

8. Ковалевский В.В., Брагинская Л.П., Григорюк А.П. Информационно-аналитическая система для вибросейсмических исследований // Проблемы информатики. –Новосибирск, 2013. № 3. С. 22–29.

9. Брагинская Л.П., Григорюк А.П., Загорюлько Г.Б. Организация портала знаний «Активная сейсмология» // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015: мат. междунар. науч. конф. Т. 1. Новосибирск: СГУГиТ, 2016. Т. 2. С. 19–24.

10. Загорюлько Ю.А. Технология разработки интеллектуальных научных интернет-ресурсов, ориентированная на экспертов предметной области // Инфраструктура научных информационных ресурсов и систем: Сборник избранных научных статей. Труды Четвертого Всероссийского симпозиума (С.-Петербург, 6–8 октября 2014 г.). Под ред. Е.В. Кудашева, В.А. Серебрякова. – М.: ВЦ РАН, 2014 Т. 1. С. 69–86.

#### **Application of geoinformation technologies in vibro-seismic researches**

*Valeriy Victorovich Kovalevskiy, Doctor of Technical Science, Deputy Director, Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS*

*Lyudmila Petrovna Braginskaya, Lead Programmer, Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS*

*Andrey Pavlovich Grigoryuk, Researcher, Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS*

*Alexey Gennadievich Fatyanov, Doctor of Phys.-Math. Science, Head of Laboratory, Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS*

*Dmitry Alekseevich Karavaev, Candidate of Phys.-Math. Science, Researcher, Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS*

*The article deals with the fundamentals of the vibroseismic research method and the application of geoinformation technologies in problems of studying the deep structure of the Earth's crust, monitoring geodynamic processes in seismically active areas, geophysical and engineering applications. The scientific information service presented in the article (<http://opg.sccc.ru>), developed in the ICMMG SB RAS, provides a holistic view of the subject area and various aspects of scientific activity in active seismology, covering all the main stages of scientific research: experiment, modeling, bibliography, publication of the results and their discussion.*

*Key words: vibroseismic research, Earth's crust, geodynamic processes, active seismology, scientific information system, ontology, knowledge portal.*

УДК 528.852

### **МОДЕЛЬ ОБЛАЧНОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ**

*Алексей Александрович Бучнев, канд. техн. наук, ст. науч. сотр.,  
e-mail: baa@ooi.sccc.ru,*

*Валерий Павлович Пяткин, д-р техн. наук, профессор,  
зав. лабораторией обработки изображений,  
e-mail: pvp@ooi.sccc.ru,*

*Институт вычислительной математики  
и математической геофизики СО РАН, г. Новосибирск,  
<http://loi.sccc.ru>*

*Фёдор Валерьевич Пяткин, мл. науч. сотр.,  
e-mail: fep@ya.ru,  
Сибирский центр ФГБУ «НИЦ «Планета»,  
<http://www.rcpod.ru>*

Рассматривается модель облачной среды, предоставляющая услуги обработки данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) в рамках облачной модели SaaS. Фактически это совокупность Web-сервисов, реализующих функциональные модули программного комплекса обработки данных ДЗЗ *PlanetaMonitoring*.

*Ключевые слова:* дистанционное зондирование, программное обеспечение *PlanetaMonitoring*, облачная среда, Web-сервис, линеаменты, кольцевые структуры

*Работа выполнена частично при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 16-07-00066) и Программы Л.33П фундаментальных исследований Президиума РАН (проект № 0315-2015-0012).*

Целью работы является разработка и реализация модели (макета) облачной среды, предоставляющей услуги обработки данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) в рамках облачной модели SaaS. Фактически это совокупность Web-сервисов, реализующих функциональные модули программного комплекса обработки данных ДЗЗ *PlanetaMonitoring*. Функциональные возможности разработанного в ИВМиМГ СО РАН совместно с ФГБУ «НИЦ «Планета» программного комплекса **PlanetaMonitoring** для обработки данных ДЗЗ дают возможность использовать при их обработке практически функционально полный набор операций [1]. Программный комплекс **PlanetaMonitoring** реализует технологии предварительной и тематической обработки многоспектральной спутниковой информации оптического, инфракрасного и микроволнового диапазонов. В процессе предварительной обработки спутниковых данных осуществляются яркостные и геометрические преобразования, геокодирование, составление обзорных монтажей и другие. Тематическая обработка многоспектральных спутниковых данных включает технологии распознавания объектов (без обучения и с обучением), выделения и картирования линеаментов и кольцевых структур, а также пространственного перемещения природных объектов (ледяных полей, водных масс, облачных образований в атмосфере). Каждая из перечисленных выше программных технологий комплекса **PlanetaMonitoring** реализована в виде Windows-приложения. В данной работе предлагается подход к организации облачной среды, способной обеспечить надёжное и эффективное выполнение этих Windows-приложений при обработке данных ДЗЗ.

В настоящее время становится актуальным использование Internet-технологий для оперативной интеграции информационно-вычислительных ресурсов для решения задач обработки данных ДЗЗ. Новая парадигма облачных вычислений (cloud computing) даёт такую возможность [2]. Основная идея облачных вычислений — технологии распределённой обработки и хранения данных, в которых все необходимые ресурсы предоставляются пользователю как Internet-сервис. Концептуально технологию облачных вычислений делят на предоставление инфраструктуры в качестве сервиса (IaaS, Infrastructure as a Service), платформы в качестве сервиса (PaaS, Platform as a Service) или программного обеспечения в виде сервиса (SaaS, Software as a Service), а также многих других придуманных и ещё не придуманных Internet-технологий для удалённых пользовательских вычислений. В данной работе основное внимание будет уделено облачной концепции SaaS (Software as a Service, «программное обеспечение как услуга»). В работе рассматривается разработка макетов Web-сервисов, реализующих программные технологии (Windows-приложения) комплекса **PlanetaMonitoring**, что решает новую задачу предоставления услуг обработки данных ДЗЗ в рамках облачной модели SaaS. Макеты сервисов реализуются на платформе Windows и состоят из двух компонент. Вычислительной компоненты, созданной на основе разработанного ранее соответствующего Windows-приложения, и Web-интерфейса, выполненного на основе свободного Web-сервера Apache. Одна из важных операций, реализованных в комплексе **PlanetaMonitoring**, — обнаружение объектов заданной формы (линеаментов и кольцевых структур) на космических снимках (программа LINECOIL[3]). Материалы аэрокосмических съём-

мок показали повсеместное распространение линейных и кольцевых образований в структуре земной коры, что обусловило широкий интерес к ним со стороны исследователей, изучающих нашу планету. При обработке космических снимков с целью обнаружения на них объектов, представляющих интерес, в силу целого ряда причин предпочтение отдается статистическому подходу [4-5]. Основная причина состоит в том, что вследствие случайного характера природных процессов данные дистанционных измерений содержат много случайных вариаций, маскирующих различия значений яркости изображения в точках области объекта и в точках области фона. В подобной ситуации надежные алгоритмы обнаружения могут быть построены только с помощью вероятностного (статистического) подхода. Есть целый ряд прикладных задач ДЗЗ, для которых очень важна

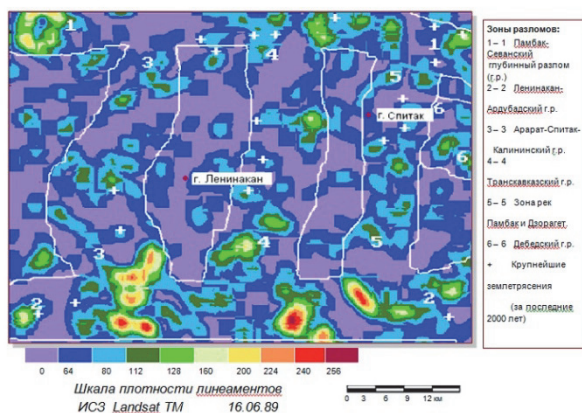


Рис.1.

задача выделения линейных и кольцевых структур на космических изображениях. Прежде всего, это геологические исследования Земли из космоса. Так обработка аэрокосмических изображений восточной части Сибирской платформы Якутской кимберлитоносной провинции показала геологически значимую корреляцию выделенной статистическим методом системы линейных элементов и типов зон разрывных нарушений. Статистический метод выделения линейных и кольцевых структур на космических снимках оказался достаточно эффективным при решении ряда задач экологических исследований Земли из космоса. Одна из них связана с изучением и картированием сейсмоопасных регионов по данным цифровой обработки космических снимков и комплекса наземных наблюдений. С использованием статистического подхода была проведена автоматизированная обработка космических снимков района Спитакского землетрясения (1988г.) и выделены две новые, крупные дизъюнктивные зоны, не совпадающие с зонами известных глубинных разломов, и по-видимому, играющие более суще-

ственную роль в тектонической структуре территории, чем это представлялось ранее. На рис.1 представлены зоны разломов Спитакского землетрясения, нанесённые на карту плотности выделенных линеаментов.

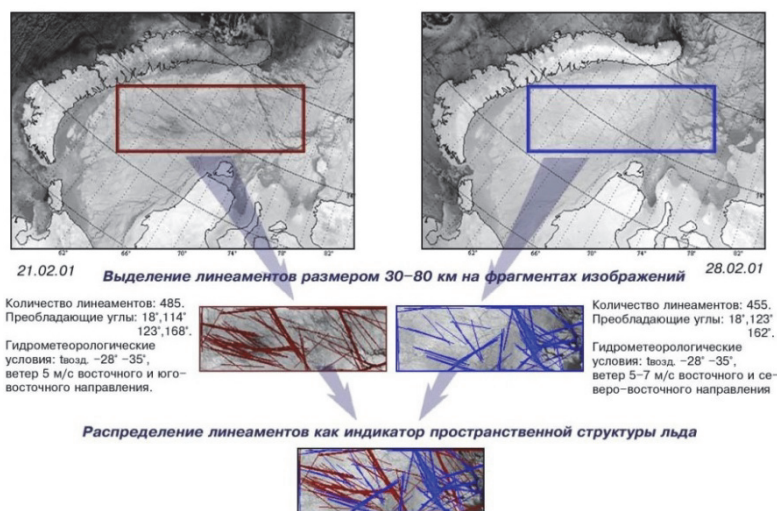


Рис.2.

известные сейсмодислокации, разрушения в населенных пунктах и афтершоки Спитакского землетрясения приурочены к выделенным зонам и согласуются с их типом. Результаты могут служить основой для разработки новой технологии выделения дизъюнктивных зон, аномальных с точки зрения сейсмоопасности. Метод должен повысить точность и достоверность картирования территорий Земли по степени сейсмической

На основе этой качественно новой информации, полученной по данным ДЗЗ, изучена геодинамическая обстановка региона. Показано, что практически все из-

опасности. В дальнейшем методика применялась для анализа сейсмических структур и оценки сейсмического риска сейсмически активных зон ряда других территорий: Калифорнии, Китая, Камчатки, Балкан.

В последнее время алгоритм линеаментного анализа космических изображений используется в мониторинге ледовой обстановки в полярных районах Земли в практике оперативной работы ФГБУ «НИЦ «Планета». Наблюдение за состоянием ледяного покрова Земли является одной из традиционных задач гидрометеорологии, климатологии и, в целом, мониторинга состояния окружающей среды. Оперативная информация о пространственном распределении, дрейфе, типе, возрасте, концентрации морского льда и айсбергов необходима для обеспечения безопасности навигации, рыболовства, добычи нефти и газа в полярных районах, а также для составления ледовых прогнозов различной заблаговременности. С точки зрения климатологии чрезвычайно важно накопление и анализ многолетних рядов данных о различных характеристиках ледяного покрова, являющихся индикаторами изменений регионального и глобального климата (границы и площади распространения морского льда, изменения границ материкового и шельфового льда Антарктиды и Гренландии, динамика отколов и разрушений айсбергов). Результат линеаментного анализа двух разновременных фрагментов изображений акватории Карского моря, покрытой льдом (по данным ИСЗ NOAA-14; AVHRR; 10.5-11.5 мкм) представлен на рис. 2.

В проблеме космической охраны Земли существует настоятельная необходимость изучения процессов падения небесных тел на Землю и картирование мест их падения.

Два исторических космических факта подчеркивают актуальность решения проблемы выделения импактных кратеров на космических снимках, представленных кольцевыми структурами. Это, безусловно, падение на Землю Тунгусского метеорита (1908 г.) и столкновение кометы Шумейкера-Леви с планетой Юпитер (1994 г.). Заслуживает внимания и Челябинский метеорит (15.03.2013 г.), самый крупный метеорит, упавший на территорию Сибири после Тунгусского метеорита. На рис.3 представлен результат выделения импактного кратера Жаманшин (Северное Приаралье, Казахстан) с использованием Windows-приложения по данным, полученным с ИСЗ "Метеор-3М".

Учитывая важность программы LINECOIL для прикладных дистанционных исследований Земли, в качестве первого элемента модели облачной среды обработки



Рис.3.

данных ДЗЗ был реализован макет Web-сервиса по выделению линейных и кольцевых структур [6]. На рис.4. представлен скриншот сеанса работы с макетом облачного сервиса по выделению линеаментов и кольцевых структур.

На исходном космическом снимке (слева) выделена кольцевая структура (изображена на снимке справа), представляющая импактный кратер Маникуаган (Канада). Все необходимые для работы соответствующей процедуры данные собраны в текстовом файле, имя которого является входным параметром. Все конкретные значения параметров (выделены курсивом в скриншоте) задаются в интерактивном режиме в данном сеансе работы с макетом. Вычислительная компонента передает в вызывающую среду код завершения, означающий либо успешное обнаружение объектов, либо ошибочный вызов (как правило, обнаруживаются неверные значения вводимых параметров). В случае успешного завершения формируются два файла с одним и тем же изображением обнаруженных объектов: один файл в формате BMP, второй в формате JPEG.

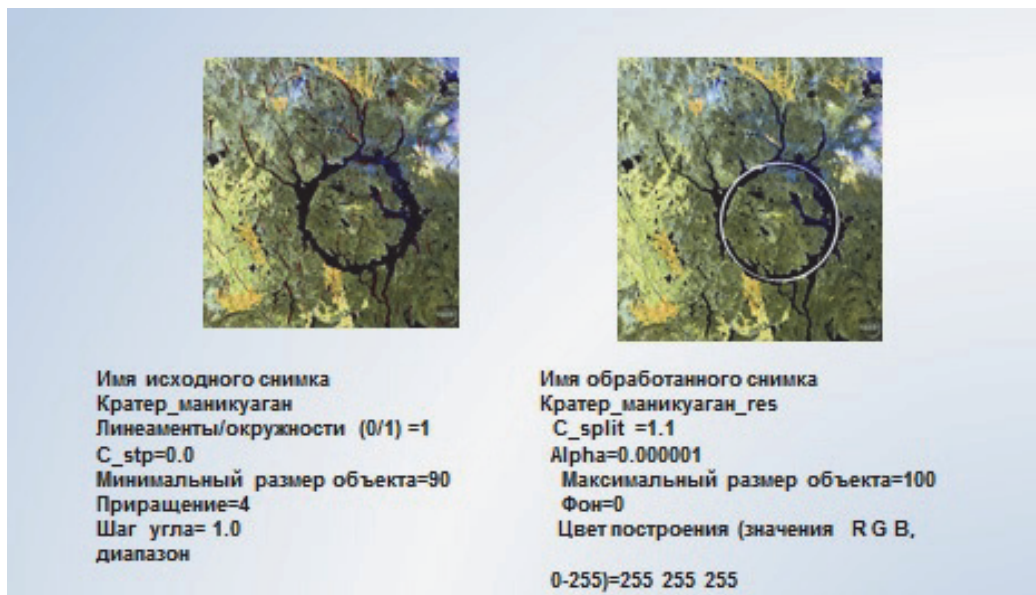


Рис.4.

Авторы считают, что в данной работе новым является успешный опыт реализации макета облачного Web-сервиса по выделению аномальных (линейных и кольцевых) структур на космических изображениях, который будет использован для предоставления услуг обработки данных ДЗЗ в рамках облачной модели SaaS и по другим программным модулям комплекса **PlanetaMonitoring**.

#### Литература

1. Асмус В.В., Бучнев А.А., Кровотынцев В.А., Пяткин В.П., Салов Г.И. Planetamonitoring: программный комплекс обработки спутниковых данных // Проблемы информатики. 2013. № 3. С. 85–99.
2. Kim P.A., Kalantaev P.A., Pyatkin V.P. Cloud Multiagent System for the Database of Natural Resources // Pattern Recognition and Image Analysis. 2015. Vol. 25. No. 2. pp. 220–222.
3. Программа выделения линементов и кольцевых структур на аэрокосмических изображениях LINECOIL / Асмус В.В., Бучнев А.А., Пяткин В.П., Кровотынцев В.А., Салов Г.И. // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ. № 2015663473 от 18 декабря 2015г.
4. Салов Г.И. Новый статистический критерий для задач с двумя и тремя выборками, более мощный, чем критерии Вилкоксона и Уитни //Автометрия. 2011. № 4. С. 58–70.
5. Пяткин В.П., Салов Г.И. Статистический подход к задаче обнаружения некоторых структур на аэрокосмических изображениях // Научноёмкие технологии. 2002. № 3. Т. 3. С. 52–58.
6. Бучнев А.А., Ким П.А., Пяткин В.П., Салов Г.И. Макет облачного WEB-сервиса по выделению линейных и кольцевых структур на космических изображениях // Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли: Материалы III Международной научной конференции. 13-16 сентября 2016, Красноярск, С.7–10.

#### Cloud model in earth remote sensing data processing

*Aleksey Alexandrovich Buchnev, PhD, senior researcher,*

*Valeriy Pavlovich Pyatkin, full professor, lab of the images processing head*

*Institute of the Computational mathematics and mathematical geophysics (ICM&MG) SB RAS, Russia,*

*Fedor Valer'evich Pyatkin, junior researcher, Siberian Center of FGBU "Research Center" Planet "*

*We consider the cloud model providing data processing services for remote sensing within the cloud SaaS model. In fact, we have a set of Web-services, software modules implementing the functionality of the complex of remote sensing data processing PlanetaMonitoring.*

*Keywords: remote sensing, software PlanetaMonitoring, cloud, Web-service, lineaments, coils*