии на основе временных серий спутниковых данных"

Отв. исп. д.т.н. Барталев С.А.

В 2010 г. проводились работы по созданию временной серии карт растительности России. Для этого применялся разработанный в ИКИ РАН программный комплекс

локально-адаптивной классификации, позволяющий автоматически выполнять распознавание типов земного покрова по данным спутниковых наблюдений с использованием обучающих данных. Создание временной серии карт потребовало дополнительных методических разработок, включая актуализацию обучающих данных и согласование получаемых результатов классификации в рамках временной серии.

Разработанная методика актуализации обучающих данных предназначена для приведения эталонной выборки в соответствие со спутниковыми данными в условиях меняющегося растительного покрова. В частности, была создана методика автоматического исключения из набора обучающих данных участков интенсивных изменений, таких как лесные пожары и вырубки. Кроме того, была разработана технология дополнения набора обучающих данных за счет использования стабильно и достоверно распознаваемых участков в качестве эталонов для определения спектрально-отражательных характеристик растительности.

Новые методические разработки также были связаны с повышением согласованности карт временной серии. Для этого было внесено усовершенствование в алгоритм локально-адаптивной классификации, позволяющее разграничивать допустимые (значимых) и недопустимые (обусловленных шумом спутниковых данных) переходы между классами растительности. Множество возможных переходов между классами было определено в форме матрицы переходов. Модифицированный алгоритм локально-адаптивной классификации использует одну из карт серии в качестве базовой. Ее содержание учитывается при классификации спутниковых данных за другие сроки, при этом значения функции правдоподобия вычисляются лишь для классов, входящих в допустимые комбинации согласно матрице переходов.

На основе данных спутниковых наблюдений Terra-MODIS дополнительно к карте растительности России 2005 г. были созданы карты за 2000 и 2010 годы (рис. 16.15.1).

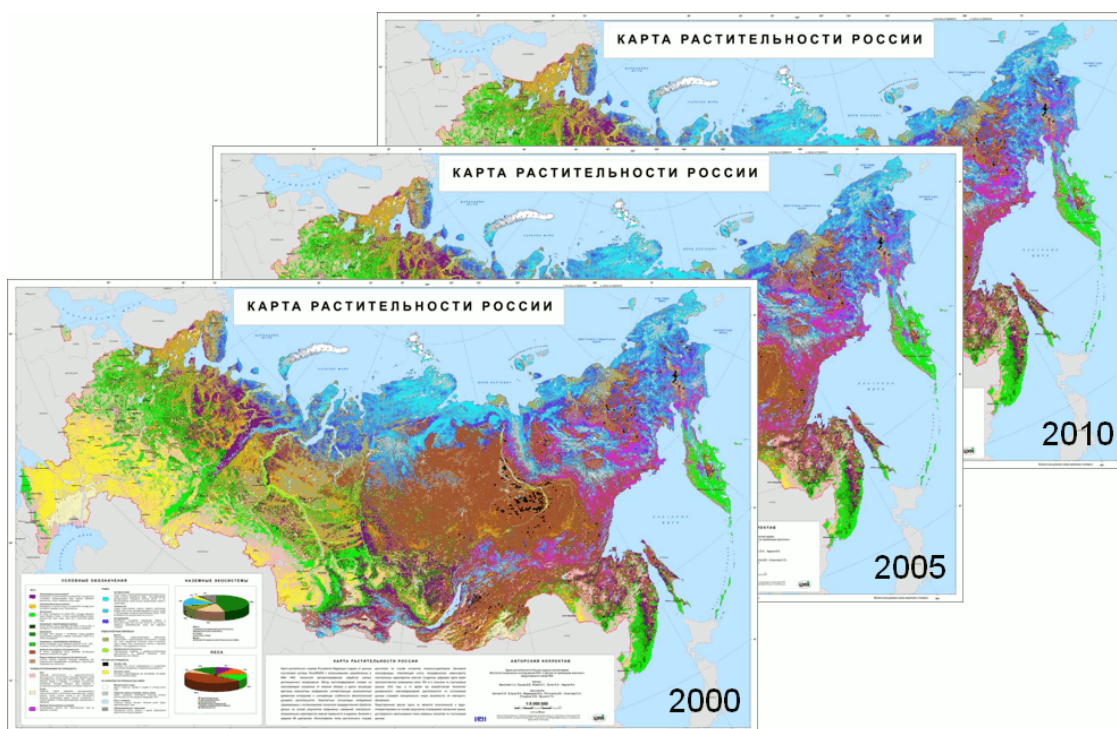


Рис. 16.15.1 Полученная по спутниковым данным MODIS временная серия карт растительного покрова России

Анализ результатов классификации данных спутниковых наблюдений, полученных в рамках временной серии, показал достаточно высокую устойчивость результатов и подтвердил возможность использования технологии обучаемой локально-адаптивной классификации с помощью алгоритма LAGMA для ежегодного обновления карты растительного покрова. Анализ частоты переходов между классами растительности продемонстрировал устойчивую корреляцию между частотой переходов и схожестью спектрально-отражательных характеристик близких классов растительности.

На основе карт 2000 и 2010 гг. с помощью ГИС-анализа была создана карта динамики лесного покрова, определяющая участки снижения и прироста покрытой лесом площади. Участки наиболее значительных изменений связаны с гибелью лесов от пожаров. Совместный анализ карт временной серии позволяет наблюдать процессы замещения типов земного покрова, в том числе, замещение пикселей лесных классов пикселями класса гарей в первые годы после возникновения пожара, а также замещение пикселей класса гарей пикселями класса травянистой растительности в последующий временной интервал (рис. 16.15.2).

Ведется разработка многолетней базы данных состояния растительного покрова России с 2000 по 2010 г, характеризующей стабильные участки поверхности, а также классифицирующей динамику растительности в соответствии с наблюдаемым характером изменений.

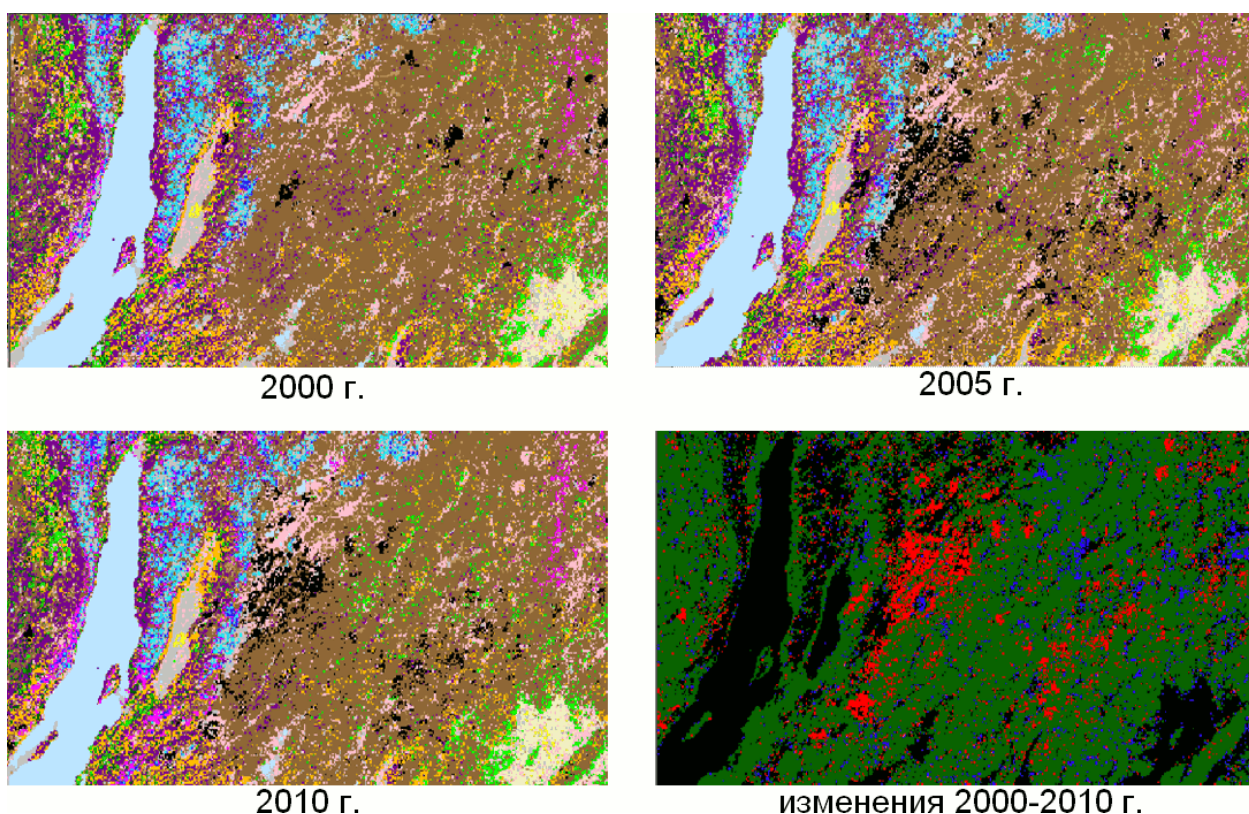


Рис. 16.15. 2 Выявленные на основе анализа временной серии карт растительного покрова изменения в лесах Забайкалья в период с 2000 по 2010 г.