

Автоматизированное формирование регионального банка космических снимков и его использование в геопорталах

Н.И. Глумов¹, В.Н. Копенков¹, Е.В. Мясников², А.В. Сергеев³,
А.В. Чернов⁴, Н.В. Чупшев³

¹Институт систем обработки изображений РАН,
443001 г. Самара, Молодогвардейская, 151 (оф. 328), тел (846)3378084
E-mails: vkor@smr.ru, ngli@smr.ru;

²ГОУ Самарский государственный аэрокосмический университет
имени академика С.П. Королева,
443001 г. Самара, Молодогвардейская, 151 (оф.224)1, тел (846)3378084
E-mail: msnevg@smr.ru.

³ОАО «Самара-Информсатник»,
443001 г. Самара, Молодогвардейская, 151 (оф. 230), тел (846)3320094
E-mail: vserg@smr.ru.

⁴НП «Поволжский центр космической геоинформатики»,
443001 г. Самара, Молодогвардейская, 151 (оф. 218), тел (846)3320094
E-mail: ache@smr.ru.

В работе описывается региональный банк космических снимков Самарской области – цели его создания, его информационное наполнение, разработанные технологии по наполнению и функционированию, состав и основные функции программного обеспечения ведения банка данных. А так же принципы построения, состав и назначение основных компонент программного, а также геоинформационного обеспечения регионального геопортала работы с пространственными данными и метаданными Самарской области на основе регионального банка данных.

Ключевые слова: космические снимки, обработка изображений, геопривязка, векторные данные, метаданные, геопортал.

Введение

Задача анализа территорий на основе последовательностей космических снимков находит широкое применение в задачах оценки состояния посевов, природопользования и лесоустройства, предупреждения чрезвычайных ситуаций и т.д. При этом, как правило, используются снимки среднего разрешения, которые относительно недороги и могут поступать в режиме постоянного сброса на региональные станции приема (такая станция существует в Самарском Государственном Аэрокосмическом Университете). Для совместного анализа снимков необходимо их привести к одному радиометрическому диапазону, к одной системе координат и, желательно, поместить в единое хранилище данных (региональный банк космических снимков – РБКС) с автоматизацией технологии предварительной обработки космических снимков и их помещения в РБКС.

Второй важной задачей при анализе и применении космических снимков является задача организации доступа к полученным данным. При этом наиболее эффективным решением является предоставление геоинформационных ресурсов региональной инфраструктуры пространственных данных и космических снимков широкому кругу пользователей посредством распространение и обмен этими данными через Интернет. Таким образом, необходимо создание регионального портала (геопортала), объединяющим такие сервисы работы с пространственными данными и метаданными как: доступ к цифровым картам различного назначения через Интернет, доступ к данным картографической изученно-

сти, тематические сервисы результатов градостроительного планирования, площадок под строительство, оценка состояния сельскохозяйственных культур на основе космических снимков и т.п.

Региональный банк космических снимков

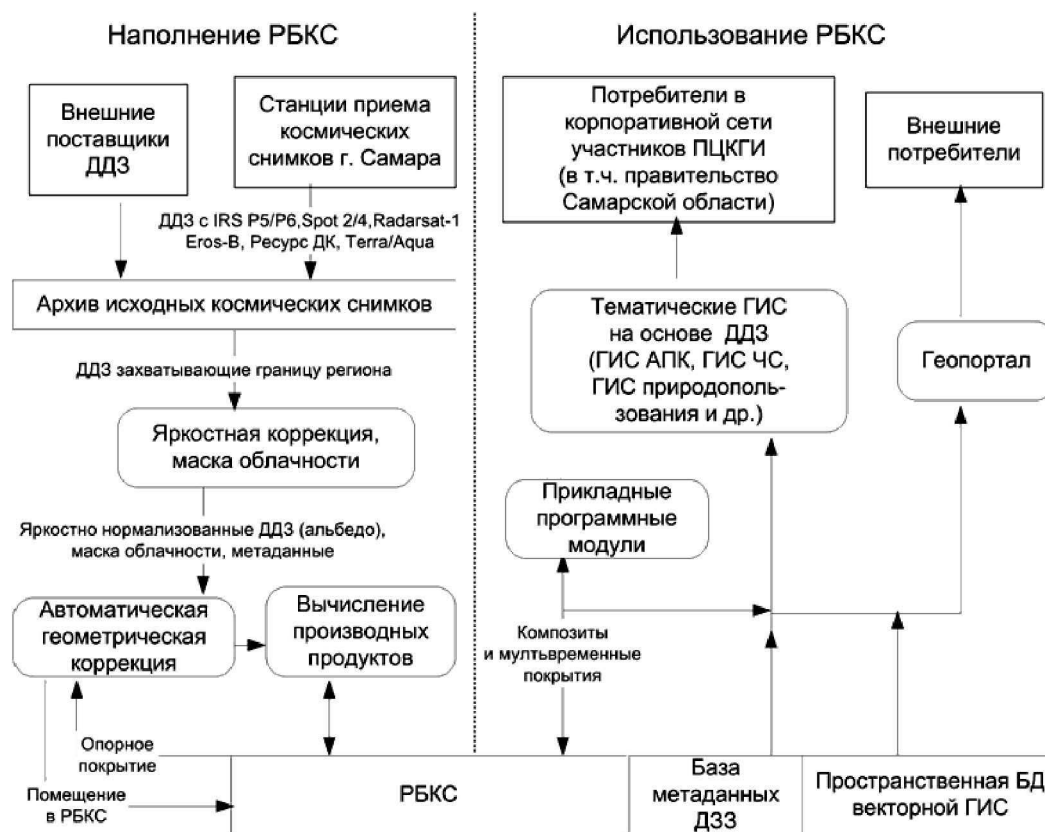


Рис. 1. Структурная схема использования РБКС

Наполнение регионального банка космических снимков

Технология наполнения РБКС состоит из следующих основных этапов:

1. Прием, нарезка на фрагменты, радиометрическая коррекция и предобработка данных.
2. Создание маски облачности
3. Автоматическая геопривязка и геометрическая трансформация
4. Компрессия изображений на основе NGI –метода
5. Автоматическое формирование метаданных и помещение изображения изображений и сопутствующей информации (масок облачности, метаданных, контуров и т.д.) в РБКС
6. Яркостная коррекция изображений (приведение к динамическому диапазону исходного покрытия) – при необходимости.
7. Организация мультвременных покрытий из снимков, полученных в разное время с различных КА

Основной идеей является использование базового начального покрытия из космических снимков и геометрическая привязка к нему на основе корреляционного сопоставления с использованием информации о ЦМР.

Прием, нарезка на фрагменты, и преобработка данных

Исходные данные принимаются со спутника в виде полосы соответствующей пролету спутника над территорией. Для автоматической привязки данных SPOT необходимо представить данные в виде отдельных сцен, радиометрически-скорректированных и геометрически-трансформированных.

Этапы подготовки данных SPOT:

- 1) Получение данных со спутника в виде сырых данных файла пролета.
- 2) Обработки всех пролетов за день.
 - a. Разрезание данных пролета на сегменты с разными режимами съемки.
 - b. Нарезка сегментов на сцены и генерация метаданных для дальнейшей обработки.
 - c. Генерация сцен с радиометрической нормализацией (по метаданным).
 - d. Проверка принадлежности сцены заданной территории и сохранение сцен в специальную структуру каталогов для дальнейшей обработки.
 - e. Создание изображения сцены в натуральных цветах.

При нарезке сегмента на сцены формируются файлы метаданных представляющими собой xml-файл со всеми параметрами съемки.

Под радиометрической нормализацией данных понимается калибровка многозональных снимков в оптическом диапазоне:

$$B_{\lambda}^* = K_{\lambda} N + C_{\lambda},$$

где B_{λ}^* – энергетическая яркость для спектральной зоны λ , N – «сырые» значения яркости, K_{λ} – калибровочный коэффициент, C_{λ} – калибровочная константа.

Для создания изображения в натуральных цветах используются панхроматическая и мультиспектральная сцены. При этом мультиспектральное изображение используется для преобразования в натуральные цвета, а панхроматическая сцена для повышения разрешения. Изображение в натуральных цветах:

$$R = X_{S_2}; G = \frac{3X_{S_1} + X_{S_3}}{4}; B = \frac{3X_{S_1} - X_{S_3}}{4}$$

где R , G и B – натуральные цветовые каналы, X_{S_1} , X_{S_2} , X_{S_3} – исходные зеленый, красный и инфракрасный каналы,

После получения изображения в натуральных цветах для повышения его разрешения используется HSI метод, состоящий в переводе исходного изображения в пространство HSI (Hue, Saturation, Intensity) и замене интенсивности на панхроматический канал [1]. После проведения описанных операций производится обратное преобразование к исходным цветам.

Создание маски облачности

На основе синтезированного изображения в натуральных цветах производится построение маски облачности. Для этого осуществляется пороговая обработка в цветовом пространстве HSI, с автоматическим выбором порога исходя из яркостных характеристик изображения.

На первом этапе выделяются пиксели, для которых значения компонент H, S, I попадают в заданные диапазоны, соответствующие насыщенному красному цвету:

$$M_1 = (h_1 < H < h_2) \wedge (s_1 < S < s_2) \wedge (i_1 < I < i_2)$$

где M_1 – булевская маска, описывающая найденные стартовые области.

На втором этапе происходит итерационное расширение областей, обнаруженных на первом этапе:

$$O_2^0 = M_1, O_2^j = D(O_2^{j-1})M_2, j = 1, 2, 3, \dots$$

где $D(..)$ – оператор дилатации, а M_2 – маска, ограничивающая расширение областей. Эта маска вычисляется аналогично маске M_1 , но с более широкими диапазонами (h_1, h_2) , (s_1, s_2) , (i_1, i_2) . Итерационный процесс останавливается на шаге J , на котором промежуточные результаты O_2^J и O_2^{J-1} совпадают. Использование такой процедуры позволяет осуществить “заливку” краев объектов.

Автоматическая привязка сцен

Автоматическая привязка осуществляется на основе обнаружения на привязываемом изображении опорных точек, хранимых в базе данных. Определение положения опорной точки производится путем использования корреляционного алгоритма обнаружения шаблона с центром в данной опорной точке, вырезаемого с базового покрытия [1,2]. Следует отметить, что точки, попавшие в маску облачности, исключаются из рассмотрения. В качестве меры сходства используется нормированный коэффициент корреляции:

$$R_s(m, n) = \frac{\sum_j \sum_k G_1(j, k) G_2(j - m, k - n)}{\sqrt{\sum_j \sum_k G_1^2(j, k) \cdot \sum_j \sum_k G_2^2(j - m, k - n)}}$$

где $G_1(j, k)$ – центрированные отсчеты зоны поиска на привязываемом изображении,

$G_2(j, k)$ – центрированные отсчеты шаблона поиска.

Далее на основе найденных точек соответствия производится геометрическое преобразование изображения, при котором необходимо использовать цифровую модель рельефа (ЦМР), так как преобразования без ее учета не дают нужную точность.

Создание метаданных и помещение изображения в РБКС

Для помещения привязанной сцены в РБКС необходимо создать файл метаданных

содержащий параметры помещения, привязки, описание сцены, характеристики съемочной аппаратуры и т.д. Этапы помещения данных SPOT в РБКС [2]:

1. Создание файла метаданных формата xml с предварительными данными соответствующими определенной сцене (данные о файлах маски, контура, дополнительные файлы и т.д.)
2. Добавление в xml-файл метаданных сцены (размеры, границы, кол-во каналов, битность и т.д.)
3. Получение и добавление в файл метаданных параметров съемки (азимут, угол солнца, тип продукта, дата съемки и т.д.)
4. Добавление точек привязки и параметров привязки с проверкой возможности помещения сцены (облачность, точность привязки и т.д.)
5. Добавление следующих растровых изображений в РБКС по каждому космическому снимку: панхроматическая сцена, сцены в исходных цветах, и натуральных цветах, а также, при необходимости, производные продукты. Добавление информации из файла метаданных в базу метаданных.

Яркостная коррекция изображений

Поступающие снимки могут иметь яркостные характеристики, отличающиеся от их аналогов для базового покрытия. Возникает задача улучшения их визуального восприятия и создания бесшовных композитов с помощью дополнительного приведения к одному яркостному диапазону. Наиболее эффективным является преобразование значений яркости пикселей космического снимка в физическую величину (коэффициент отражения поверхности) за счет выполнения атмосферной коррекции. DOS (Dark Object Subtraction) - вычитание темных объектов – простейший и наиболее широко используемый подход к абсолютной атмосферной коррекции [3].

Физическая величина отражающей способности поверхности рассчитывается как:

$$\rho = aL_{sat} + b,$$

$$\text{где } a = \frac{\pi}{T_v(E_0 \cos(\theta_z)T_z + E_{down})}, \quad b = -\frac{\pi(G \cdot P_{\min} + B - 0.01(E_0 \cos(\theta_z)T_z + E_{down})T_v / \pi)}{T_v(E_0 \cos(\theta_z)T_z + E_{down})},$$

L_{sat} – излучение, принимаемое спутником, T_v – коэффициент пропускания атмосферы от объекта к датчику, E_0 – внеатмосферная солнечная постоянная, θ_z – угол зенита, T_z – коэффициент пропускания атмосферы в направлении падающего освещения, E_{down} - нисходящее рассеянное излучение, G – коэффициент усиления датчика, B – смещение, значение яркости P_{\min} выбирается, как тысяча самых темных пикселей на изображении.

Таким образом, приведение значений пикселей снимка к коэффициенту отражения поверхности с помощью алгоритма DOS является линейным преобразованием. При формировании базы космических снимков коэффициенты преобразования a и b можно сохранить в базе метаданных и использовать для быстрого отображения покрытия.

Основная идея метода HGI [4,5] заключается в иерархическом прореживании сжимаемого изображения, интерполяции пропущенных отсчетов и последующем энтропийном кодировании ошибок интерполяции (постинтерполяционных остатков).

Вычислительная сложность метода очень мала (20-40 операций на отсчет, в зависимости от модификации). Благодаря использованию равномерного квантователя, метод HGI позволяет контролировать максимальную погрешность [4].

При компрессии методом HGI изображение разбивается на блоки равного размера, которые сжимаются независимо. В HGI-архиве сжатые данные каждого блока размещены отдельно, внутри данных блока данные, соответствующие прореженным копиям изображения, также размещены отдельно. Благодаря этому возможна декомпрессия любого блока в заданном масштабе (кратном степени двойки) без декомпрессии (и считывания с диска) других блоков и других масштабных уровней того же блока. Таким образом, обеспечивается быстрый иерархический доступ к сжатым данным

Использование регионального банка космических снимков

При использовании данных РБКС, для решения различных задач, возможно два способа функционирования: доступ внутренних потребителей данных, характеризующийся небольшим количеством пользователей и высокой пропускной способностью каналов передачи данных и доступ внешних потребителей (через сеть Internet), отличающийся большим количеством пользователей и высокими требованиями к сокращению пересылаемого трафика. Для организации доступа к данным были разработаны: автоматизированная система (АС) ведения РБКС, для доступа потребителей из корпоративной сети и региональный геопортал для доступа к данным через Internet.

Программное обеспечение ведения РБКС

Для создания и функционирования РБКС разработана автоматизированная система (АС) ведения РБКС, основанная на клиент-серверной архитектуре и состоящая из следующих основных подсистем: визуальная среда для работы с РБКС; управляющая программа (менеджер растров); подсистема доступа к изображениям; подсистема доступа к метаданным; подсистема ввода изображений в РБКС; библиотека внешних модулей для обработки изображений.

В качестве визуальной среды используется ГИС Ингео, в окне которого изображения РБКС показываются поверх произвольной векторной карты. Кроме того, ГИС Ингео выступает в роли рабочей среды, из которой вызываются многие функции просмотра и анализа данных РБКС (редактор метаданных и менеджер растров).

Менеджер растров представляет собой программный модуль, который выполняется под управлением ГИС Ингео и выполняет собственно отображение выбранных растров РБКС. С другой стороны, менеджер растров также выступает в роли управляющего компонента, позволяющего вызывать многие функции обработки и анализа данных РБКС. Редактор метаданных предназначен для просмотра и редактирования семантических данных, описывающих изображения РБКС. Редактор метаданных может быть запущен из ГИС Ингео или из Internet Explorer.

Программные модули обработки и помещения данных в РБКС включают в себя различные компоненты, предназначенные для выполнения широкого круга задач, возникающих при дополнении и анализе данных РБКС.

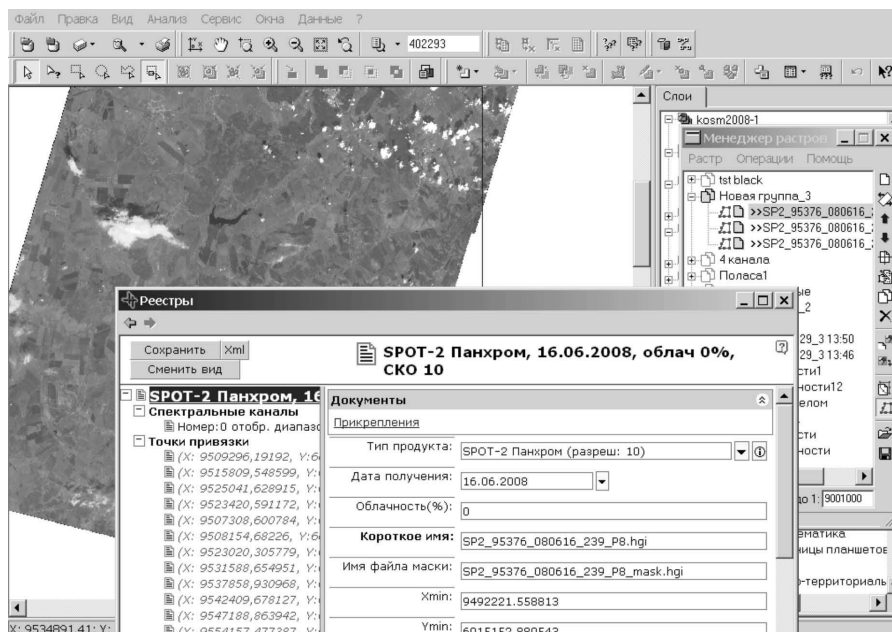


Рис. 2. Пользовательский интерфейс автоматизированной системы ведения РБКС

Основные компоненты программного и информационного обеспечения геопортала

Основными особенностями геопортала являются:

- ✓ совместная обработка всех трех основных видов геоданных – векторные данные, растровые данные (аэрофото- и космоснимки) и метаданные;
- ✓ использование единой цифровой картографической основы (и единой базы данных) для различных тематических разделов геопортала;
- ✓ возможность работы в стандартном браузере без установки какого-либо клиентского программного обеспечения в режиме стандартной функциональности WMS (просмотр карт, поиск объектов, управление видимостью слоев);
- ✓ наличие расширенной функциональности по редактированию и анализу данных;
- ✓ сокращение объема и защита передаваемых данных между сервером и клиентом, а так же модульный принцип клиентского программного обеспечения с разграничением доступа к информационным ресурсам и аналитическим сервисам;
- ✓ представление пользователю интегрированной карты, собранной с разных серверов.

В качестве тонкого клиента выступает удалённый компьютер с веб-браузером, со включенной поддержкой JavaScript. Клиентская часть реализована с использованием технологии AJAX, которая позволяет асинхронно отправлять запросы к серверу и обрабатывать ответы (для сокращения времени взаимодействия и трафика). Клиентские запросы поступают по сети Интернет на сервер геопортала, отвечающий за авторизацию пользователей и перераспределение клиентских запросов между внутренними или внешними серверами. Сервер геопортала реализован с использованием технологий Java EE, одним из решающих преимуществ которых является кроссплатформенность.

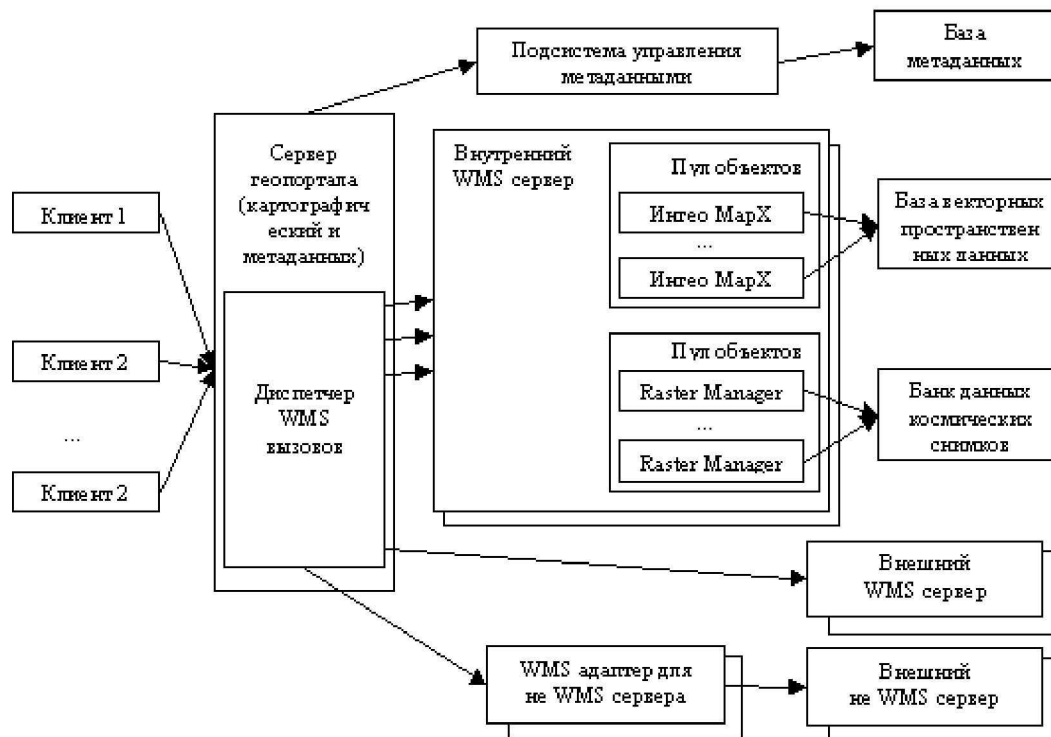


Рис. 3. Схема построения геопортала

Сервер геопортала, а также внутренние серверы удовлетворяют спецификации WMS [6], что позволяет, во-первых, интегрировать возможности внутренних картографических серверов со сторонними серверами, поддерживающими стандарт WMS, а во-вторых, интегрировать на стороне клиента данные с различных серверов.

Основной функцией внутренних WMS серверов является формирование ответа на поступающие запросы, при этом на каждом сервере может работать одновременно некоторое количество объектов поставщиков картографических данных и поставщиков ДДЗ из РБКС, объединенных в пул объектов. При реализации программного обеспечения внутреннего сервера были использованы технологии ASP.NET, COM, XML.

Рассмотренная схема построения геопортала обеспечивает эффективное использование вычислительных ресурсов за счет перераспределения нагрузки между внутренними серверами портала и использования возможностей ЭВМ с многопроцессорной архитектурой в качестве внутренних серверов.

Заключение

На базе Поволжского центра космической геоинформатики создан автоматически пополняемый региональный банк космических снимков (РБКС) для их использования в различных отраслях экономики Самарской области. Основные преимущества перед аналогичными сервисами доступа к полным покрытиям территорий (Google Earth, Космоснимки.ру): автоматизированность наполнения, мультимасштабность, мультивременность, оперативность и точность геопривязки. Для осуществления доступа пользователей к данным РБКС разработан региональный геоportal, реализующий доступ к территориальным геоинформационным ресурсам с помощью различных сервисов.

Литература

1. *Gonzalez, Woods*, Digital Image Processing, 2nd Edition, Prentice Hall, 2004, 624 p.
2. *Kopenkov V., Chernov A., Chupsev N.* Automatic replenishment of the regional databank by satellite imagery in the continuous receiving mode. // Proceedings of the 9-th International Conference on Pattern Recognition. N. Novgorod, Russia, 2008. v1, pp. 317-321.
3. *Conghe Song, Curtis E. W., Karen C. S., Mary Pax Lenney, Scott A. M.* Classification and Change Detection Using Landsat TM Data: When and How to Correct Atmospheric Effects? // REMOTE SENS. ENVIRON. 75:230–244 (2001)
4. *Gashnikov M. V., Glumov N. I., Sergeyev V. V.* Compression Method for Real-Time Systems of Remote Sensing // Proceedings of the 5th International Conference on Pattern Recognition, Barcelona, Spain, 2000, pp. 232–235.
5. *Gashnikov M.V., Glumov N.I., Chernov A.V.* Hierarchical compression in problem of solid raster coverage of territory // Proceedings of 8-th International Conference on Pattern Recognition, Russia, Yoshkar-Ola, October, 8-13, 2007, Vol.1, pp. 250-253
6. OpenGIS ® Specification Standards – <http://www.opengeospatial.com/standarts>

The automatic forming of the regional databank by satellite imagery in the continuous receiving mode

N. Glumov¹, A. Chernov⁴, N. Chupshev³, E. Myasnikov², V. Kopenkov¹, A. Sergeev³.

¹*Image Processing Systems Institute of RAS,
443001, Molodogvardeiskaya st., 151-328, Samara, Russia; +7 (846) 3378084
E-mails: vkop@smr.ru, nglu@smr.ru;*

²*Samara State Aerospace University of a name of academician S.P. Korolev
443001, Molodogvardeiskaya st., 151-224, Samara, Russia; +7 (846) 3378084
E-mail: msnevg@smr.ru.*

³*«Samara-Informsputnik»,
443001, Molodogvardeiskaya st., 151-230, Samara, Russia; +7 (846) 3320094
E-mail: vserg@smr.ru.*

⁴*NP «Volga region centre of space geoinformatics»,
443001, Molodogvardeiskaya st., 151-218, Samara, Russia; +7 (846) 3320094
E-mail: ache@smr.ru.*

In this paper the regional bank of the satellite images of Samara region is described. The main themes are the following: purpose of databank's creation, informational filling, developed technologies of replenishment and functioning, the structure and main functions of the developed software of databank supports. Besides this the paper proposes the definition principles, structure and purpose of main components of software and also geoinformation support of regional spatial data and metadata of the Samara region geoportal based on regional bank of the satellite images.

Keywords: satellite images, image processing, georeference, vector data, metadata, geoportal.