

УДК 504.064.36:504.064.37

ПОВЫШЕНИЕ ОПЕРАТИВНОСТИ И НАГЛЯДНОСТИ АНАЛИЗА ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ МОНИТОРИНГЕ

Родригес Залепинос Р.А., Аверин Г.В.

Донецкий национальный технический университет

Описаны новые методы и способы, которые позволяют: (а) организовать большие объемы данных дистанционного зондирования Земли различных форматов и ведомств в единую информационную систему; (б) обеспечить постоянный доступ ко всему имеющемуся объему данных в реальном времени и (в) выполнять интерактивную трехмерную визуализацию данных. Повышение оперативности и наглядности анализа больших объемы данных влечет за собой более эффективные решения в сфере экологической безопасности.

Введение

От оперативности и ясности данных, предоставляемых системами экологического мониторинга, напрямую зависит эффективность проводимых мероприятий по улучшению экологической обстановки. Данные дистанционного зондирования Земли предоставляют беспрецедентную возможность получать наборы экологических показателей с большим разрешением, достоверностью и частотой. На сегодняшний день их использование крайне ограничено по причине больших объемов этих данных и сложных форматов их хранения.

Разработанная система состоит из клиентской и серверной части, которые взаимодействуют друг с другом по Интернет. Клиентское приложение устанавливается на машину пользователя, а серверная часть системы функционирует на компьютерном кластере Донецкого национального технического университета (рис. 1).

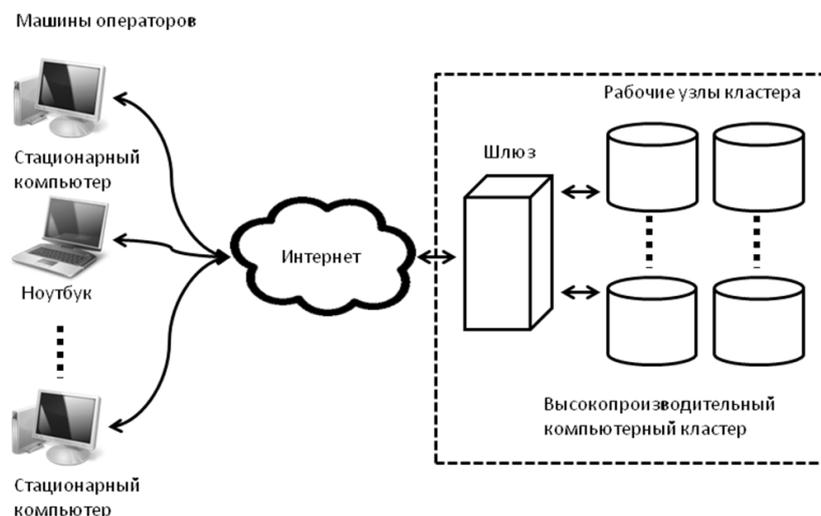


Рисунок 1. Общая схема системы

1 Данные

Основными данными, которые на сегодняшний день доступны в системе, являются MODIS L3 Атмосфера с разрешением $1^\circ \times 1^\circ$ для всей территории планеты и интервалом в один день с 2000 года по настоящее время [1]. Данные содержат в себе: для аэрозолей: типы, оптическую плотность, распределение по размерам примесей, концентрацию масс, оптические свойства и радиационную силу; для водяного пара: концентрацию и осадки; для облаков: физические и радиационные свойства, включая информацию о переходных фазах (лед – вода, облака – снег), радиус и дисперсность составных частиц облаков, оптическую плотность облаков, температуру их поверхностей, эффекты затенения облаками, высоту верхней области облаков, фазу облаков, долю облаков в дневное либо ночное время; количество и распределение озона над территорией.

2 Серверная часть

Сервер состоит из рабочих узлов компьютерного кластера и шлюза. Шлюз и узлы кластера объединены в локальную сеть. Клиенты устанавливают соединение со шлюзом через Интернет и иницируют запросы

Общая схема выполнения запроса следующая. При запуске, клиент автоматически устанавливает соединение. Запросы формируются в виде строки с SQL-подобным синтаксисом. Например, «SELECT DATA FROM r2.pressure.msl WHERE TIME = 01.01.2003 00:00» вернет регулярную широтно-долготную решетку давления на среднем уровне моря за 1 января 2003 года 00:00 часов.

Шлюз получает строку, разбирает ее, определяет рабочие узлы с данными, выбирает один из них и отправляет параметры запроса. Узел считывает данные с диска и асинхронно передает их на шлюз, который в свою очередь запаковывает их и отправляет клиенту. Клиент принимает данные и кэширует их для последующего использования. За один запрос может вернуться данные для одной решетки. Если необходимо несколько решеток, то нужно выполнить несколько запросов. При таком подходе система лучше масштабируется для большого количества клиентов.

Для тестирования системы в режиме повышенной нагрузки, выполнялись синтетически тесты. Для моделирования большого количества клиентов была разработана многопоточная программа. Каждый поток моделирует одного клиента. Шлюз, рабочие узлы и машины клиентов находились в одной 1 Гбит/с локальной сети. Шлюз содержит 8 GB оперативной памяти, Cent OS 6.0, Core i7 (8 ядер, 3.46 ГГц). Использовались 6 машин с Windows 7, 4 GB ОП, Intel Core Quad 2 (2.66 ГГц) - четыре для клиентов, на двух рабочих узлах виртуальные машины (Ubuntu 10.04, 1GB ОП и 1 ядро). Рабочие узлы были заполнены ранее описанными данными. Для обработки запросов от клиентов на шлюзе было запущено 64 потока и по 32 на рабочих узлах.

На клиентских машинах запускалось 512 потоков, что, в общем, составляет 2048 клиентов. Каждый поток случайным образом выбирает тип данных и время, для которого составляет запрос и иницирует его выполнение. Поток генерирует запросы непрерывно, один за другим. Следующий запрос не генерируется, пока не получен результат выполнения предыдущего запроса. Моделирующие программы работали в таком режиме в течении 5 минут. За это время система успела ответить на 66282

запроса, т.е. 220 запросов в секунду. В реальной ситуации это значение может быть еще выше, поскольку большинство времени для выполнения запроса расходуется на клиенте из-за задержек, связанных с большим числом потоков. Статистика приведена для всех этапов выполнения запроса, начиная от генерации строки, передачи данных до его распаковки на стороне клиента.

3 Клиентская часть

Важность эффективной визуализации для понимания данных трудно переоценить. Она предоставляет гораздо больше информации, чем просто текст либо числа. Трехмерная визуализация данных дистанционного зондирования Земли на цифровой модели планеты позволяет лучше понять географический контекст исследуемых данных.

По значениям в узлах регулярной широтно-долготной решетки выполняется визуализация трех видов. Исходные данные отображаются в виде кружков в узлах решетки, размер и цвет которых пропорциональны значениям данных, трехмерная поверхность и изолинии (рис. 2).

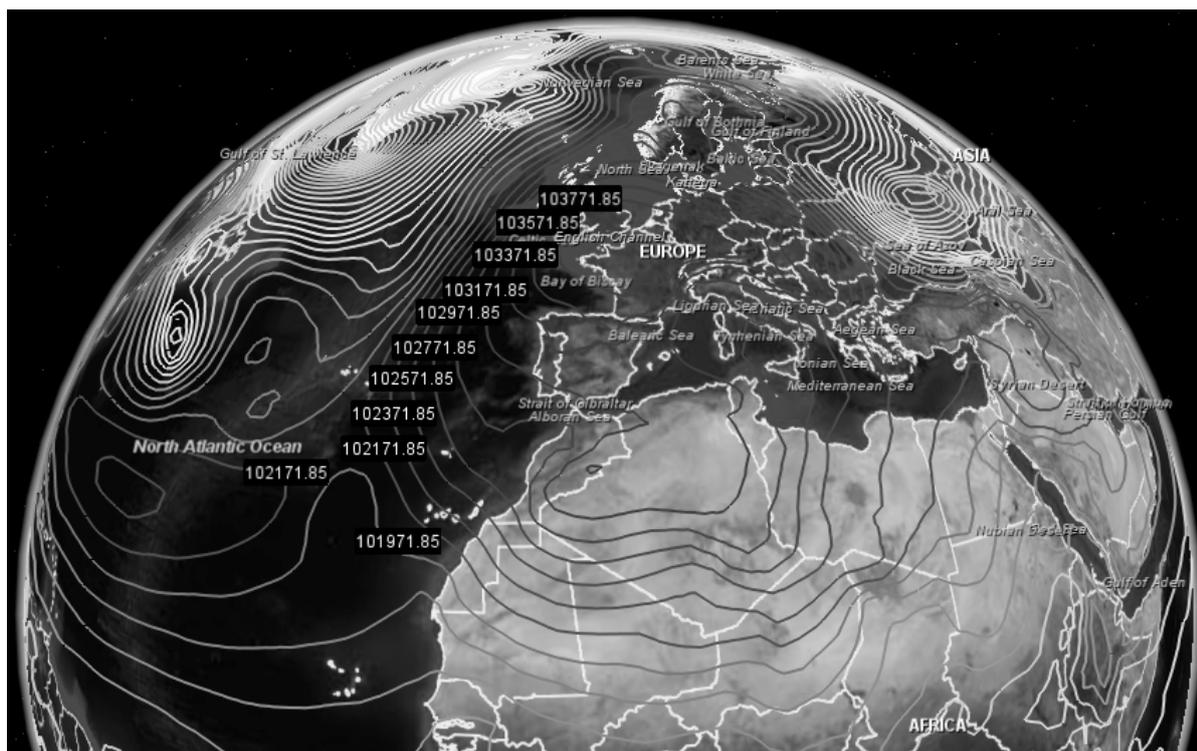


Рисунок 2. Изобары, построенные по данным повторного анализа ERA-Interim

Многие типы географических данных моделируются либо интерполируются на регулярную широтно-долготную решетку. Изолинии являются ключевой графикой для понимания данных, расположенных в узлах решетки с географической координатной привязкой. Метод [2] включает в себя эвристики для обработки особенностей координатной системы и реальных данных. Он достаточно быстр и подходит для построения изолиний на лету. Также он представляет изолинии в виде полигонов и гарантирует, что все полигоны замкнуты. Это предоставляет возможность выполнять на них ГИС вычисления, например, расчет занимаемой площади и обнаружение объектов

которые покрываются либо пересекаются изолинией. Реализована интерактивная 3D визуализация изолиний для данных повторного анализа. Изолинии визуализируются с огибанием рельефа.

4 Аналоги

Из похожих продуктов можно отметить Google Планета Земля [3], в которой доступны только фотографии в RGB. Создание дополнительных модулей (plug-ins) не поддерживается. Приложение Unidata IDV [4] предоставляет доступ к данным НАСА и другим серверам, в основном доступна только выборка данных за определенные моменты времени. Трехмерная визуализация обладает довольно ограниченным набором интерактивных возможностей. Часто используются WMS сервера, поэтому довольно заметна задержка при загрузке данных. НАСА Giovanni [5] предоставляет доступ к некоторым данным спутников НАСА, но визуализирует их в двумерном режиме. Нужно заполнять Интернет формы, основываясь на параметрах которых происходит извлечение данных и их визуализация, на что требуется несколько минут.

Выводы

Впервые данные мониторинга различных форматов и ведомств организованы в единую информационную систему. Данные находятся в разных форматах и получены от различных международных агентств по мониторингу окружающей природной среды. Особенности организации доступа к данным позволяют пользователю не загружать и не хранить на своей машине файлы с данными. Данные доставляются в реальном времени по Интернет с удаленного ЦОД по мере надобности.

Все моменты времени всегда доступны для немедленной визуализации по щелчку мыши. Это устраняет чувство «тяжелых» данных, несмотря на их объемы и сложные форматы. Впервые их исследование становится настолько простым, как просмотр фотографий на локальном компьютере. Это существенно повышает оперативность доступа к данным дистанционного зондирования Земли в системах экологического мониторинга окружающей природной среды.

Благодарности

Эта работа была поддержана грантом No. UKM1-2973-DO-09 Фонда гражданских исследований и развития США (CRDF). Любые мнения, анализы, выводы либо рекомендации, выраженные в этой статье, принадлежат авторам, и не обязательно отражают официальные взгляды либо мнения CRDF.

Литература

- [1] MODIS Atmosphere: Products // El. resource. URL: <http://modis-atmos.gsfc.nasa.gov/products.html> (14.05.2012).
- [2] Rodriges Zalipynis R.A. Efficient isolines construction method for visualization of gridded georeferenced data // Scientific works of Donetsk National Technical University. Series “Problems of Modeling and Design Automation”. Vol. 10 (197) — Donetsk, DonNTU, 2011, pp. 111-123.

- [3] Google Планета Земля // Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://www.google.com/intl/ru/earth/index.html> (14.05.2012).
- [4] Unidata IDV // Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://www.unidata.ucar.edu/downloads/idv/> (14.05.2012).
- [5] Giovanni — GES DISC: Goddard Earth Sciences, Data & Information Services Center // Электронный ресурс. – Режим доступа <http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/giovanni/overview/index.html> (14.05.2012).