УДК 004.932

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ГЕОПОРТАЛА СПУТНИКОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ, РАЗРАБАТЫВАЕМОГО В РАМКАХ ПРОЕКТА MEDEO

Ветров А.А., *аспирант, инженер НИИ «Фотон» РГРТУ, foton@rsreu.ru»*
Кочергин А.М., *к.т.н., с.н.с. НИИ «Фотон» РГРТУ, foton@rsreu.ru*
Кузнецов А.Е., *д.т.н., заместитель директора НИИ «Фотон» РГРТУ*

Ключевые слова: дистанционное зондирование земли, проект MEDEO, электронный каталог, геопортал.

Рассматриваются принципы построения и функционирования геопортала спутниковых изображений, а также применение 3D-технологий при отображении данных ДЗЗ.

Введение

Рынок услуг дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) стремительно развивается и становится одной из движущих сил инновационного развития в России и странах Евросоюза. В тоже время, различия в форматах данных, полученных с космических аппаратов (КА) и ограниченные возможности доступа потребителей разных стран к спутниковым снимкам друг друга делают обмен данными ДЗЗ сложной технической задачей. С целью устранения разрыва между наличием ценных данных ДЗЗ и их практическим использованием для различных экономических и социальных целей, путем устранения технических барьеров на пути циркуляции космических снимков между поставщиками и потребителями спутниковой информации, в России и странах ЕС был создан проект MEDEO. Участниками проекта стали Технический университет Берлина, ECM Office, Aratos Technologies S.A. со стороны ЕС и ЦСКБ «Прогресс», РГРТУ со стороны РФ.

Одной из основных целей проекта является разработка двуязычного (русский и английский языки) Internet-портала доступа российских и европейских потребителей к электронному каталогу спутниковых снимков, полученных с КА «Ресурс-ДК». Портал должен иметь «дружественный» пользователю интерфейс, а его функциональные возможности обеспечивать поиск информации в базе данных космических изображений по заданным критериям (таким как тип спутника и съёмочного устройства, географический регион интереса, временной интервал съёмки, параметры качества), отображение выбранных данных и формирование заявки на приобретение необходимой видеоинформации.

Архитектура Internet-портала

Проведенные исследования современных методов построения пользовательских интерфейсов, а также анализ преимуществ и недостатков существующих Internet-сайтов и приложений, связанных с интерактивным взаимодействием пользователя с набором данных ДЗЗ (таких как eoportal.org, Google Earth и др.), показали, что функционально полным и эффективным решением для пользователей является предоставление им возможности навигации по трехмерной модели земного шара, с возможностью отображения спутниковых снимков на его поверхности. С учётом этого было предложено разрабатывать программу не как отдельное приложение (т.к. подобный подход потребовал бы, во-первых, создания разных версий под все существующие разновидности операционных систем, а, во-вторых, вызвал бы определенные неудобства пользователя, связанные с необходимостью скачивания и установки приложения), а как неотъемлемую часть WEB-страницы. Кроме того, для повышения наглядности и удобства работы с программой, 3D-модель Земли должна содержать текстурное изображение поверхности всего земного шара, линии географической сетки с подписями широт и долгот, контура различных объектов земной поверхности (таких как береговые линии, гидросеть, дороги и др.). Подобные требования резко увеличивают количество необходимых для построения модели вычислений, и, как следствие, возникает необходимость в использовании аппаратных средств формирования 3D-изображений.

Выполненный анализ современных средств разработки Internet-приложений показал, что оптимальным вариантом для решения поставленной задачи будет использование языка программирования Java. Это позволит реализовать Internet-портал в виде Java-апплета, встроенного в web-страницу сайта, а использование библиотеки JOGL (Java OpenGL) позволит приложению организовать расчёт трехмерных сцен с помощью аппаратного ускорителя 3D-графики компьютера пользователя.

Применение подхода, при котором большая часть необходимых расчётов выполняется на вычислительных средствах пользователя, позволило существенно сократить нагрузку на сервер, оставив в его юрисдикции только вопросы, связанные с передачей данных через Internet, отправку e-mail сообщений и учёт пользователей. Это дало возможность использовать на серверной стороне web-сервера Apache с поддержкой серверного скриптового языка программирования php.

Основываясь на приведенных выше требованиях и ограничениях, был разработан Internet-портал, включающий в себя взаимодействующие между собой web-сайт, встроенный в него Java-апплет, сервер, на котором web-сайт располагается и сервер оператора услуг ДЗЗ – Научного центра оперативного мониторинга Земли ОАО «Российские космические системы» (НЦ ОМЗ). Общая структура портала со схемой взаимодействия его составных частей представлена на рис. 1.

Двуязычный WEB-сайт портала содержит информацию о проекте MEDEO, его участниках, характеристиках спутников и съёмочных устройств, правилах заказа космических снимков (рис. 2). Отдельной частью сайта является страница электронного каталога. При переходе на неё браузер пользователя загружает с сервера MEDEO Java-апплет, предоставляющий сервис по поиску интересующих спутниковых видеоданных в базе данных (БД) электронного каталога. Интерфейс апплета позволяет оператору задавать условия поиска такие как: тип спутника и съёмочного устройства, регион интереса,

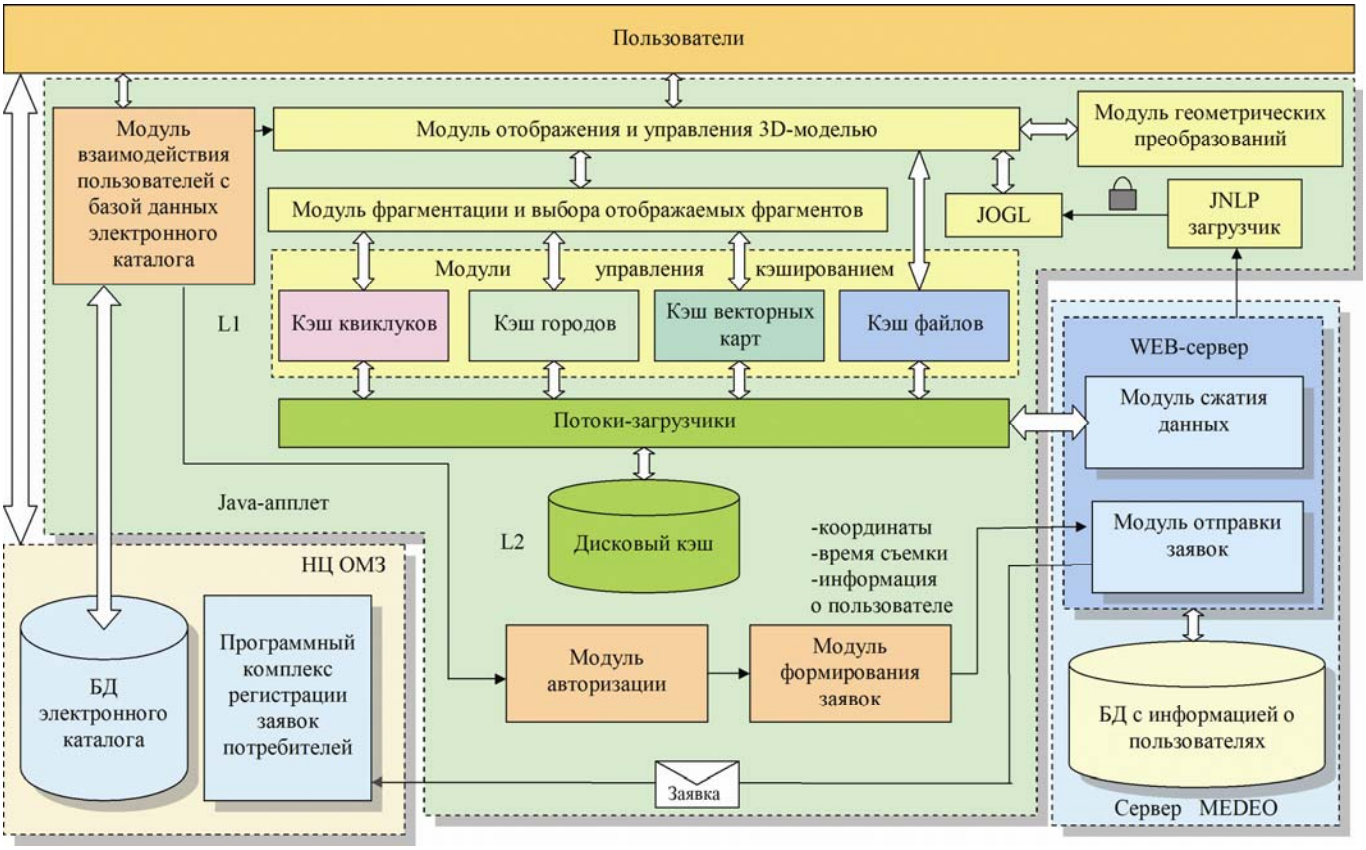


Рис. 1. Структурная схема Internet-портала «MEDEO»

Рис. 2. Окно Internet-портала

временной интервал съёмки, максимальный процент облачного покрытия снимка, визуализировать найденные снимки на поверхности 3D-модели земного шара и формировать заявку на приобретение выбранных данных. Информация о включенных в заявку снимках и реквизитах пользователя передается на сервер MEDEO, где из нее формируется e-mail сообщение заданного формата, которое затем отправляется на адрес системы регистрации заказов НЦ ОМЗ. Получив сообщение, оператор связывается с потребителем по указанным в письме контактным данным и обговаривает условия и способы приобретения запрашиваемых данных ДЗЗ.

Алгоритмическая и программная реализация Java-апплета

При разработке современных центральных процессоров наблюдается тенденция к постоянному увеличению количества вычислительных ядер, что стимулирует разработчиков программного обеспечения производить распараллеливание вычислительных процессов. С учётом этой тенденции в Java-апплете реализован механизм многопоточности, что позволяет не только увеличить эффективность использования ресурсов программных и аппаратных средств, но и сделать программу более дружественной к пользователям, позволяя им продолжить работу параллельно с фоновой обработкой изображений, закачкой файлов данных и другими системными операциями.

Запуск апплета производится при помощи JNLP-загрузчика – специальной программы, задача которой состоит в определении платформы и операционной системы компьютера пользователя и загрузке с сайта компании-разработчика подходящей версии библиотеки JOGL.

Файлы библиотеки являются единственными платформо-зависимыми компонентами приложения. Это вызвано тем, что библиотека написана с использованием нативного кода – кода, использующего инструкции процессора целевой платформы. Подлинность и безопасность файлов библиотеки гарантируется компанией Oracle Inc., подписывающей их электронной подписью.

Апплет условно можно разделить на две взаимодействующие друг с другом части, работающие параллельно: модуль взаимодействия пользователей с базой данных электронного каталога и модуль отображения и управления 3D-моделью земного шара. Первая часть предоставляет пользователю интерфейс задания параметров выборки кадров, формирует и отправляет запросы в базу данных на получение данных по заданным параметрам, отображает полученный результат в табличном виде и посылает запрос второй части приложения на визуализацию выбранных объектов. Модуль отображения и управления 3D-моделью предоставляет следующие функциональные возможности:

1) формирует трёхмерную модель Земли и отображает на ней следующие объекты:

- линии географической сетки с нанесёнными подписями широт и долгот;
- слои векторных карт (гидрография, береговые линии, государственные границы, автомобильные и железные дороги, рельеф);
- названия населённых пунктов;
- контур зоны интереса пользователя;
- контуры и растр выбранных из БД кадров.

2) предоставляет пользователям возможность навигации по модельному изображению земного шара путём его поворота, изменения масштаба и перехода к заданной точке на поверхности.

Объёмное отображение выбранных из БД геокодированных кадров происходит путём их трансформирования в прямоугольную систему координат OXYZ с использованием модуля геометрических преобразований. Этот процесс описывается следующей схемой:

$$D(m,n) \xrightarrow{\phi_B,\phi_L} (B,L) \xrightarrow{F_x,F_y,F_z} D^*(X,Y,Z),$$

где $D(m,n)$ – изображение, хранящееся в БД электронного каталога; ϕ_B,ϕ_L – функции преобразования планарных координат (m,n) в геодезические (B,L); F_x,F_y,F_z – функции преобразования геодезических координат в прямоугольные; $D^*(X,Y,Z)$ – спутниковое изображение в прямоугольной системе координат.

Поскольку изображения геокодированны, то функции ϕ_B,ϕ_L – известны, а преобразование геодезических координат в прямоугольные, согласно ГОСТ Р 51794-2008, осуществляется по формулам:

$$X = (N+H)\cos B \cos L$$

$$Y = (N-H)\cos B \sin L \quad ,$$

$$Z = \left[\left(1-e^2\right)W + H\right]\sin B$$

где X, Y, Z – прямоугольные пространственные координаты точки;

B, L – геодезические широта и долгота точки соответственно;

H – геодезическая высота точки, м;

N – радиус кривизны первого вертикала, м;

e – эксцентриситет эллипсоида.

Значения N и e вычисляются по формулам:

$$N = \frac{a}{\sqrt{1-e^2\sin^2 B}},$$

$$e^2 = 2\gamma - \gamma^2,$$

где a – большая полуось эллипсоида, равная 6378245 м, γ – сжатие эллипсоида, равное 1/298,3.

Преобразование пространственных прямоугольных координат в геодезические выполняется по следующему итерационному алгоритму:

1) вычисляется вспомогательная величина D по формуле $D = \sqrt{X^2+Y^2}$;

2) если $D = 0$, то $B = \frac{\pi Z}{2|Z|}$, $L = 0$,

$H = Z\sin B - a\sqrt{1-e^2\sin^2 B}$, и останавливаем вычисления;

3) если $D \neq 0$, при:

$Y < 0, X > 0$, то $L = 2\pi - L_a$;

$Y < 0, X < 0$, то $L = \pi + L_a$;

$Y > 0, X < 0$, то $L = \pi - L_a$;

$Y > 0, X > 0$, то $L = L_a$;

$Y = 0, X > 0$, то $L = 0$;

$Y = 0, X < 0$, то $L = \pi$,

где $L_a = \left|\arcsin\left(\frac{Y}{D}\right)\right|$;

4) если $Z = 0$, то $B = 0,\ H = D - a$, и останавливаем вычисления;

5) если $Z \neq 0$, то находим вспомогательные величины: $r = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$, $c = \arcsin\left(\frac{Z}{r}\right)$, $\rho = \frac{e^2 a}{2r}$ и $s_1 = 0$, а затем

а. производим вычисления: $b = c + s_1$,

б. $s_2 = \arcsin\left(\frac{\rho \sin(2b)}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 b}}\right)$, $d = |s_2 - s_1|$;

в. если $d < \varepsilon$, то $B = b$,

$H = D\cos B + Z\sin B - a\sqrt{1 - e^2 \sin^2 B}$, и останавливаем вычисления;

г. если $d \geq \varepsilon$, то $s_1 = s_2$, и повторяем вычисления с пункта а.

Здесь $\varepsilon = 10^{-4}$ – допустимая погрешность вычислений.

Для повышения быстродействия за счет снижения объема передаваемых по сети данных предлагается пирамидальный механизм представления векторных карт и карт городов, согласно которому, эти карты разбиваются на гранулы с различными размерами (в терминах геодезических координат) и уровнями детализации. Данные гранулы хранятся на сервере в виде отдельных файлов, компрессируемых перед передачей их в апплет. Модуль фрагментации и выбора визуализируемых фрагментов определяет оптимальный уровень детализации и формирует списки видимых гранул, после чего запрос на получение файлов передаётся соответствующему модулю управления кэшированием.

Дополнительно для обеспечения высокой скорости отображения разработана подсистема кэширования, состоящаяиз двух уровней: L1 – кэш в оперативной памяти и L2 – дисковый кэш, размещённый на пользовательском компьютере. Алгоритм функционирования подсистемы выглядит следующим образом:

– модуль отображения и управления 3D-моделью помещает запрос на получение файла в очередь запросов соответствующего модуля управления кэшированием;

– модуль управления кэшированием проверяет наличие файла в кэше L1 и, если файл присутствует, возвращает его модулю отображения;

– если файл отсутствует в L1, модуль управления кэшированием помещает запрос на загрузку этого файла в очередь загрузки;

– очередь загрузки регулярно проверяется специальными потоками-загрузчиками на предмет наличия запросов на загрузку и, обнаружив запрос, поток-загрузчик проверяет наличие требуемого файла в кэше L2. В случае если файл найден, то он копируется в L1 и возвращается модулю отображения;

– в случае если файл отсутствует в L2, поток-загрузчик загружает сжатый файл с сервера, распаковывает его и помещает в L2 и L1.

Каждый модуль кэширования выполняется в отдельном потоке. Так же в отдельных потоках выполняются процедуры очистки кэша, удаляющие невостребованные объекты из L1 и L2.

На рис. 3 представлено главное окно апплета. В левой его части расположены органы управления, позволяющие пользователю задавать условия выборки кадров из базы данных электронного каталога. Атрибутивная информация

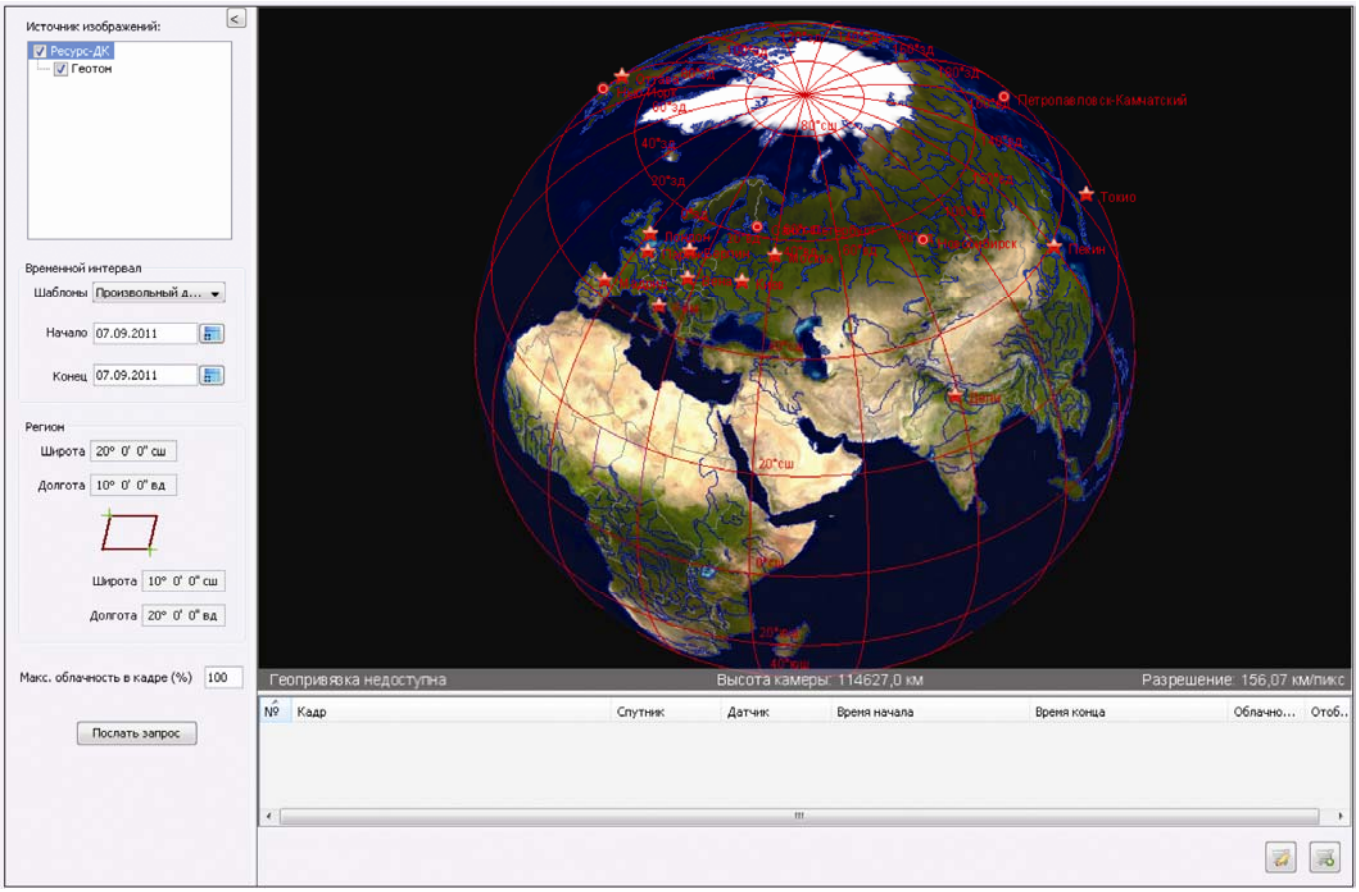
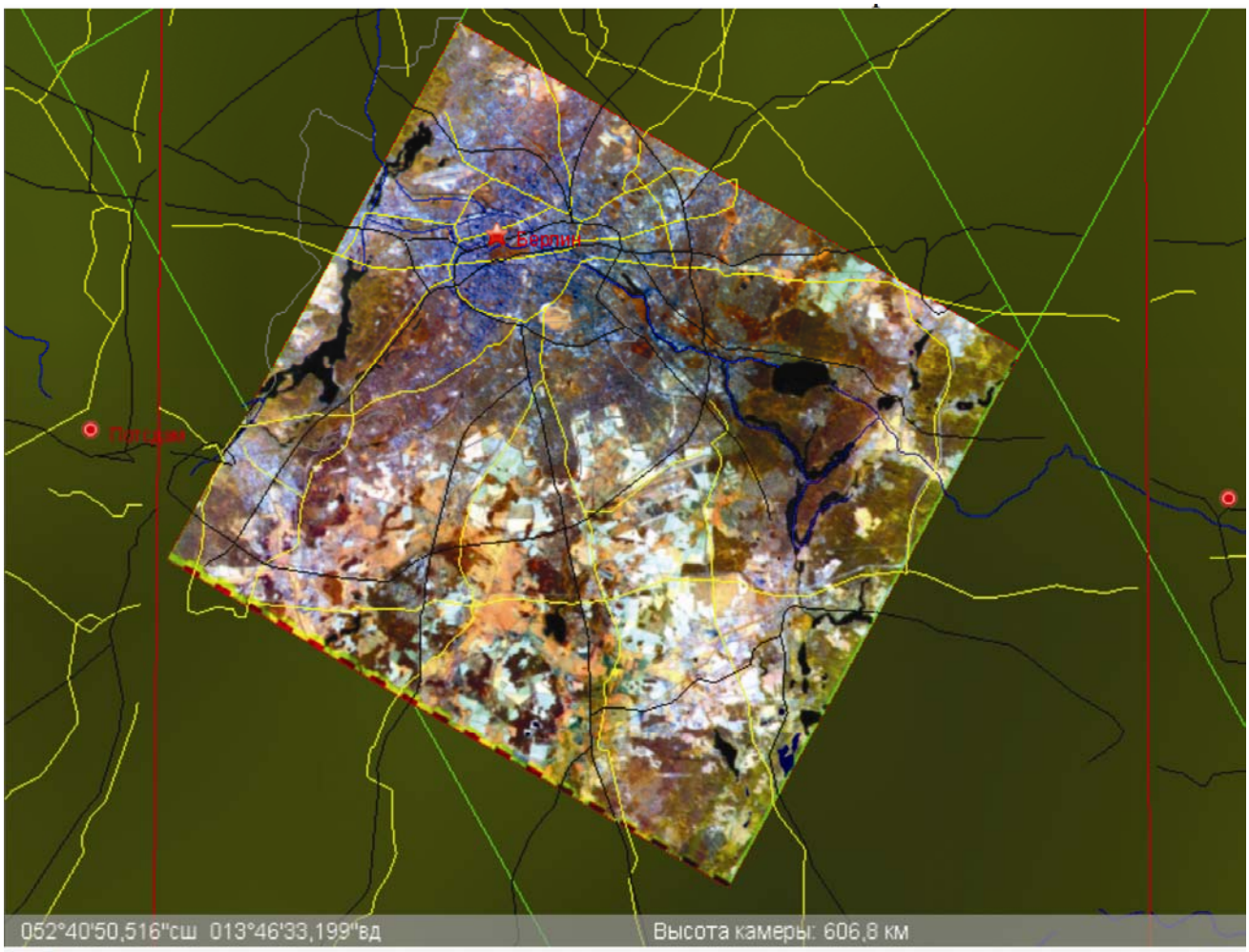


Рис. 3. Главное окно апплета Internet-портала



№	Кадр	Спутник	Датчик	Время начала	Время конца	Облачность (%)	Отобразить
1	RSDK01-1566-3-1-20060925134128-20060925134142	Ресурс-ДК	Геотон	25.09.2006	25.09.2006	0	☑
2	RSDK01-1566-3-2-20060925134134-20060925134155	Ресурс-ДК	Геотон	25.09.2006	25.09.2006	0	☐
3	RSDK01-4863-8-1-20070428175326-20070428175353	Ресурс-ДК	Геотон	28.04.2007	28.04.2007	0	☐
4	RSDK01-4863-8-2-20070428175332-20070428175407	Ресурс-ДК	Геотон	28.04.2007	28.04.2007	20	☐

Рис. 4. Пример совместного отображения закаталогизированного кадра и атрибутивных данных

(спутник, прибор, время съёмки, процент покрытия облаками) кадров, удовлетворяющих условиям выборки, помещается в таблицу в нижней части окна, а их контура отображаются на поверхности трехмерной модели земного шара, расположенной в центре. Следует отметить, что регион интереса пользователь может задавать, как непосредственно вводя географические координаты углов области в поля ввода в разделе «Регион», так и визуально при помощи мыши на поверхности 3D-модели.

В целях уменьшения количества передаваемой по сети информации, растровые изображения отобранных кадров визуализируются по запросу пользователя, которому требуется отметить пункт в столбце «Отобразить» строки с интересующим кадром (рис. 4). При помощи кнопки, расположенной в правом нижнем углу окна, интересующие кадры могут быть помещены в корзину для последующего оформления заказа. Оформлять заказы могут только зарегистрированные пользователи, поэтому пользователям предварительно следует пройти процедуру регистрации на соответствующей странице сайта портала. Созданный в модуле формирования заявок список атрибутов заказываемых кадров передается на сервер, где на его основе подготавливается и отправляется в адрес системы регистрации заявок оператора услуг ДЗЗ e-mail сообщение.

Заключение

Таким образом, разработанный Internet-портал реализует полный цикл взаимодействия потребителей и поставщиков данных ДЗЗ.

Программное обеспечение портала прошло тестирование и в ближайшее время портал начнет функционировать. Следует заметить, что технические решения, заложенные при проектировании портала, позволяют на принципиально новом уровне обеспечить работу всех заинтересованных лиц с информацией ДЗЗ. Это, в свою очередь, очень важно для популяризации спутниковой информации и расширения рынка её практических применений.

PRINCIPLES OF SATELLITE IMAGES GEOPORTAL BUILDING AS PART OF THE MEDEO PROJECT

A.A.Vetrov, A.M.Kochergin, A.E. Kuznetsov

In the article are described principles of satellite images geoportal building, as well as EO data 3D visualization technology.