

## ВОПРОСЫ РАЗРАБОТКИ И ИНТЕГРАЦИИ ВИРТУАЛЬНОЙ СТАНЦИИ ПРИЕМА ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ С РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМОЙ

А. И. МАКЕРОВ<sup>1</sup>, Е. В. ДОБРОЛИНСКАЯ<sup>1</sup>, Е. А. УБРАНЦЕВА<sup>1</sup>,  
С. А. ЖЕЛЕЗНОВ<sup>2</sup>, В. Г. ЧЕРНЯКОВ<sup>2</sup>, А. Д. СЕЛЕЦКИЙ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>АО „Научно-исследовательский институт точных приборов“, 127490, Москва, Россия

<sup>2</sup>„НИИ КС имени А. А. Максимова“ – филиал АО „ГКНПЦ им. М. В. Хруничева“,  
141091, Московская область, г. Королев, Россия

E-mail: zheleznov@niiks.com

Рассмотрены возможности и методы создания, а также перспективы применения виртуальной станции приема данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) на базе информационного комплекса ДЗЗ Российской Федерации. Определен ряд проблем, касающихся формирования конечным потребителем запросов на получение данных ДЗЗ. Представлен сравнительный анализ зарубежных компаний-поставщиков данных ДЗЗ, на основе которого предложен вариант функционала виртуальной станции приема для автоматизации процесса получения информации.

**Ключевые слова:** виртуальная станция приема, дистанционное зондирование Земли, оперативность получения информации, заказ космических снимков, программное обеспечение, web-сервисы

В рамках научно-исследовательской работы, проводимой на основании программы Союзного государства „Мониторинг-СГ“, выполнено исследование возможности создания системы типа виртуальной станции приема данных (информации) дистанционного зондирования Земли (ВСПИ ДЗЗ). Был проведен анализ существующих реализаций подобной системы и их распространенности на рынке геопространственных сервисов, по результатам которого с учетом развития технологий разработки программного обеспечения и требований к программной реализации станции сформирован функционал ВСПИ.

Виртуальная станция приема — это информационный сервис (набор сервисов), позволяющий потребителю сформулировать требования к данным ДЗЗ, выдать запрос на их получение и осуществить прием информации от поставщика в требуемые сроки с требуемым качеством [1]. При этом могут быть использованы как собственные, так и арендуемые каналы связи (при условии отсутствия собственных средств приема и обработки данных ДЗЗ с космических аппаратов (КА)). В качестве поставщика информации могут выступать организации или ведомства, имеющие собственные средства приема и доступ к распределению ресурсов орбитальной группировки спутников.

По состоянию на 2014 г. наиболее развитой коммерческой составляющей рынка услуг по предоставлению данных ДЗЗ являлся американский сегмент, орбитальная группировка которого насчитывала более 36 спутников, при суммарной доле рынка около 61 %, доля России в целом составляла лишь 2 % рынка [2, 3]. В настоящее время ситуация меняется в лучшую сторону, однако еще далека от желаемой. Такое положение связано с тем, что крупнейшие потребители данных ДЗЗ, так же как и поставщики являются предприятиями государственного сектора и, таким образом, оборот информации происходит в замкнутом пространстве [4].

Среди отечественных поставщиков данных ДЗЗ только Научный центр оперативного мониторинга Земли (НЦ ОМЗ, Москва) является действующим оператором КА российской орбитальной группировки [5], тогда как другие — официальные дистрибьюторы. Для уточнения

функциональных возможностей и определения облика ВСПИ были рассмотрены аналогичные системы от иностранных поставщиков.

Наиболее крупными поставщиками данных ДЗЗ по состоянию на 2016 г. являются: АО „Российские космические системы“, Сканэкс (Россия), DigitalGlobe (США), RapidEye AG (Германия), Astrium GEO-Information Services (Франция—Германия), MDA (Канада), e-GEOS (Италия), PASC0 (Япония), DMCii (Великобритания), GS4EO Deimos (Испания), National Remote Sensing Centre—Indian Space Research Organisation (NRSC—ISRO, Индия).

В рамках исследования проведен сравнительный анализ алгоритмов и методов реализации заказа космических снимков, а также способов получения данных ДЗЗ. Сравнение велось по способу предоставления функциональных возможностей для пользователя при осуществлении заказа. Перечень необходимых функций ВСПИ (табл. 1), в соответствии с которым проводилось сравнение поставщиков, сформирован на основе опыта разработки программных комплексов взаимодействия с потребителем. Результаты сравнения наиболее известных компаний-поставщиков и операторов данных ДЗЗ (согласно приведенному в табл. 1 функционалу) представлены в табл. 2.

Таблица 1

№ п/п	Функция ВСПИ
1	Предоставление возможности выбора требуемого района земной поверхности для получения данных ДЗЗ с определением координат района при визуальном варианте
2	Анализ возможности получения информации от доступных космических средств ДЗЗ по выбранным районам с учетом требований к качеству информации и уровню обработки
3	Определение доступных дат передачи и получения информации по выбранным регионам
4	Автоматическое формирование и организация процесса отправки заявки на получение данных ДЗЗ с указанием требований по качеству продукции и срокам выполнения
5	Обеспечение процесса контроля выполнения заявки
6	Контроль получения данных ДЗЗ по заявкам с возможностью просмотра предварительной обзорной информации по сформированным заявкам
7	Автоматическая синхронизация справочной информации по техническим характеристикам космических средств ДЗЗ, доступных для заказа, а также по начальным условиям движения центра масс орбитальной группировки КА
8	Предоставление возможности работы в автономном режиме (без сетевого доступа к средствам синхронизации данных) для планирования и обработки информации
9	Возможность организации хранения и предоставления архивных данных операторам

Скорость получения информации от операторов космических средств (КС) ДЗЗ оценивается с учетом оперативности „сброса“ снимка с КА и скорости его обработки, при этом время на обработку заявки от пользователя и передачу итоговых данных потребителю не учитывается [6]. Время, затрачиваемое на обработку заявки определяется, в первую очередь, человеческим фактором, все заявки на получение информации обрабатываются специалистами-операторами в автоматизированном режиме.

Для обеспечения возможности тестирования и отработки экспериментального программного комплекса (ЭПК) ВСПИ были созданы дополнительные программы:

- экспериментальный сервис передачи данных;
- программа-имитатор работы оператора КС ДЗЗ.

В качестве экспериментального образца был создан комплекс ВСПИ, для разработки которого были приняты следующие технологические решения:

- разработка ЭПК ВСПИ на языке C#;
- реализация функций обмена с оператором КС ДЗЗ по протоколу WCF с использованием ssl сертификата;
- реализация работы с картой с использованием инструментария геоинформационной системы MapInfo.

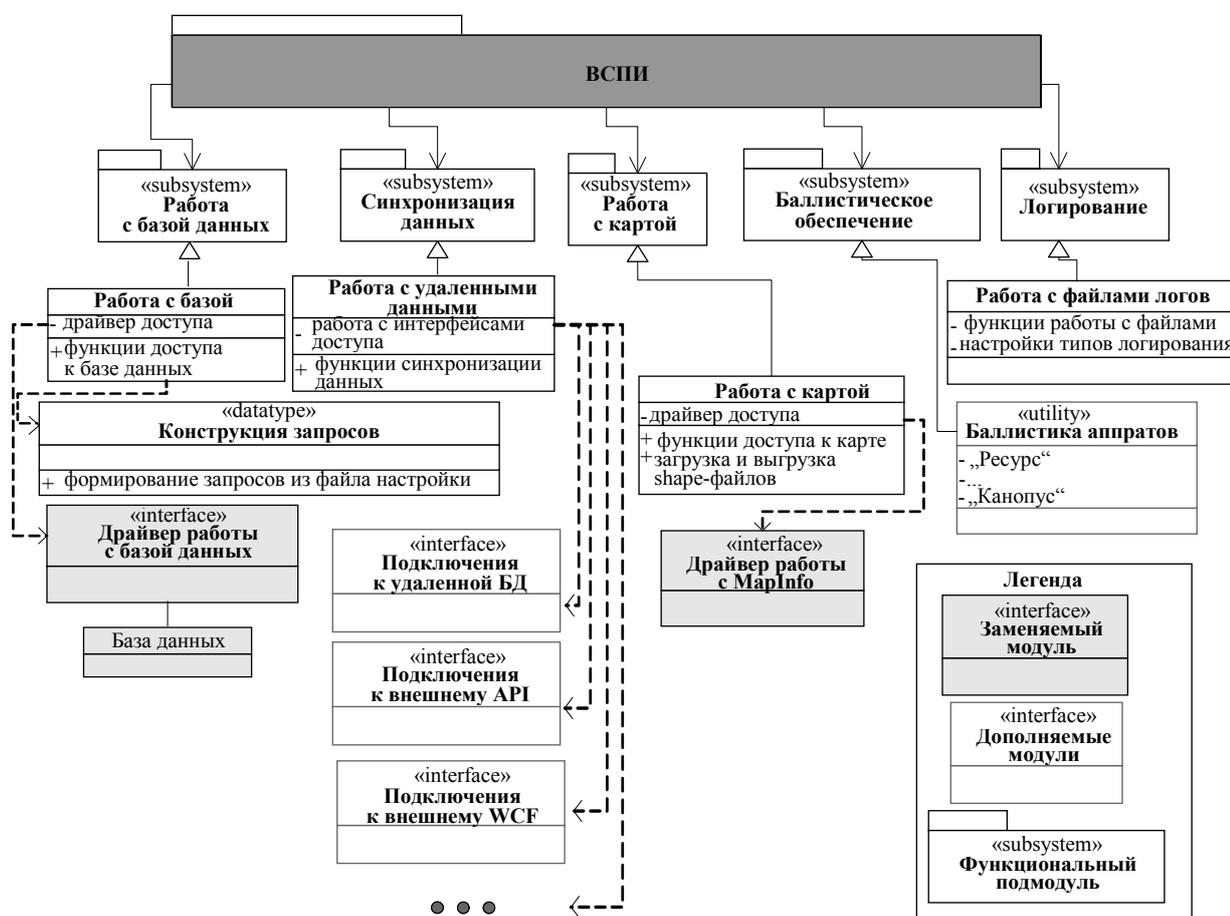
Таблица 2

Функция (согласно табл. 1)	ИЦ ОМЗ	Компания „Совзонд“	ImageSat International	DigitalGlobe	GS4EO (Deimos)	ООО „Ракурс“	NRSC—ISRO
1	Через web-сервис „Геопортал“	Web-интерфейс проекта	Использование программы “GoogleEarth”	Использование программы “GoogleEarth” или web-портала (Imagefinder)	Web-сервис по спутникам Deimos	Web-сервис на сайте „ракурс“	Предлагаемое ПО ВСПИ (PRANAV)
2	Не доступна в интерфейсе пользователя	Не описана	Использование программы “GoogleEarth” и каталога NORAD	Использование бесплатного ПО и каталога NORAD	Web-сервис по спутникам Deimos	Web-сервис — по иностранным спутникам	По доступным для получения данных спутникам
3	Отсутствует	Не описана	Отсутствует	Отсутствует	Web-сервис по спутникам Deimos	Отсутствует	По доступным спутникам
4	„Геопортал“; в ручном режиме (почта/телефон)	В ручном режиме (почта/телефон)	В ручном режиме (почта/телефон)	В ручном режиме (почта/телефон)	Web-сервис или в ручном режиме (почта/телефон)	В ручном режиме (почта/телефон)	ВСПИ или в ручном режиме (почта/телефон)
5	В ручном режиме (почта/телефон)	В ручном режиме (почта/телефон)	В ручном режиме (почта/телефон)	В ручном режиме (почта/телефон)	Web-сервис	В ручном режиме (почта/телефон)	Не описана
6	По заказанному каналу	Web-интерфейс	Не описана	По заказанному каналу	По заказанному каналу	По заказанному каналу	ВСПИ
7	Работа только online	Не описана	Отсутствует	Работа только online	Работа только online	Работа только online	Синхронизация ВСПИ с сервером
8	Отсутствует	Не описана	Отсутствует	Использование бесплатного ПО и каталога NORAD	Доступна по спутникам Deimos	Отсутствует	ВСПИ (по доступным спутникам)
9	Через web-сервис „Геопортал“	Web-интерфейс проекта	Возможно использование программы “GoogleEarth”	Возможно использование программы “GoogleEarth”	Доступна по спутникам Deimos	Не описана	Предлагается разработанное ПО

Данные решения были приняты на основании имеющегося набора технологий и опыта работы с геопространственной информацией, что позволило сфокусировать внимание на логике поставленной задачи, а не на реализации сервисных модулей.

Архитектура комплекса сформирована по модульному принципу (см. рисунок). Предусмотрены производящие работу с внешними интерфейсами отдельные модули, в задачу которых входила минимизация трудозатрат при переходе к реальному поставщику данных или при последующей смене поставщика.

Предложенная архитектура позволяет заменять драйверы базы данных и структуру запросов к ней, не меняя основного приложения, а также заменять драйвер отображения карты или саму карту. Модуль баллистического обеспечения вынесен отдельно, что позволяет дополнить или изменить его в зависимости от типов движения аппаратов. Выделение функционала по обмену с внешним источником в отдельный расширяемый модуль позволяет, при необходимости, дополнять систему методами обмена данных с новыми поставщиками информации непосредственно на стороне клиента.



Список параметров, сформированный для взаимодействия с пользователем, — наименование заявки, приоритет внутри заявки, период наблюдения, периодичность, список спектральных диапазонов для съемки — позволяет автоматизировать работу операторов за счет сокращения этапов согласования заявки.

Заявка по мере обработки может находиться в состоянии (статус):

- сформирована;
- отправлена;
- получена;
- в обработке;
- отклонена с указанием причины;

- частично покрыта (например, архивными снимками);
- отправлена „в планирование“ (ожидает возможности на съемку);
- покрыта (полностью закрыта);
- завершена;
- просрочена.

Наиболее важные из состояний, необходимые и достаточные для правильной работы автоматизированной системы заказа космических снимков, следующие: отправлена, обрабатывается, отклонена, закрыта. Данные об этих состояниях операторы, планирующие получение информации, и операторы, взаимодействующие с потребителями, могут заполнять автоматически в процессе работы с заявкой. Для присвоения заявке дополнительных состояний необходимо участие оператора в принятии решения.

Внедрение элементов автоматизации взаимодействия оператора КС ДЗЗ и потребителя приведет к уменьшению нагрузки на оператора и соответственно к снижению себестоимости продукции. Важным психологическим аспектом рассматриваемой технологии является возможность для пользователя контролировать ход процесса выполнения заявки, получая информацию о текущем ее состоянии без дополнительной связи с оператором. Автоматизация процесса формирования заявки и применение единой структуры и формата заказа снимков позволяют унифицировать процесс и уменьшить количество ошибок, связанных с человеческим фактором.

Применение ВСПИ на базе разработанного экспериментального программного комплекса потребует модернизации имеющихся, в частности, в НЦ ОМЗ средств заказа информации, что будет способствовать усовершенствованию существующей на данный момент технологии.

Эффективность ВСПИ достигается за счет прозрачности доступа и увеличения скорости реализации заказа данных ДЗЗ, скорости получения и обработки информации, наличия широкого спектра функциональных возможностей при использовании существующей геоинформационной платформы. Архитектура ЭПК ВСПИ позволяет наращивать ее функционал, включая новые методы и средства работы с различными поставщиками, ГИС-системами и т.д. Модульность системы упрощает и делает максимально экономичными процессы ее сопровождения и обновления.

Процесс получения справочных и исходных данных из открытых источников признается частично перспективным. Данный способ можно использовать для получения необходимых для расчета исходных данных по положению космических аппаратов.

В процессе создания серийного образца ВСПИ следует учесть, что функционал заложенных в него решений определяется в условиях большой степени неопределенности. Ограничения на открытый доступ к части данных ДЗЗ, обусловленные правовым аспектом распространения конфиденциальной информации, повышают степень неопределенности алгоритмов принятия решения, заложенных в ВСПИ. Тем не менее достигнутые в ходе научно-исследовательской работы результаты значимы не только с точки зрения решения задач данного проекта, но и как теоретические, и прикладные решения для разработки других автоматизированных систем информационной поддержки, например, при решении ключевых проблем целевого применения орбитальной группировки КА ДЗЗ [7].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kihn E., Elvidge C. Virtual Satellite Receiving Station / National Geophysical Data Center NOAA. Boulder, CO, USA, 2013.
2. Анпилогов В. Р. О рынке дистанционного зондирования Земли из космоса и его нормативно-правовом регулировании. Состоится ли развитие российского рынка ДЗЗ? // Технологии и средства связи. 2014.

3. Заказ данных. Научный центр оперативного мониторинга Земли [Электронный ресурс]: <<http://www.ntsomz.ru/zakaz/data>>, 12.04.2016.
4. Лавров В. Н. ГИА „Иннотер“. Аналитический обзор космических программ ДЗЗ России и зарубежных стран [Электронный ресурс]: <<https://innoter.com/scientific-articles/1092>>, 12.04.2016.
5. Шевчук Р. Б. Комплексы приема информации с российских спутников ДЗЗ [Электронный ресурс]: <<http://geomatica.ru/clauses/87/>>, 12.04.2016.
6. Грудин И. В., Зубачев А. М., Бугайченко П. Ю. Методика оценивания оперативности получения информации от космических систем дистанционного зондирования Земли // Информатика, вычислительная техника и управление. 2017. № 43(1).
7. Заичко В. А. Проблемные вопросы целевого применения космических средств ДЗЗ, приема, обработки, хранения и распространения данных ДЗЗ из космоса // XIII Всерос. открытая конф. „Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса“, 16—20 нояб. 2015. М.: ИКИ РАН, 2015 [Электронный ресурс]: <[http://smiswww.iki.rssi.ru/d33\\_conf/files/presentation/2015/plenar/Zaichko.pdf](http://smiswww.iki.rssi.ru/d33_conf/files/presentation/2015/plenar/Zaichko.pdf)>, 30.12.2015.

#### Сведения об авторах

- Александр Игоревич Макиров** — НИИ точных приборов; начальник отдела;  
E-mail: [niitp.otdel43@yandex.ru](mailto:niitp.otdel43@yandex.ru)
- Екатерина Владимировна Добролинская** — НИИ точных приборов; инженер-программист;  
E-mail: [niitp.otdel43@yandex.ru](mailto:niitp.otdel43@yandex.ru)
- Екатерина Александровна Убранцева** — НИИ точных приборов; ведущий инженер;  
E-mail: [niitp.otdel43@yandex.ru](mailto:niitp.otdel43@yandex.ru)
- Сергей Александрович Железнов** — канд. техн. наук; „НИИ КС имени А. А. Максимова“ – филиал АО „ГКНПЦ им. М. В. Хруничева“; начальник отдела;  
E-mail: [zheleznov@niiks.com](mailto:zheleznov@niiks.com)
- Вадим Георгиевич Черняков** — „НИИ КС имени А. А. Максимова“ – филиал АО „ГКНПЦ им. М. В. Хруничева“; зам. начальника отдела;  
E-mail: [chernyakov@niiks.com](mailto:chernyakov@niiks.com)
- Алексей Дмитриевич Селецкий** — „НИИ КС имени А. А. Максимова“ – филиал АО „ГКНПЦ им. М. В. Хруничева“; старший научный сотрудник;  
E-mail: [seleckiy@niiks.com](mailto:seleckiy@niiks.com)

Поступила в редакцию  
26.02.18 г.

**Ссылка для цитирования:** Макиров А. И., Добролинская Е. В., Убранцева Е. А., Железнов С. А., Черняков В. Г., Селецкий А. Д. Вопросы разработки и интеграции виртуальной станции приема данных дистанционного зондирования Земли с распределенной информационной системой // Изв. вузов. Приборостроение. 2018. Т. 61, № 8. С. 713—719.

#### ISSUES OF DEVELOPMENT AND INTEGRATION OF VIRTUAL RECEIVING STATION FOR THE EARTH REMOTE SENSING DATA WITH A DISTRIBUTED INFORMATION SYSTEM

A. I. Makerov<sup>1</sup>, E. V. Dobrolinskaya<sup>1</sup>, E. A. Ubrantseva<sup>1</sup>,  
S. A. Zheleznov<sup>2</sup>, V. G. Chernyakov<sup>2</sup>, A. D. Seleskiy<sup>2</sup>

<sup>1</sup>JSC “Science-Research Institute of Precision Instrument”, 127490, Moscow, Russia

<sup>2</sup>A. A. Maksimov Space Systems Research Institute – Branch  
of Khronichev State Research and Production Space Center JSC,  
141091, Moscow Region, Korolev, Russia  
E-mail: [zheleznov@niiks.com](mailto:zheleznov@niiks.com)

Capabilities and methods of creation, as well as the prospects and applications of virtual receiving station for the Earth remote sensing (ERS) data based on the information complex of ERS of the Russian Federation. Several problems related to formation of requests for remote sensing data by the end user have been identified. A comparative analysis of foreign companies providing remote sensing data is presented. Based on the analysis, a variant of the virtual receiving station functioning is proposed to automate the process of obtaining information.

**Keywords:** virtual receiving station, remote sensing of the Earth, ordering space images, software, web services

#### REFERENCES

1. Kihn E., Elvidge C. *Virtual Satellite Receiving Station, National Geophysical Data Center NOAA*, Boulder CO, US, 2013.
2. Anpilogov V.R. *Tekhnologii i sredstva svyazi*, 2014, <http://lib.tsonline.ru/articles2/sputnik/orynke-distantionnogo-zondirovaniya-zemli-iz-kosmosa-i-ego-normativno-pravovom-regulirovanii-sostoitsya-li-razvitie-rossiyskogo-rynka-dzz?> (in Russ.)
3. <http://www.ntsomz.ru/zakaz/data>. (in Russ.)
4. <https://innoter.com/scientific-articles/1092>.
5. <http://geomatika.ru/clauses/87>. (in Russ.)
6. Grudin I.V., Zubachev A.M., Bugaychenko P.Yu. *Izvestiya Instituta inzhenernoy fiziki*, 2017, no. 43(1), pp. 80–85. (in Russ.)
7. [http://smiswww.iki.rssi.ru/d33\\_conf/files/presentation/2015/plenar/Zaichko.pdf](http://smiswww.iki.rssi.ru/d33_conf/files/presentation/2015/plenar/Zaichko.pdf). (in Russ.)

#### Data on authors

- |                                    |  |
|------------------------------------|--|
| <b>Alexander I. Makerov</b>        | — JSC “Science-Research Institute of Precision Instrument”; Head of Department; E-mail: niitp.otdel43@yandex.ru  |
| <b>Ekatherina V. Dobrolinskaya</b> | — JSC “Science-Research Institute of Precision Instrument”; Engineer Programmer; E-mail: niitp.otdel43@yandex.ru   |
| <b>Ekatherina A. Ubrantseva</b>    | — JSC “Science-Research Institute of Precision Instrument”; Leading Engineer; E-mail: niitp.otdel43@yandex.ru  |
| <b>Sergey A. Zhelezov</b>          | — PhD; A. A. Maksimov Space Systems Research Institute – Branch of Khronichev State Research and Production Space Center JSC; Head of Department; E-mail: zhelezov@niiks.com     |
| <b>Vadim G. Chernyakov</b>         | — A. A. Maksimov Space Systems Research Institute – Branch of Khronichev State Research and Production Space Center JSC; Deputy Head of Department; E-mail: chernyakov@niiks.com |
| <b>Alexey D. Seleskiy</b>          | — A. A. Maksimov Space Systems Research Institute – Branch of Khronichev State Research and Production Space Center JSC; Senior Scientist; E-mail: seleckiy@niiks.com            |

**For citation:** Makerov A. I., Dobrolinskaya E. V., Ubrantseva E. A., Zhelezov S. A., Chernyakov V. G., Seleskiy A. D. Issues of development and integration of virtual receiving station for the Earth remote sensing data with a distributed information system. *Journal of Instrument Engineering*. 2018. Vol. 61, N 8. P. 713–719 (in Russian).

DOI: 10.17586/0021-3454-2018-61-8-713-719