

The Image and Lineament Analysis Tool in the "VEGA-Constellation" Information Systems Family

Alexandr A. Zlatopolsky, Alexandr V. Kashnitskii

Space Research Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia
aazlat@gmail.com

Abstract

This paper is devoted to the “Structural analysis” tool in the several remote sensing monitoring systems that were developed in the Space Research Institute of the Russian Academy of Sciences. This tool realizes methodology of the lineament analysis LESSA (Lineament Extraction and Stripe Statistical Analysis), that was described in the several papers already. In the paper difference of the methodology realization in the “Structural analysis” tool on one hand and in the previously developed program WinLessa, OS Windows, on the other hand. Advantages of both variants are marked. Examples of results obtained by the “Structural analysis” tool processing of the middle Russia satellite image (optical band) and the Mars digital terrain map are given. We point out information systems that incorporate this block and the satellite data that is available in those systems. Possibility of access to the “Structural analysis” tool in the "VEGA-Science" system is reported.

Keywords: information monitoring system, lineament analysis, satellite image, digital terrain map, LESSA, VEGA-Science

ИНСТРУМЕНТ АНАЛИЗА РИСУНКА И ЛИНЕАМЕНТОВ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ СЕМЕЙСТВА "СОЗВЕЗДИЕ-ВЕГА"

А.А. Златопольский, А.В. Кашницкий

Институт космических исследований РАН, Москва, Россия
aazlat@gmail.com

Статья посвящена блоку обработки данных «Структурный анализ», который включен в ряд информационных систем дистанционного мониторинга, разработанных в Институте космических исследований РАН. Этот блок реализует методику линеаментного анализа LESSA (Lineament Extraction and Stripe Statistical Analysis), подробно описанную в ряде работ ранее. В статье показаны особенности реализации методики LESSA в блоке «Структурный анализ» в сравнении с более ранней реализацией в программе WinLessa для ОС Windows. Отмечены преимущества каждого варианта. Приводятся примеры результатов, полученных в блоке «Структурного анализа» по спутниковому снимку средней полосы России в оптическом диапазоне и по цифровой модели рельефа Марса. Указаны как информационные системы, в которые включен этот блок, так и спутниковые данные, доступные в этих системах для обработки. Сообщается о возможности доступа к блоку «Структурный анализ» в сервисе "ВЕГА-Science".

Ключевые слова: информационная система мониторинга, линеаментный анализ, космический снимок, цифровая модель рельефа, LESSA, ВЕГА-Science

Введение

Для решения различных научных и прикладных задач в Институте космических исследований РАН разработан ряд информационных систем дистанционного мониторинга (<http://sozvezdie-vega.ru/systems.shtml>). В них на базе ресурсов Центра коллективного пользования "ИКИ-Мониторинг" [1] реализована работа с различными данными дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) из больших распределенных архивов. Кроме доступа к данным ДЗЗ в этих информационных системах имеются и развитые возможности интерактивного анализа и обработки данных. Эти возможности предоставляются пользователям в виде специализированных блоков, созданных на основе решений, описанных в статьях [2, 3], и позволяющих проводить достаточно сложную обработку данных из больших распределенных архивов.

Настоящая статья посвящена одному из таких блоков под названием «Структурный анализ», который реализует методику линеаментного анализа LESSA (Lineament Extraction and Stripe Statistical Analysis) [4, 5], (<http://www.lineament.ru/>). Блок разработан авторами и внедрен в ряд информационных систем дистанционного мониторинга, включая спутниковый сервис коллективного пользования "ВЕГА-Science", предназначенный для решения различных научных задач (<http://sci-vega.ru>).

Сама методика LESSA описана неоднократно и подробно. Ранее возможности обработки спутниковых данных по методике LESSA были доступны исследователям в виде отдельной

программы WinLessa для операционной системы (ОС) Windows. С помощью этой программы была возможна обработка и анализ только локально расположенных данных, заранее скаченных и подготовленных исследователем. После внедрения возможности обработки данных по методике LESSA в различные информационные системы семейства "Созвездие-Вега" (<http://sozvezdie-vega.ru/systems.shtml>) для анализа с помощью этой методики стали доступны большие долговременные архивы спутниковой информации с глобальным покрытием. Данные из архивов обрабатываются непосредственно на мощностях центров хранения информации ДЗЗ. Все возможности обработки и анализа доступны в самой информационной системе мониторинга, с помощью только web-браузера.

Отметим, что возможности, которые реализованы в блоке «Структурного анализа», не отличаются от более ранней реализации в программе WinLessa для ОС Windows. Так что основные отличия, которые требуют описания, состоят в общей схеме, которая включает в себя подготовку данных и анализ результатов.

Полный цикл анализа данных по методике LESSA

Рассмотрим полный цикл анализа данных по методике LESSA, обращая внимание на особенности работы при использовании блока "Структурного анализа" и программы WinLessa. Полный цикл анализа включает в себя следующую последовательность шагов.

Выбор и получение исходных данных. Это принципиально важный шаг, когда пользователю необходимо выбрать тот тип данных, который позволит обнаружить интересующие его объекты, структуры. Важно понимать, что возможен очень широкий круг данных ДЗЗ – это и непосредственно дистанционная съемка, и цифровая модель рельефа (ЦМР), и геофизические поля в растровом виде (например, геомагнитные, гравитационные) и др. Естественно, возможна обработка подобных данных и для других планет. Приняв решение о типе исходных данных, для их непосредственного получения можно использовать специальные системы поиска - GlobalMapper (GlobalMapper.com), EarthData (<https://earthdata.nasa.gov/>) и др. Выбирая данные пользователь, должен обратить внимание на их качество – отсутствие облаков, помех, реальное разрешение и т.п. В случае использования блока "Структурный анализ" многие необходимые для обработки данные уже находятся в архивах доступных информационной системе.

Адаптация исходных данных под выбранную тематическую обработку. Часто непосредственно полученные данные требуют подготовки для анализа в LESSA. Так из многоканальных данных необходимо выбрать только один канал с самым чистым и контрастным изображением, и вырезать нужный для анализа фрагмент. Очень важно разрешение, т.к. оно фактически определяет размер элементарных структур, которые будут участвовать в дальнейшем анализе. Разрешение должно быть оптимальным, а никак не максимальным. Кроме того, возможно, понадобится создать «маску», закрывающую облака, помехи, крупные водные объекты. Эти и другие операции можно выполнить либо в геоинформационных системах (ГИС), либо с помощью программ обработки изображения. Некоторые из этих операций (создание маски, деградация разрешения) можно выполнить непосредственно в WinLESSA. В случае использования блока "Структурный анализ" выбор канала, фрагмента, и приведение разрешения выполняются в самой системе, без привлечения дополнительных программ.

Подготовка сопровождающих изображений. Важная особенность технологии LESSA – интерактивность и большой выбор, как инструментов, так и параметров анализа. Для того чтобы можно было оценивать получаемые результаты, важно иметь опорное изображение (или пару), например, профильную карту или схему ручного дешифрирования. Тогда, результаты, получаемые с помощью LESSA, пользователь может изучать и оценивать на фоне этих изображений. Такие изображения, естественно, должны быть привязаны к исходным данным. Эти операции можно выполнить или в ГИС или с помощью программ обработки изображения. В случае использования блока "Структурный анализ" эта подготовка может быть упрощена, если профильные карты уже находятся в системе.

Расчет, интерактивный анализ и сохранение результатов. Результаты расчетов, которые можно получить с помощью методики LESSA и их интерпретация, неоднократно описаны, так что здесь мы только продемонстрируем некоторые из них.

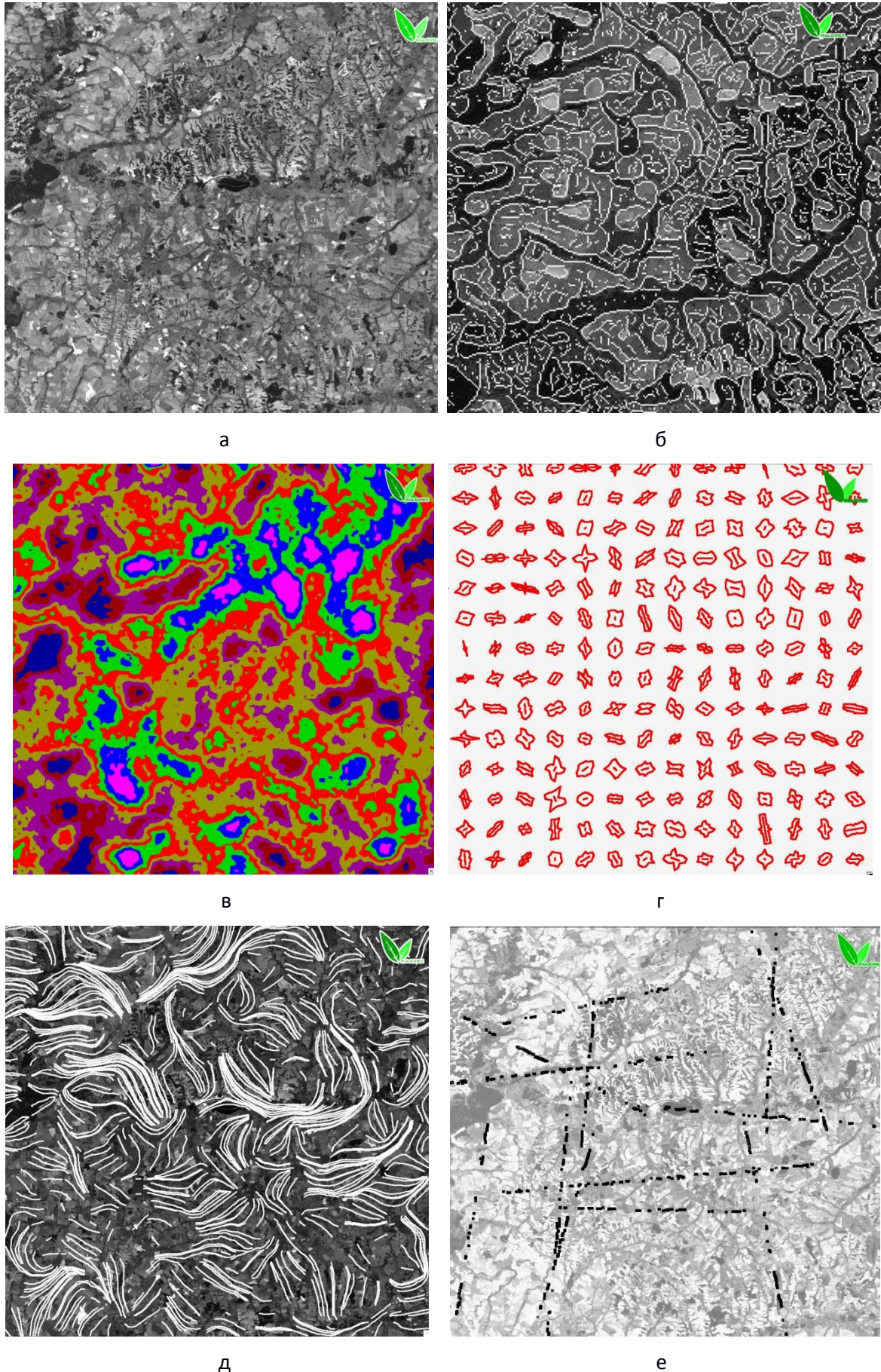


Рис.1. Пример обработки в сервисе "ВЕГА-Science" данных спутника Sentinel-2, область центральной России Пояснения к рисунку в тексте

На рис.1 представлены результаты обработки данных спутника Sentinel-2 в сервисе коллективного пользования "ВЕГА- Science", предназначенном для решения различных научных задач (<http://sci-vega.ru>) [1]. На рис.1а представлено исходное изображение (примерно 110*110 км, 900*900 пикселей). На рис. 1б на примере фрагмента изображения показаны найденные базовые линейные элементы (штрихи), на основе которых происходит дальнейший анализ. На рис. 1в – 1д приведены результаты статистического анализа этих штрихов (расчет в скользящем окне диаметром 64 пикселя), рис. 1в - плотность этих штрихов, рис.1г – розы-диаграммы направления штрихов и вектора вытянутости роз-диаграмм, на рис. 1д - построенные по этим векторам линии вытянутости. На рис. 1е на фоне исходного изображения, показан один из вариантов ярко выраженных протяженных линейных элементов, составленных из штрихов.

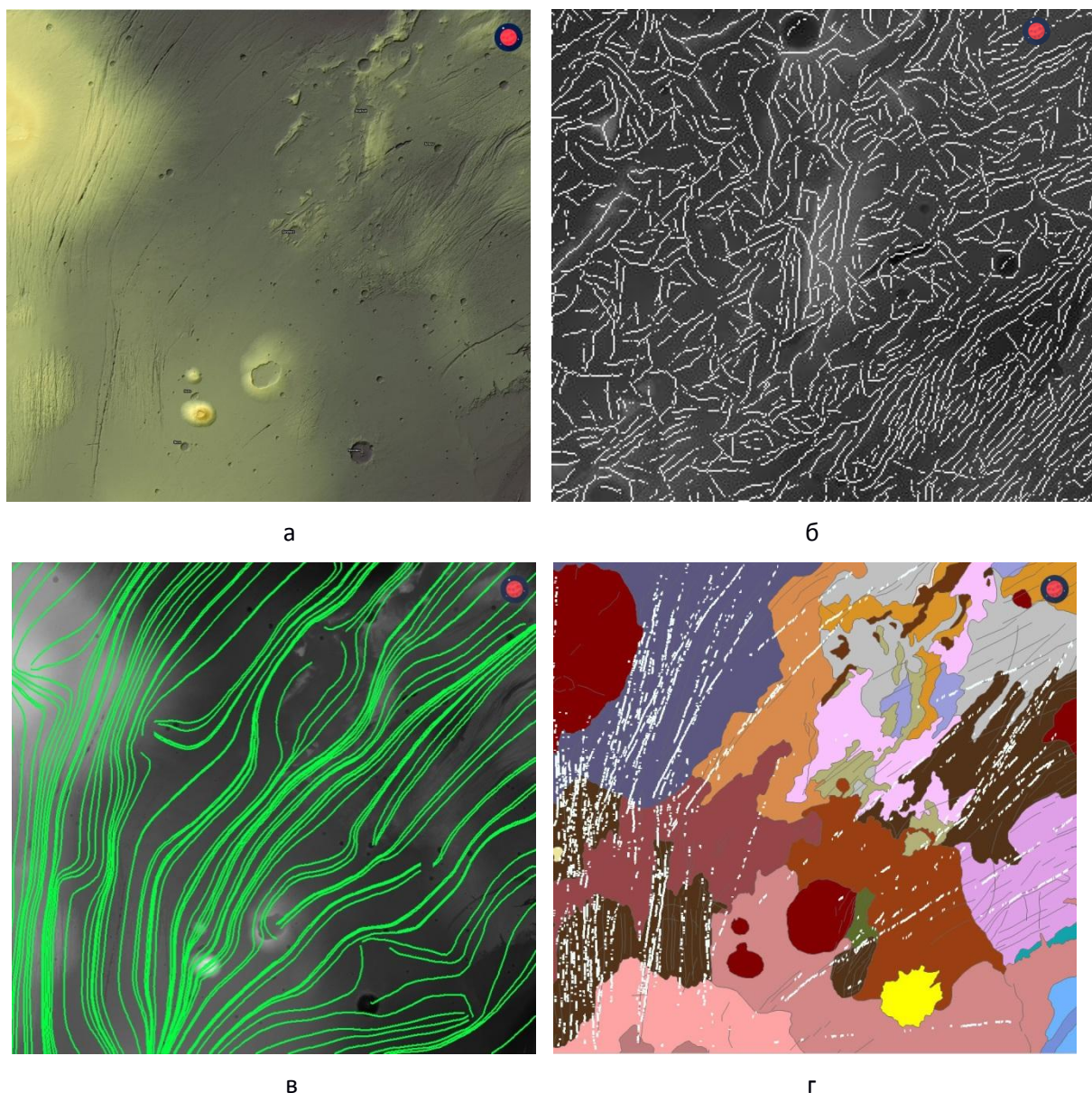


Рис.2. Пример обработки в системе ARES ЦМР Марса, MOLA,200. Пояснения к рисунку в тексте

На рис.2 приведен пример подобных результатов, полученных по совершенно иным исходным данным. В системе ARES, предназначенной для работы с данными наблюдения Марса [6], обработана цифровая модели рельефа (ЦМР) участка поверхности Марса.

(http://bit.ly/HRSC_MOLA_Blend_v0), [7]. На рис.2а – подсвеченная и раскрашенная (для наглядности) ЦМР участка поверхности Марса (примерно 3300*3300 км, 900*900 пикселей), на рис 2б – найденные хребты и долины, которые образуют «штрихи» (увеличенный фрагмент), на рис 2в – линии вытянутости роз-диаграмм на фоне ЦМР, на рис 2г – вариант протяженных линеаментов на фоне геологической карты.

Исследователю предоставляется возможность анализировать эти и многие другие результаты расчетов, сопоставлять их между собой и рассматривать на фоне «опорных изображений». При этом очень удобно использовать простое первичное дешифрирование, когда, обнаружив интересные линии или области, которые проявляются в одном результате, пользователь отмечает, заинтересовавшие его особенности, рисуя схемы в отдельном прозрачном слое. Такие слои первичного дешифрирования можно накладывать на исходное и опорное изображение, сравнивать между собой, редактировать, накладывать на другие результаты, проверяя, в каких еще результатах и как именно проявляются эти линии и области. В результате этого шага отбираются и сохраняются в виде растровых или векторных изображений результаты, которые могут представлять практический интерес.

Тематический анализ результатов расчета. Не редко необходим и следующий шаг анализа - погружение полученных результатов во всю совокупность визуальных данных, имеющихся у пользователя. Другими словами, исследователь сохраняет заинтересовавшие его результаты (привязанные) и переносит их в специализированную ГИС, где у него хранятся все визуальные данные по текущему исследованию – карты, схемы, результаты полевых работ, геофизические и иные данные. Это позволяет ему понять, как отобранные на предыдущем шаге результаты соотносятся с апробированными данными и гипотезами. Здесь же обычно формируется и оформляется конечный результат исследования.

Отметим, что для получения не тривиального результата обычно нужно несколько итераций не только внутри шагов «Расчет» и «Тематический анализ», но и при подготовке исходных данных, так как в ходе анализа могут выявиться первоначально не замеченные особенности этих данных.

Сравнение организации работы с программой WinLessa и с блоком "Структурного анализа"

Мы видим, что при работе с WinLessa необходимо использовать сторонние системы поиска и получения данных, а также сторонние ГИС, а возможно и программы обработки изображения. Используя блок "Структурный анализ" в составе указанных выше информационных систем, пользователь получает многие возможности таких сторонних программ и может осуществлять большую часть анализа непосредственно в системе. В тоже время, специализированные программы, естественно обладают более широкими возможностями. Так, на сегодня в обсуждаемых информационных системах мониторинга, например, сервисе "ВЕГА-Science" крайне ограничены возможности создания маски и первичного дешифрирования, нет возможности анализировать схемы (например, гидросети), строить розы по блокам, и нет такого удобства просмотра результатов, как в WinLessa или некоторых ГИС. Для подготовки сопровождающих изображений и тематического анализ результатов пользователю также необходимо использовать специализированные ГИС, в которых он хранит совокупность своих тематических материалов. Однако, возможности обсуждаемых информационных систем мониторинга постоянно развиваются и могут быть доработаны в будущем, а пока, в случае необходимости, можно использовать внешние программы, импортируя привязанные данные в систему.

Заключение

Блок анализа данных, реализующий методику LESSA, внедрен на данный момент в несколько информационных систем дистанционного мониторинга, в которых есть потребность в проведении подобных исследований:

- в информационную систему дистанционного мониторинга вулканов Камчатки и Курил "VolSatView" (<http://volcanoes.smislab.ru>) [8];
- в спутниковый сервис коллективного пользования "ВЕГА-Science", предназначенный для решения различных научных задач (<http://sci-vega.ru>) [1];
- в систему ARES для работы с данными наблюдения Марса [6].

В каждой из указанных информационных систем для анализа и обработки доступен свой набор спутниковой информации, необходимый для решения целевых задач конкретной системы. Для системы ARES набор доступных данных, в том числе включающий цифровую модель рельефа (ЦМР) Марса, был описан в [6].

В системе мониторинга вулканов и сервисе "ВЕГА-Science" кроме прочих уникальных данных, доступна информация из Центра коллективного пользования "ИКИ-Мониторинг". На февраль 2019 года это более 2.2 Пб информации ДЗЗ с глобальным покрытием, полученной с более чем 30 спутников, с 1984 года до настоящего времени. Доступна информация с разным пространственным разрешением (максимум до 10 метров на пиксель), в разных диапазонах электромагнитного спектра (от видимого до теплового), а также радарные данные. С актуальным списком, объемом и номенклатурой доступных данных можно ознакомиться по адресу (<http://ckp.geosmis.ru/default.aspx?page=6>). Особый интерес при геологических исследованиях с помощью описываемого блока представляют доступные в системах цифровые модели рельефа (ЦМР). В системе мониторинга вулканов и сервисе "ВЕГА-Science" доступны для обработки ЦМР с глобальным покрытием ASTER GDEM V2 (<https://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp>), полученная через сайт (<https://earthdata.nasa.gov/>) и ЦМР SRTM (<https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>).

Все данные из этих архивов и возможности их обработки и анализа доступны в режиме online без предварительного заказа и скачивания, с использованием только web-браузера. Доступ для научных организаций и для научных исследований к этим данным и к возможностям их обработки в сервисе "ВЕГА-Science" - открытый.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (тема «Мониторинг», госрегистрация №01.20.0.2.00164).

References

- [1] Loupian E.A., Proshin A.A., Burtsev M.A., Balashov I.V., Bartalev S.A., Efremov V.Yu., Kashnitskiy A.V., Mazurov A.A., Matveev A.M., Sudneva O.A., Sychugov I.G., Tolpin V.A., Uvarov I.A., IKI center for collective use of satellite data archiving, processing and analysis systems aimed at solving the problems of environmental study and monitoring, *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2015, 12(5), pp. 263–284. (In Russian).
- [2] Kashnitskiy A.V., Balashov I.V., Loupian E.A., Tolpin V.A., Uvarov I.A., Development of software tools for satellite data remote processing in contemporary information systems, *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2015, 12(1), pp. 156-170. (In Russian).
- [3] Kashnitskiy A.V., Loupian E.A., Balashov I.V., Konstantinova A.M., Technology for Designing Tools for the Process and Analysis of Data from Very Large Scale Distributed Satellite Archives, *Optika atmosfery i okeana*, 2016, 29(9), pp. 772–777. DOI: 10.15372/AOO20160908. (In Russian)

- [4] Zlatopolsky, A., Program LESSA (Lineament Extraction and Stripe Statistical Analysis). Automated linear image features analysis - experimental results: *Computers & Geosciences*, 1992, v. 18, no. 9, pp. 1121-1126.
- [5] Zlatopolsky, A.A., New LESSA technology resources and digital terrain map analysis. Methodology, *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2011, 8(3), pp. 38–46. (In Russian).
- [6] Balashov I.V., Burtsev M.A., Sychugov I.G., Konstantinova A.M., Proshin A.A., Tolpin V.A., Batanov O.V., Nazarov V.N., Korotkov F. .AT. ARES system for working with Mars observation data, *Fifteenth All-Russian Open Conference "Modern Problems of Remote Sensing of the Earth from Space". November 13 - 17, 2017*. IKI RAS. Moscow. Abstracts, 2017. p. 314. (In Russian)
- [7] Fergason, R.L., Hare, T.M., Laura, J., 2018, HRSC and MOLA Blended Digital Elevation Model at 200m v2, *Astrogeology PDS Annex, U.S. Geological Survey*, URL: http://bit.ly/HRSC_MOLA_Blend_v0
- [8] Gordeev E.I., Girina O.A., Loupian E.A., Corokin A.A., Kramareva L.S., Efremov V. Yu., Kashnitskiy A.V., Uvarov I.A., Bourtsev M.A., Romanova I.M., Melnikov D.V., Manevich A.G., Korolev S.P., Verkhoturov A.L. The volsatview Information System for Monitoring the Volcanic Activity in Kamchatka and on the Kuril Islands, *Journal of Volcanology and Seismology*, 2016, Vol. 10, No. 6, pp. 382-394. DOI: 10.1134/S074204631606004X.