

ОРГАНИЗАЦИЯ ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ СПУТНИКОВОГО МОНИТОРИНГА ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

А.А. Галеев¹, А.А. Прошин¹, Д.В. Ершов², С.А. Тащилин³,
А.А. Мазуров¹, Е.А. Лупян¹

¹Институт космических исследований РАН,
117997 Москва, Профсоюзная 84/32
E-mails: info@smis.iki.rssi.ru;

²Центр Экологии и Продуктивности Лесов РАН
117810 Москва, Профсоюзная ул. 84./32
E-mails: postmaster@spepl.msk.su;

³Институт Солнечно-Земной Физики СО РАН
Иркутск, ул. Лермонтова 126
E-mails: uzel@iszf.irk.ru;

Информационная Система Дистанционного Мониторинга «Рослесхоз» (ИСДМ «Рослесхоз») [1-3] разрабатывается в интересах службы авиационной охраны лесов России «Авиалесоохрана» и предназначена для решения целого комплекса задач, связанных с мониторингом лесных пожаров. Наиболее важными задачами являются: оценка пожароопасности, обнаружение очагов лесных пожаров, контроль динамики их развития и оценка последствий лесных пожаров. Для решения поставленных задач в системе сегодня используется целый спектр различных источников информации, в том числе данные спутникового мониторинга, наземные и авиационные наблюдения, данные грозопеленгации и метеоинформация.

В настоящее время в рамках ИСДМ «Рослесхоз» функционирует около десяти информационных центров, в которых осуществляется прием, обработка и архивация спутниковых данных. В каждом из центров установлен сервер, отвечающий за управление процессами обработки спутниковых данных, их архивацию и обеспечение к ним доступа, и несколько рабочих станций, предназначенных для обработки спутниковых данных. Для мониторинга лесных пожаров используются данные спутников серии NOAA (прибор AVHRR) и спутников TERRA и AQUA (прибор MODIS). При этом спутниковые данные применяются как непосредственно для детектирования горячих точек, соответствующих очагам лесных пожаров, так и для получения различных типов снимков, позволяющих визуально оценить ситуацию в районе пожара, в частности, посмотреть облачность, гари и дымы.

Система информационных серверов предназначена для обеспечения оперативного доступа к данным спутникового мониторинга лесных пожаров. В рамках этой системы реализовано два основных механизма организации доступа к данным – интерактивный доступ к данным с использованием WEB интерфейсов, установленных на серверах в информационных центрах и автоматическая рассылка и обновление данных для пользователей локальных рабочих мест, на которых установлены средства для работы с получаемой информацией, в частности ГИС. Использование локальных рабочих мест позволяет обеспечить данными пользователей с плохими каналами связи за счет предоставления им только необходимого подмножества данных.

Для организации хранения данных спутникового мониторинга лесных пожаров в ИКИ РАН в сотрудничестве с ЦЭПЛ РАН и ИСЗФ СО РАН была разработана специализированная распределенная система хранения. Наряду со спутниковыми данными она сегодня обеспечивает работу с данными грозопеленгации, предоставляемыми НТЦ «Инфокомплекс», информацией о метеоусловиях, поступающей из Гидрометцентра РФ и информацией о крупных пожарах по данным службы «Авиалесоохрана». Данные грозопеленгации и метеоданные, в первую очередь, используются для оценки пожароопасности тех или иных территорий. Информация о крупных пожарах отражает соответствующую статистику службы «Авиалесоохрана».

Основными задачами системы хранения данных спутникового мониторинга лесных пожаров являются:

- архивация данных, поступающих из различных источников;
- обеспечение доступа к данным;
- организация информационного обмена.

Ниже приводятся решения этих задач, используемые при построении системы хранения данных спутникового мониторинга лесных пожаров. В заключении приводятся общие сведения о реализации системы хранения.

Архивация данных

В настоящее время в рамках рассматриваемой системы хранения в каждом информационном центре реализованы восемь автоматически пополняемых баз данных. То же самое относится и к локальным рабочим

местам, на которых установлены как пополняющиеся базы данных, так и средства доступа к ним. При этом данные для локального рабочего места поступают с одного из информационных центров (обычно наиболее близкого территориально).

Ниже приводится краткое описание реализованных баз данных. При этом основное внимание уделяется их назначению, содержанию и реализации пополнения данными.

База данных FIRE_PRODUCTS

База данных содержит спутниковые снимки и растровые информационные слои, относящиеся к регионам наблюдения, соответствующим авиабазам службы «Авиалесоохрана» или их частям. Изображения, содержащиеся в БД, позволяют визуально наблюдать горячие точки, детектированные на основе спутниковых данных, оценить различные факторы, влияющие на пожароопасность, и проследить динамику развития пожаров.

В настоящее время в БД реализовано хранение следующих типов изображений, относящихся к сеансам спутниковых данных: инфракрасные, цветосинтезированные, маски облачности, горячие точки. Эти изображения получают в результате тематической обработки данных спутников серии NOAA (прибор AVHRR) и спутников TERRA, AQUA (прибор MODIS). При этом, снимки, полученные на основе данных прибора AVHRR, имеют пространственное разрешение 1 км, а снимки, полученные по данным прибора MODIS, представлены как в разрешении 1 км, так и в более высоком разрешении – 250 метров. Для удобного просмотра данных высокого (250 метров) разрешения соответствующие изображения также хранятся для каждого из квадрантов регионов наблюдения.

Наряду с данными по сеансам в БД организовано хранение суточных информационных слоев: накопленные за сутки горячие точки по лесной и нелесной территории, гари за сезон на текущий момент, изображение гроз и ветров, а также крупных пожаров по данным службы «Авиалесоохрана». Эти слои получают на основе информации, полученной из соответствующих баз данных, используемых в ИСДМ МПР РФ: БД горячих точек FD_HOTSPOTS, БД метеоданных FD_METEO, БД крупных пожаров FD_BURNOUTS (перечисленные базы описаны ниже). Для каждого региона реализованы слои для просмотра спутниковых данных разрешения 1 км и 250 метров, а также изображения для разрешения 250 метров для каждого из квадрантов регионов наблюдения.

В базе данных FIRE_PRODUCTS содержится различная информация о регионах наблюдения: русское и английское названия, диапазон координат, параметры проекции и другие. Для отображения картографической информации в БД содержится следующий набор изображений: крупные, средние и мелкие города, карты лесов, полученные на основе данных спутника SPOT (прибор Vegetation), карты гарей за 2001, 2002, 2003 года, карты рек, карты границ авиабаз, карты дорог, карты линий электропередач, карты регионов РФ. Все карты представлены в двух разрешениях 1 км и 250 метров, а карты высокого разрешения также представлены для каждого из квадрантов регионов наблюдения.

База данных, в первую очередь, пополняется данными, полученными на основе данных, принятых в информационном центре, в котором она установлена.

База данных CLOUD_PRODUCTS

Основное назначение базы данных – хранение композитов облачности по зоне видимости локальной станции приема спутниковых данных и по территории всей России, полученных отдельно на основе данных спутников серии NOAA (прибор AVHRR) и данных спутников TERRA, AQUA (прибор MODIS). Реализовано хранение черно-белых изображений облачности, полученных по инфракрасным каналам, а также цветосинтезированных изображений, полученных с использованием видимых каналов.

Сначала в базу данных поступают отдельные каналы сеансов спутниковых данных, принятых как на локальной станции приема, так и на станциях, расположенных в других информационных центрах. При этом каналы спутниковых данных в каждый информационный центр приходят из всех остальных центров, в которых осуществляется прием соответствующих спутниковых данных. На основе полученных каналов в каждом из центров самостоятельно строятся композиты облачности по всей России. Такая схема устойчива к выходу из строя отдельных серверов данных. Однако, в настоящее время в этой схеме есть исключения, вызванные необходимостью уменьшения входящего трафика на отдельные сервера. В этом случае на сервер, для которого необходимо ограничить входящий трафик, не присылаются каналы спутниковых данных, а присылаются уже готовые композиты облачности по территории России. Композиты облачности по зоне видимости станции строятся на основе только локально принятых данных. Полученные композитные изображения также заносятся в базу данных. Отметим, что для минимизации трафика, на локальные рабочие места приходят только готовые композиты, с сервера, к которому они приписаны.

База данных содержит также различную статическую информацию: описания регионов наблюдения, соответствующих зоне видимости станций и региону «Вся Россия», а также различные картографические слои для каждого из регионов, используемые для визуализации информации.

База данных NOAA TLM

База данных предназначена для ведения каталога принятой телеметрии спутников серии NOAA. В ней содержатся файлы телеметрии в формате 11f и соответствующие им обзорные снимки. По истечении 10 дней с момента приема сами файлы телеметрии удаляются из архива. Важным применением базы данных является использование хранимой в ней исходной телеметрии для проведения ручной коррекции детектированных хотспотов. В целом, БД носит вспомогательный характер, так как данные из нее не могут быть непосредственно использованы для решения задач мониторинга лесных пожаров. В настоящее время база данных телеметрии NOAA независимо ведется в каждом из узлов, где осуществляется прием спутниковых данных.

База данных MODIS TLM

База данных предназначена для ведения каталога принятой телеметрии спутников TERRA и AQUA прибора MODIS. В ней содержатся файлы телеметрии с разрешением 250, 500 и 1000 метров и соответствующие сеансу обзорные снимки. Из-за большого размера файлы телеметрии хранятся только в течение трех дней. Важным применением базы данных является использование хранимой в ней исходной телеметрии для проведения ручной коррекции детектированных хотспотов. База данных носит вспомогательный характер и в каждом информационном центре ведется независимо.

База данных содержит описания принятых сеансов данных, файлы телеметрии в формате hdf и соответствующие сеансу обзорные снимки двух типов: построенные на основе инфракрасных каналов и построенные с использованием видимых каналов спутниковых данных.

База данных по пожарам FD_HOTSPOTS

База данных содержит информацию по горячим точкам (хотспотам), детектированным по данным спутников NOAA (прибор AVHRR) и спутников TERRA и AQUA (прибор MODIS). При этом, в базе данных хранятся как автоматически детектированные хотспоты, так и хотспоты, полученные в результате ручной коррекции.

На этапе ввода в базу данных хотспоты объединяются в пожары на основании критерия пространственной близости. При этом для каждого временного состояния пожара формируется соответствующий ему полигон. Таким образом, база данных содержит информацию о пожарах и динамике их развития. Также база данных содержит информацию о накопленном итоге для каждого пожара.

В БД хранятся следующие данные, полученные путем обработки спутниковых данных, собранных приборами AVHRR (спутники серии NOAA) и MODIS (спутники TERRA и AQUA):

- информация по спутниковым сеансам, данные которых были использованы для детектирования горячих точек;
- информация о детектированных горячих точках (хотспотах);
- информация о «пожарах в сеансах» - то есть областей из одного или более хотспотов из данного сеанса, объединенных по территориальному признаку;
- информация о пожарах и динамике их развития, получаемая на основе данных о «пожарах в сеансе»
- статистика по всем пожарам (в первую очередь их площадь)
- различная справочная информация, в том числе данные о типах территорий, центрах приема, операторах и т.п.

БД пополняется данными по хотспотам, приходящими из систем обработки спутниковых данных. Обычно это данные AVHRR и MODIS, принимаемые и обрабатываемые локально в каждом центре, а также обработанные данные по хотспотам MODIS с покрытием по всему земному шару, получаемые из University of Maryland (UMD).

База данных FD_METEO

База данных содержит данные о температуре воздуха, направлении и скорости ветра, температуре точки росы, наличии осадков, классе пожарной опасности и др. по более чем 1000 метеостанциям. Эти данные используются для построения суточных слоев: карты ветров, карт пожарной опасности в лесах, а также для непосредственного доступа к архиву погодных условий и информации о пожароопасности по каждой отдельной станции.

База данных содержит также вспомогательную информацию об источниках информации, метеостанциях (индекс, название, координаты, высота и т. п.) и об административных регионах.

В настоящее время данные для пополнения БД предоставляются Гидрометцентром России (Росгидрометом).

База данных FD_THUNDERS

База данных служит для хранения информации о грозах, приходящей из системы регистрации молниевых разрядов (СРМР). Данная информация используется для построения суточных слоев с нанесенными молниевыми разрядами.

В базе данных содержится следующая информация по молниевым разрядам: координаты разряда, время разряда, амплитуда разряда и знак (положительный или отрицательный) разряда. В БД также содержится вспомогательная информация об источниках данных.

Пополняется база данных на основе данных о грозовых разрядах, поступающих из НТЦ «Инфокомплекс».

База данных FD_BURNOUTS

База данных служит для хранения информации о крупных пожарах по данным Авиалесоохраны. Эти данные используются для построения суточных слоев с нанесенными крупными пожарами, а также для подготовки отчетной информации по крупным пожарам. В БД содержится информация о крупных лесных пожарах и о динамике их развития с начала пожароопасного сезона. Данные поступают из центральной базы (авиационной охраны лесов России) в городе Пушкино.

Обеспечение доступа к данным

В рамках рассматриваемой системы хранения доступ к данным реализован на основе специализированных WEB интерфейсов, установленных на серверах в информационных центрах системы ИСДМ «Рослесхоз». При этом пользователю системы предоставляются как интерфейсы для получения различных статистических отчетных форм, так и картографические интерфейсы, позволяющие просматривать спутниковые изображения с наложением различных информационных и картографических слоев. В качестве информационных слоев используются изображения с детектированными горячими точками, полигонами пожаров, грозами, обозначением ветра, крупными пожарами по данным службы «Авиалесоохрана» и другие. Используются также следующие картографические слои: населенные пункты, реки, линии электропередач, административные границы, границы авиабаз, карты лесов, изображения гарей за предыдущие года и другие. Для обеспечения доступа к данным из WEB интерфейса, для каждой базы данных реализована соответствующая библиотека доступа.

Система хранения данных спутникового мониторинга лесных пожаров предусматривает также доступ к данным на основе специализированного программного обеспечения ГИС, напрямую обращающегося к серверу баз данных. Для этой цели, в частности, используется ПО ForsGIS, разрабатываемое в рамках построения ИСДМ «Рослесхоз». Такое программное обеспечение устанавливается в организациях, в которых установлены информационные центры, а также на локальных рабочих местах.

Таким образом, можно выделить три уровня доступа к данным спутникового мониторинга лесных пожаров. Наиболее быстрый и полный доступ обеспечивается для пользователей федерального и региональных информационных центров. Использование локальных рабочих мест позволяет оперативно получать информацию по одному региону даже при относительно плохом канале связи. При этом, как и в первом случае, для доступа к данным могут использоваться как WEB интерфейс, так и специализированное ПО ГИС. Остальные пользователи могут получить доступ к данным только при помощи WEB интерфейса.

Организация информационного обмена

Рассмотрим основные информационные потоки в ИСДМ «Рослесхоз». Как уже отмечалось, в рамках реализованной системы в настоящее время функционирует около десяти центров приема, обработки и архивации спутниковых данных. Это позволяет получать по меньшей мере двукратное покрытие территории России и при выходе из строя одного из информационных центров (например при поломке станции приема), соответствующие данные могут быть получены с другого сервера.

Как уже отмечалось, в каждом из информационных серверов установлены восемь автоматически пополняемых баз данных. Часть баз данных пополняется целиком за счет информации, приходящей с центрального сервера в Москве. К таким базам данных относятся: БД крупных пожаров (fd_burnouts), БД грозовых разрядов (fd_thunders), БД метеоусловий (fd_meteo). Кроме этого, с центрального сервера поступает информация о детектированных горячих точках по данным MODIS, получаемая из университета Мэриленда.

Базы данных содержащие спутниковые изображения (noaatlm, modistlm, fire_products, cloud_products), а также БД детектированных пожаров (fd_hotspots), пополняются в основном данными, полученными с локальной станции приема. В случае, когда в центре принимаются не все необходимые типы спутниковых данных или станция приема по какой-то причине не функционирует, недостающие данные поступают из других информационных центров. При необходимости в информационный центр могут пере-

даваться данные, не входящие в зону покрытия станции приема. Как уже было описано выше, в каждый из центров передаются каналы изображений с сеансов для получения композитов облачности.

Для обеспечения работы локальных рабочих мест, на соответствующих им серверах производится выкладывание необходимого для них подмножества данных (как правило, предоставляются данные только по одному региону наблюдения). При запуске пополнения на локальном рабочем месте эти данные скачиваются с сервера и заносятся в БД.

Общие сведения о реализации системы хранения

Система хранения данных спутникового мониторинга лесных пожаров разработана на основе технологии построения автоматизированных систем хранения спутниковых данных, разработанной в ИКИ РАН [4,5]. Сервера в информационных центрах работают под управлением операционной системы FreeBSD, в качестве СУБД используется сервер MySQL, в качестве WWW сервера – Apache. Система пополнения баз данных реализована на языке программирования Perl с использованием пакета библиотек SDB (Satellite Data Base), разработанного в ИКИ РАН. Базы данных, содержащие спутниковые снимки (FIRE_PRODUCTS, CLOUD_PRODUCTS, NOAA_TLM и MODISTLM) реализованы на основе технологии FDB (File Data Base), разработанной в ИКИ РАН для хранения файлов в архивах. В рамках этой технологии все операции с таблицами, содержащими описания файлов данных, производятся при помощи специализированных утилит, обеспечивающих синхронизацию содержимого таблиц и файлового хранилища. Утилиты реализованы на языке программирования Си. При реализации системы пополнения базы данных FD_HOTSPOTS использовалась специализированная библиотека для работы с полигонами (General Polygon Clipper Library). Для контроля за функционированием систем пополнения баз данных используется разработанный в ИКИ РАН программный пакет PMS. Системы пополнения баз данных также адаптированы для работы в рамках локального рабочего места, когда база данных и интерфейсы доступа к данным расположены на одном компьютере под управлением операционной системы Windows.

Информационный обмен построен на основе использования программы DDS (Data Distribution System), разработанной в ИКИ РАН. Для передачи файлов данных используется протокол FTP. Соответствующее программное обеспечение установлено на каждом из серверов и позволяет унифицированным способом задать большое количество различных заданий на передачу файлов и контролировать успешность их выполнения.

Заключение

Описанная в настоящей статье система хранения данных спутникового мониторинга лесных пожаров продемонстрировала свою работоспособность в течение пожароопасного сезона 2004 года.

Литература

1. Д.В. Ершов, Г.Н. Коровин, Е.А. Лупян, А.А. Мазуров, С.А. Тацилин. Российская система спутникового мониторинга лесных пожаров. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Сборник научных статей Москва Полиграф сервис, 2004, с 47-57
2. Беляев А.И., Коровин Г.Н., Лупян Е.А. Использование спутниковых данных в системе дистанционного мониторинга лесных пожаров МПР РФ. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Настоящий сборник.
3. Беляев А.И., Ершов В.В., Лупян Е.А., Романюк Б.В., Сухинин А.И., Тацилин С.А. Национальная система сбора, обработки и анализа информации о природных пожарах и ее сопряжение с международными и региональными информационными сетями // Управление лесными пожарами на экорегиональном уровне Материалы международного научно-практического семинара (Хабаровск, Россия, 9-12 сентября 2003 г.). М.: Издательство «Алекс» 2004 с 156-166.
4. Е.А. Лупян, А.А. Мазуров, Р.Р. Назиров, А.А. Прошин, Е.В. Флитман Универсальная технология построения систем хранения спутниковых данных. // Препринт ИКИ РАН. Пр-2024. М. 2000. 22 с.
5. Лупян Е.А., Мазуров А.А., Назиров Р.Р., Прошин А.А., Флитман Е.В. Технология построения автоматизированных информационных систем сбора, обработки, хранения и распространения спутниковых данных для решения научных и прикладных задач. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Сборник научных статей Москва Полиграф сервис, 2004 с 81-89.