

Программно-технологическая инфраструктура представления и обработки геопространственной информации муниципального района

Ю.А. Маглинец, Е.А. Мальцев, Р.В. Брежнев
А.С. Соснин, Г.М. Цибульский, К.В. Шатрова

*Институт космических и информационных технологий (ИКИТ),
Сибирского федерального университета (СФУ),
660041, Красноярск, пр. Свободный, 79,
e-mails: maglinets@mail.ru, mtorrero@mail.ru, brejnev.ruslan@gmail.com, sosnin.alexey@
gmail.com, GTsybulsky@sfu-kras.ru, ksenia_248@mail.ru*

Рассмотрена программно-технологическая инфраструктура представления и обработки геопространственной информации муниципального района аграрной (агроиндустриальной) специализации на базе университетского центра приема и обработки данных дистанционного зондирования Земли, решающая задачи приема, обработки, индексации, хранения и предоставления геопространственной информации конечному потребителю на основе ГИС-веб-технологий. Описаны задачи автоматизированного детектирования залежных земель и полос противопожарной опашки на основе разработанной инфраструктуры.

Ключевые слова: дистанционное зондирование Земли, предварительная обработка, муниципальный район, программно-технологическая инфраструктура, пространственные данные, залежные земли, противопожарная опашка, ГИС, веб-сервис.

Введение

Согласно Концепции создания и развития инфраструктуры пространственных данных (ИПД) Российской Федерации (Концепция..., 2006), основной целью создания и развития ИПД Российской Федерации является создание условий, обеспечивающих свободный доступ органов государственной власти, органов местного самоуправления, организаций и граждан к пространственным данным и их эффективное использование. В иерархической структуре организации пространственных данных данные уровня муниципальных образований занимают фундаментальный уровень, представляя основу, на базе которой функционируют информационные системы (ИС) как собственно муниципальные, так и ИС уровня субъекта федерации и федерального уровня. В работе рассматриваются вопросы построения и использования пространственно-технологической инфраструктуры муниципального района Красноярского края аграрной (агроиндустриальной) специализации.

Среди задач, решаемых методами дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и ГИС, актуальных для муниципального района, следует выделить такие, как топографическое и ландшафтное картографирование, информационная поддержка задач территориального планирования и развития территорий, инвентаризация и мониторинг состояния лесных и сельскохозяйственных угодий, прогнозирование урожайности и др. Решение указанных задач требует наличия источников постоянно обновляемой информации, а также средств для ее получения, верификации, предварительной обработки, хранения, доставки по месту возникновения запроса, представления в виде, адаптированном для конкретного потребителя информации. Требования к пространственному и спектральному разрешению, частоте съемки определяются параметрами решаемых задач, а также свойствами наблюдаемых объектов подстилающей поверхности, такими, как размеры, динамика изменчивости, отражательные характеристики, сезонные факторы и др. Несмотря на постоянный рост орбитальной группировки космических аппаратов (КА) ДЗЗ и общую тенденцию снижения стоимости космосъемки, организация систем мониторинга непосредственно на базе администраций муни-

ципальных районов, по мнению авторов, нецелесообразна. Формирование среды решения рассматриваемых задач должно осуществляться на базе региональных, например университетских центров ДЗЗ с учетом оптимального распределения таких центров по территории России. Это позволяет: интегрировать ресурсы в едином центре, объединяя ДДЗ, предоставляемые правообладателями на основе открытого доступа, ДДЗ, приобретаемые по заказу конкретного потребителя, ДДЗ российской космической группировки, предоставляемые Роскосмосом в рамках программы ЕТРИС, создавать web-ГИС сервисы для муниципальных районов, отрабатывать и внедрять методические и технологические схемы формирования тематических продуктов в рамках решения конкретных задач мониторинга.

Программно-технологическая инфраструктура решения задач ДЗЗ, созданная в институте космических и информационных технологий Сибирского федерального университета (Маглинец, Брежнев, 2011), позволяет организовать сервис-ориентированную среду решения рассмотренного выше комплекса задач муниципального управления, позволяющую, в частности, обеспечивать точки ввода и актуализации данных наземных наблюдений конечным пользователем по месту их возникновения.

Описание программно-технологической инфраструктуры

В основе программно-технологической инфраструктуры представления и обработки геопространственной информации муниципального района лежит программно-аппаратный комплекс регионального центра ДЗЗ СФУ.

Основные компоненты комплекса — база данных космоснимков на основе СУБД Oracle для представления метаданных и файлового архива для хранения растровых сцен; сервер предоставления геопространственных данных по протоколу WMS GeoServer; система предварительной обработки растровых и векторных данных на основе продуктов ScanEx Image Processor, библиотек OGR и GDAL; веб-сервер Jetty. Web-интерфейс построен на основе HTML и JavaScript с использованием библиотеки OpenLayers.

Постоянно пополняемая база данных космоснимков позволяет осуществлять мониторинг изменения состояния объектов подстилающей поверхности. Существует возможность публикации пользователем информации о важных объектах земной поверхности: GPS-координаты, фотоснимки объектов, атрибутивная информация, а также путем публикации дополнительных «пользовательских» ГИС-слоев.

Первоначальная цель создания инфраструктуры — инвентаризация залежных земель муниципального района для вовлечения их в хозяйственный оборот. На базе web-технологий созданы тематические сервисы, позволяющие пользователю осуществлять доступ к информации о сельскохозяйственных угодьях и залежных землях района, включая средства поддержки решения задач агроландшафтного районирования, локализации границ сельхозугодий и залежных земель, ввода и анализа атрибутивной информации о плодородии почв, их химическом составе и др. В дальнейшем предполагается построение дополнительных сервисов для задач инвентаризации лесных угодий, зонирования пойменных районов в зависимости от вероятности разливов рек (планирование застройки) и др.

В качестве источников исходной информации послужили топографические карты района, данные архивной и оперативной космосъемки Aqua Modis, Terra Modis, Lansat-5, Lansat-7, Spot-4, «Ресурс-ДК».

При разработке решения для муниципального района в структуру существующего комплекса (Мальцев и др., 2011а) были дополнительно внесены такие компоненты, как подсистема управления векторными ГИС-слоями на основе open source проекта GeoServer и дополнительная система визуализации, использующая в своём составе OpenLayers, JQuery, PHP. На рис. 1, 2 представлена структура модифицированной системы в форме диаграмм пакетов и развёртывания UML.

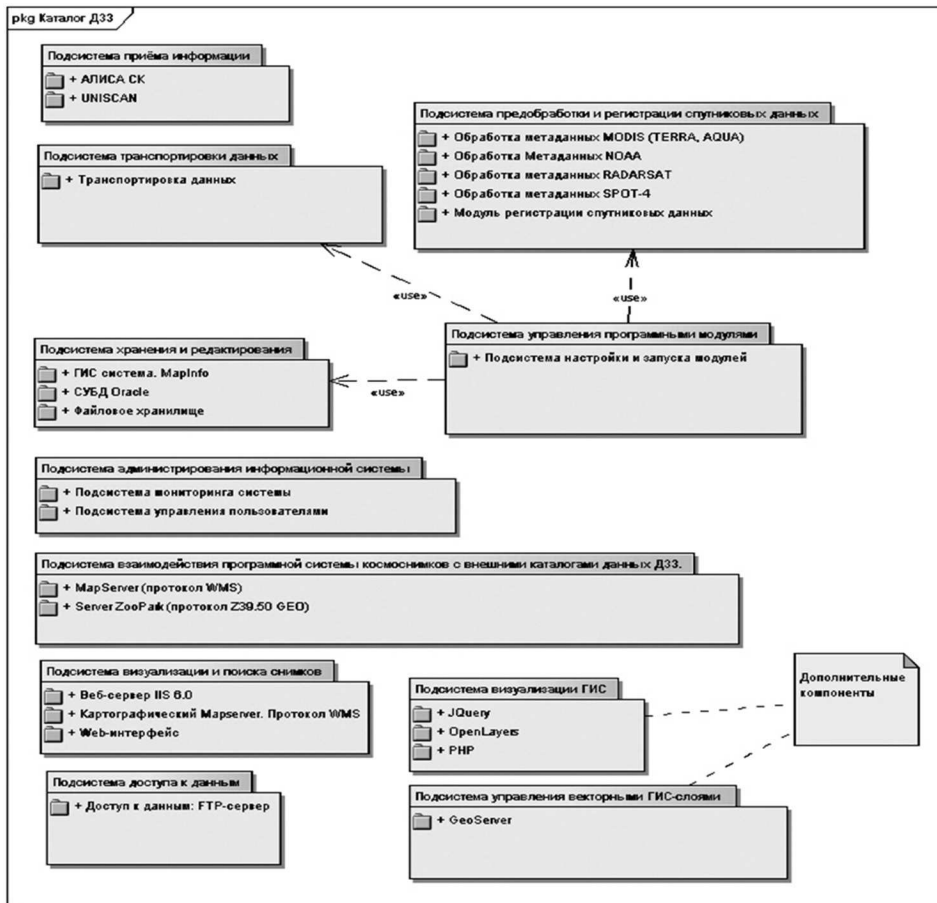


Рис. 1. Диаграмма пакетов UML. Организация элементов системы по группам (подсистемам)

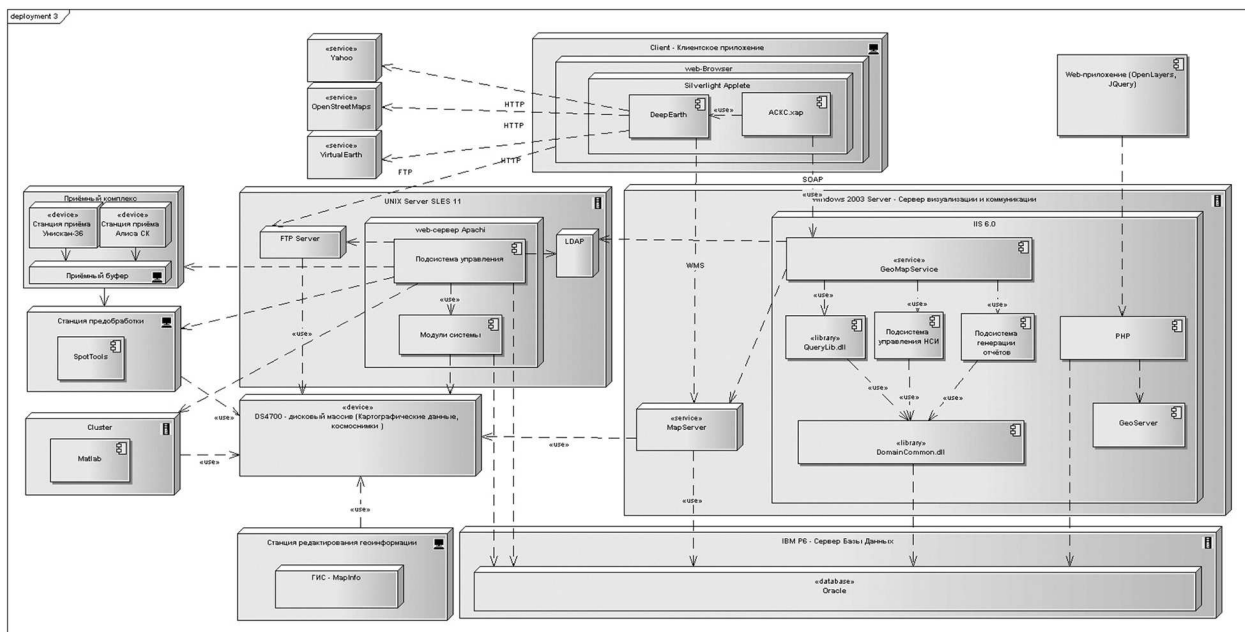


Рис. 2. Диаграмма компонентов и развертывания UML. Модель узловых компонентов системы и отношения между ними

Организация предварительной обработки спутниковых данных

Предварительная обработка космических изображений предусматривает набор стандартных процедур (Беленов, 2009): радиометрической коррекции искажений, вызванных

разницей в чувствительности датчиков сканирующей системы (L1A); геометрической коррекции систематических ошибок датчиков сканирующей системы, таких, как панорамные искажения, искажения вызванные вращением и кривизной Земли, колебанием высоты орбиты спутника (L1B); географической привязки с приведением к стандартной картографической проекции без использования наземных опорных точек (L2A). К предварительной обработке также можно отнести задачи атмосферной коррекции, оценки влияния облачного покрова и создание композитных изображений. Учитывая высокую вероятность получения сцен, частично, либо полностью закрытых облаками, целесообразно маскировать облачные пиксели и создавать композитные изображения, что позволяет повысить количество исходных данных, пригодных для их дальнейшей обработки.

Рассмотрим задачу детектирования облачности для КА SPOT4. Был использован модифицированный алгоритм Automatic Cloud Cover Assessment (ACCA) разработанный для КА Landsat-7 ETM+ (Irish, 2000). Отталкиваясь от обобщенных правил сегментации облачности, описанных для алгоритма ACCA в работах (El-Araby. Esam et al., 2005; Williams et al., 2002a, b), а так же ввиду отсутствия теплового диапазона съемки у сенсора HRVIR КА SPOT4, были приняты указанные ниже эмпирические критерии классификации. В ряду критериев классификации использовались значения альбедо по спектральным каналам, их отношения, а так же Normalized Differential Snow Index (NDSI), который рассчитывался по формуле:

$$NDSI = \frac{B3 - B4}{B3 + B4}, \quad (1)$$

где $B3$, $B4$ — альбедо спектральных каналов $B3(0,50-0,59)$, $B4(1,58-1,75)$; $B1-B4$ — спектральные каналы сенсора HRVIR спутника SPOT4 со спектральными диапазонами $B1(0,78-0,89)$, $B2(0,61-0,68)$, $B3(0,50-0,59)$, $B4(1,58-1,75)$.

Критерии классификации при сегментации облачности

Класс	Решающее правило
Снег	$(NDSI = \frac{B3 - B4}{B3 + B4} > 0,7) \text{ AND } (B1 > 0,1)$
Скалы и пустыня	$\frac{B1}{B4} < 0,6^*$
Безоблачно	$(B2 < 0,08) \text{ OR } (\text{Снег})$
Не определённо	$(\frac{B1}{B2} < 2) \text{ OR } (\frac{B1}{B3} < 2) \text{ OR } (\text{Скалы и пустыня}) \text{ AND } (\sim \text{Безоблачно})$
Облачность	$(\sim \text{Не определённо}) \text{ AND } (\sim \text{Безоблачно})$

* Порог с 0,83 изменен до 0,6 для уменьшения числа ложных срабатываний.

Входными данными для проверки работоспособности модернизированного алгоритма послужили космоснимки территории Красноярского края, полученные с КА SPOT-4. Полученные результаты показали, что ошибка классификации не превышает 10%, оценка проводилась визуально-экспертным путём. Следует отметить, что схожие результаты при сегментации облачности на данных ДЗЗ КА SPOT4 были получены в работе (Мальцев и др., 2011б),

однако визуально-экспертная оценка показала, что модифицированный алгоритм, представленный в настоящей статье, показывает лучшие результаты на областях, покрытых снегом и льдом. Данный алгоритм реализован в среде ENVI на языке программирования IDL, в результате работы алгоритма для исходного изображения строится бинарная маска облачности.

Задачи тематической обработки изображений

При поддержке гранта Красноярского краевого фонда поддержки научной и научно-технической деятельности на базе созданной инфраструктуры были осуществлены исследования по двум направлениям: локализация залежных земель; мониторинг осуществления противопожарной опашки.

Задача локализации залежных земель

В настоящее время в Красноярском крае имеется 1 млн га заброшенных земель. Это обуславливает актуальность задачи разработки методов обнаружения и локализации местоположения залежных земель (ЗЗ), включая пашни, сенокосы, пастбища, по космоснимкам, позволяющей выявить наиболее продуктивные ЗЗ и разработать рекомендации по их включению в хозяйственный оборот.

В качестве источников исходной информации выступают: картографический материал, имеющийся в открытом доступе; данные архивной съемки и текущих наблюдений (Aqua Modis, Terra Modis, Landsat), имеющиеся в открытом доступе; данные наземных наблюдений.

Методика локализации ДЗЗ содержит два основных этапа. На первом из них производится предварительная локализация местонахождения земель, которые потенциально могут быть использованы как сельхозугодия. На втором — точная локализация границ используемых и неиспользуемых сельхозугодий. Рассмотрим пошагово основные операции методики.

1. Формирование маски территорий несельскохозяйственного назначения на основе картографического материала. Выделяются территории, которые заведомо не могут быть интерпретированы, как целевые объекты, как то: водоемы, горные массивы, поймы рек, леса, населенные пункты и др.
2. Сбор результатов архивной и текущей космосъемки Aqua Modis, Terra Modis, Landsat на период вегетации. Предварительная обработка изображений; формирование композитных изображений; помещение информации в базу данных.
3. Формирование маски пашен. На территориях района, за вычетом маски территорий несельскохозяйственного назначения, осуществляется анализ разновременных ДДЗ Aqua Modis, Terra Modis. На основе сравнительного анализа поведения во времени естественных ландшафтов и обрабатываемых земель осуществляется локализация земель, участвующих в севообороте. Данные автоматической сегментации предъявляются эксперту для анализа и корректировки на основе снимков КА Landsat.
4. Локализация залежных земель, за вычетом сформированных выше масок. Используется: анализ разновременных изображений, сегментация на основе обучающих выборок, экспертные оценки.

Результирующая космокартограмма поверяется данными наземных исследований.

Задача мониторинга противопожарной опашки

В сезон сбора урожая зерновых культур увеличивается риск возникновения пожароопасной ситуации на полях. Для снижения риска возгорания необходимо производить вспашивание земли по контуру полей. Данная деятельность, осуществляемая хозяйствующими

субъектами, субсидируется органами власти, что выдвигает задачу контроля, с одной стороны, соблюдения правил противопожарной безопасности, с другой — эффективности использования бюджетных средств.

Сложность задачи оценивания противопожарной опасности определяется такими ее параметрами, как ограниченность измерений во времени (1–2 мес), существенная протяженность сельхозугодий, (по Красноярскому краю — 1252,9 тыс. га, малые размеры объектов (линейные объекты шириной от 4 м). Сократить количество участков мониторинга, требующих привлечения ДДЗ сверхвысокого разрешения, возможно с применением методики выявления потенциально опасных участков сельскохозяйственных полей в пожароопасный период по ДДЗ, на основе анализа границ сельскохозяйственных полей и прилегающих к ним социально-значимых объектов и территорий. К таким объектам согласно приказу Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (Приказ..., 2003) относятся лесные массивы, населенные пункты, автомобильные дороги, железные дороги, ЛЭП. Территории севооборота, не прилегающие к выше перечисленным объектам, а так же поля, не занятые посевами в данный сезон (чистый пар), необходимо исключить из дальнейшей обработки.

Для построения сезонной карты сельскохозяйственных участков муниципального района, требующих повышенного внимания в пожароопасный период, необходимо выявлять следующие объекты: граница лес/сельскохозяйственное поле, граница населенный пункт/сельскохозяйственное поле, граница автомобильная дорога/сельскохозяйственное поле, граница железная дорога/сельскохозяйственное поле, граница ЛЭП/сельскохозяйственное поле.

Методика создания карт участков муниципального района, требующих повышенного внимания в пожароопасный период, состоит из следующих этапов:

1. Получение исходной информации в векторном виде из сторонних источников о населенных пунктах, дорогах, железнодорожных путях, ЛЭП муниципального района.
2. Для получения актуальной информации о сельскохозяйственных полях и лесных массивах используются спутниковые ДДЗ SPOT4 и Landsat-5, прошедшие описанную выше предварительную обработку. В тематической обработке спутниковых данных следует выделить следующие этапы:
 - маскирование объектов нерастительного происхождения на основе использования имеющихся векторных данных и привлечения эксперта;
 - автоматическое выделение сельскохозяйственных полей с использованием индекса MVC на композитных изображениях с сериями NDVI за несколько недель или месяцев с вычислением статистики и признаков формы;
 - автоматическое разделение сельскохозяйственных полей, почв и лесов используя методы, описанные в (Барталёв, 2006) с использованием перпендикулярного вегетационного индекса PVI.
3. Поиск целевых объектов — границ сельскохозяйственных полей и социально-значимых объектов, с использованием исходных векторных данных и обработанных спутниковых данных ДДЗ, расстояние между которыми достигает до 30 м с учетом пространственного разрешения исходных спутниковых данных (SPOT4 — 10 м/пксел, Landsat 5 — 30 м/пксел).

Построение карты найденных целевых объектов

На рисунке 3 представлена карта участков муниципального района, требующих повышенного внимания в пожароопасный период. На карте выделены границы сельскохозяйственных полей и прилегающие к ним лесные массивы и автомобильные дороги.



Рис 3. Карта участков района, требующих повышенного внимания в пожароопасный период

Заключение

Создана программно-технологическая инфраструктура представления и обработки геопространственной информации муниципального района аграрной (агроиндустриальной) специализации на базе университетского центра приема и обработки данных дистанционного зондирования Земли, решающая задачи приема, обработки, индексации, хранения и предоставления геопространственной информации конечному потребителю. В качестве опытного полигона выступил Манский район Красноярского края. Было осуществлено агроландшафтное районирование территории района, создан ряд векторных геопространственных слоев, описывающих топографию, сельскохозяйственные угодья, залежные земли. Растровые слои постоянно обновляются за счет ДДЗ, принимаемых станцией на основе некоммерческих лицензий и импортируемых из внешних хранилищ ДДЗ, что позволяет получать оперативную информацию о состоянии подстилающей поверхности. Разработаны тематические сервисы на базе ГИС-веб-технологий, позволяющих пользователю системы получать доступ к информации, а также создавать собственные геопространственные объекты и тематические слои.

Литература

1. *Барталёв С.А., Лупян Е.А., Нейштадт И.А.* Методы выявления используемых пахотных земель по данным дистанционного зондирования со спутников // *Современные проблемы дистанц. зондирования Земли из космоса*. 2006. Т. 3. № 2. С. 271–280.
2. *Беленов А.В.* Стандартные уровни обработки и форматы представления данных ДЗЗ из космоса. *Мировой опыт / Геоматика*. 2009. № 4. С. 18–20.
3. Концепция создания и развития инфраструктуры пространственных данных Российской Федерации. Одобрена распоряжением Правительства РФ от 21.08.2006 г. № 1157-р.
4. *Маглинец Ю.А., Брежнев Р.В.* Развитие средств автоматизации приема и обработки спутниковой информации региональной системы ДЗЗ СФУ // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2011. Т. 8. № 3. С. 120–128.
5. *Мальцев Е.А., Маглинец Ю.А., Цибульский Г.М.* (2001a) Multipurpose Geoinformation Management

- System of Territories Along the Yenisei Meridian. Pattern Recognition and Image Analysis // Advances in Mathematical Theory and Applications. 2011. V. 21. N. 2. P. 290–292.
6. Мальцев Е.А., Сиротин Э.Е., Перфильев Д.А., Цибульский Г.М. (2016) Extracting a Cluster of Clouds in the SPOT 4 Satellite Images // Pattern Recognition and Image Analysis. Advances in Mathematical Theory and Applications. 2011. V. 21. N. 2. С. 501–504.
 7. Приказ Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий от 18 июня 2003 г. № 313: Об утверждении правил пожарной безопасности в Российской Федерации (ППБ 01-03).
 8. El-Araby. Esam et al. An Efficient Implementation of Automatic Cloud Cover Assessment (ACCA) on a Reconfigurable Computer // Earth-Sun System Technology Conference: Proc. 2005.
 9. Irish R.R. Landsat 7 Automatic Cloud Cover Assessment // Algorithms for Multispectral, Hyperspectral and Ultraspectral Imagery VI. SPIE, Orlando, FL., USA, 24–26 April, 2000. P. 348–355.
 10. Williams J.A., Dawood A.S., Visser S.J. (2002a) FPGA-based Cloud Detection for Real-Time Onboard Remote Sensing // Proc. IEEE Intern. Conf. Field-Programmable Technology (FPT 2002). 16–18 Dec. 2002. P. 110–116.
 11. Williams J.A., Dawood A.S., Visser S.J. (2001b) Real-Time Wildfire and Volcanic Plume Detection from Spaceborne Platforms with Reconfigurable Logic // 11th Australasian Remote Sensing and Photogrammetry Conf. Brisbane, Australia, 2–6 Sept. 2002.

Program-technological infrastructure of geospatial information representation and processing of municipal region

**Yu.A. Maglinets, E.A. Maltsev, R.V. Brezhnev,
A.S. Sosnin, G.M. Tsybulsky, K.V. Shatrova**

*Institute of space and informational technology (ISIT) of
Siberian Federal University (SFU),
660041, Krasnoyarsk, Svobodnyy av., 79,*

e-mails: maglinets@mail.ru, mtorrero@mail.ru, brejnevruslan@gmail.com, sosnin.alexey@gmail.com, GTsybulsky@sfu-kras.ru, ksenia_248@mail.ru

Program-technological infrastructure of geospatial information representation and processing of municipal region of agrarian (agro-industrial) specialization on the base of the university center of the Earth remote sensing data acquisition and processing for solving of the acquisition, processing, indexation, storing and geospatial information granting tasks on the base of GIS-web-technology considered in this article. The tasks of automation detection of the fallow lands and fire-prevention plowing strip on the base of developed infrastructure were described.

Key words: Earth remote sensing, preliminary processing, municipal region, program-technological infrastructure, spatial data, fallow lands, fire-prevention plowing, geographical informational system, web-service.