

DATA REMOTE SENSING OF THE EARTH AND GIS TECHNOLOGIES IN THE PROBLEMS REGISTRATION OF HYDROLOGICAL PARAMETERS INTRACONTINENTAL WATER OBJECTS

Alexander A. Dontsov¹, Igor A. Sutorikhin^{1,2}

¹Institute for Water and Environmental Problems SB RAS, Barnaul, Russia

²Institute of Computational Technologies SB RAS, Novosibirsk, Russia

Abstract

This work provides description of a specialized geo informational system for automated monitoring of the Siberian internal waterbodies. It uses optical and radar remote Earth probing data from Landsat-8, Sentinel-1, and Sentinel-2 spacecrafts. It also demonstrates GIS architecture, core modules and features, and shows results of using this system to track area dynamics flood situation or ice surface on water reservoirs.

Keywords: Sentinel-2, satellite images, NDWI, MNDWI, GIS, monitoring, water bodies, lakes, water surface area, water indices, automatic water extraction

ДАННЫЕ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ И ГИС ТЕХНОЛОГИИ В ЗАДАЧАХ РЕГИСТРАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ВНУТРИКОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Донцов А.А.⁽¹⁾, Суторихин И.А.⁽¹⁾⁽²⁾

¹ Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул

² Институт вычислительных технологий СО РАН, Новосибирск

Представлено описание специализированной геоинформационной системы автоматизированного мониторинга внутренних водоёмов Сибири. В процессе работы используются оптические и радарные данные дистанционного зондирования Земли, полученные с космических аппаратов Landsat-8, Sentinel-2 и Sentinel-1. Показана архитектура ГИС, основные модули и компоненты. Приводятся результаты использования этой системы в задачах определения динамики паводковой обстановки, оледенения водохранилища.

Ключевые слова: ГИС, мониторинг, спутниковая съёмка, водные объекты, спектральные индексы, водные индексы, дешифрирование, автоматическое выделение воды, Sentinel-1, Sentinel-2.

Внутриконтинентальные водные объекты играют важную роль в региональных природных и антропогенных процессах. Поэтому актуальна разработка программных средств для определения характеристик водоёмов и водотоков. Надёжным и актуальным источником данных для таких решений являются результаты дистанционного зондирования Земли из космоса.

Для изучения внутриконтинентальных водных объектов широко используются архивные и оперативные данные, получаемые со спутников серии Landsat с периодичностью 16 дней [1, 2]. Пространственное разрешение мультиспектральной съёмки, получаемой в настоящее время со спутников Landsat-8, составляет 30 м. Начиная с 2016 г. на регулярной основе с периодичностью съёмки в 5-10 дней стали доступны данные со спутников Sentinel-2. Разрешение снимков Sentinel-2 в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах спектра составляет 10 м. Так же доступны радиолокационные данные спутников Sentinel-1A/B с пространственным разрешением от 5 до 40 м, в зависимости от режима съёмки. Периодичность получения снимков со спутников Sentinel-1 для российских широт составляет 5–15 дней. Относительно высокое разрешение позволяет производить мониторинг небольших по площади водоемов с большой точностью.

В Институте водных и экологических проблем СО РАН разрабатывается сервис-ориентированная геоинформационная система для мониторинга внутренних водоемов Сибири. Система строится на основе спутниковых данных с космических аппаратов Sentinel-1, Sentinel-2 и Landsat-8, получаемых из открытых архивов ESA (European Space Agency) и USGS (United States Geological Survey) [3, 4]. На рис. 1 представлена структурная схема разрабатываемой ГИС. Для работы с системой был предусмотрен Web-интерфейс и WMS/WPS-интерфейс для взаимодействия с настольными ГИС, такими как GRASS, QGIS и т.д. Так же реализована возможность интеграции со сторонними серверами и сервисами геопространственных данных.

Компоненты ГИС объединяет между собой web-платформа Django, которая позволяет реализовывать модульные приложения. Для управления вычислительными процессами ГИС был разработан специальный модуль, основанный на библиотеке Celery. Интеграцию Django с библиотекой Celery осуществляет пакет django-celery, который предоставляет технологию Django ORM (object-relational mapping) при сохранении результатов выполнения заданий, а также автоматически находит и регистрирует задания Celery для приложений Django, управление которыми осуществляется через панель администрирования ГИС. Работа с растровыми и векторными геопространственными форматами данных реализована при помощи компонентов библиотеки GDAL (Geospatial Data Abstraction Library). Пользователи имеют доступ к результатам обработки в виде web-карт и таблиц, а также в виде векторных полигонов в формате GeoJSON или Shapefile. Администратор имеет доступ к панели администрирования системы, где имеется возможность установить координаты водоемов

(точечно или в виде полигона), для которых необходимо осуществлять мониторинг. Исходя из этих данных, менеджер задач формирует запросы на спутниковые снимки на требуемую территорию из архивов ESA и USGS.

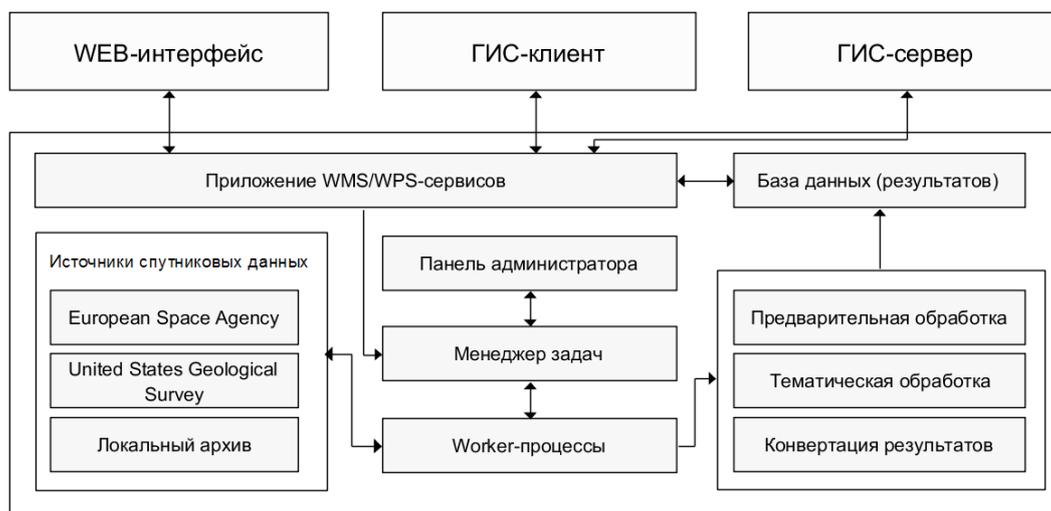


Рис. 1. Структурная схема разрабатываемой ГИС.

После получения данных КА Sentinel-2 осуществляется их предварительная обработка, которая включает в себя атмосферную коррекцию, построение маски облачности и маски воды (для снимков Sentinel-2 тематическая карта с пространственным разрешением 60 м формируется для продукта уровня обработки 2A [8]). Если отмеченный водный объект перекрывается маской облачности, то обработка снимка не проводится. С помощью предварительной маски воды определяются границы анализируемого водоема, на основе которых из целого изображения вырезается фрагмент, содержащий рассматриваемый водоем. Далее выделенный фрагмент передается блоку тематической обработки, на котором осуществляется выделение водной поверхности с помощью набора различных алгоритмов. Данные Sentinel-1 проходят калибровку, фильтрацию спекл-шума и корректировку по местности. Полученные результаты в виде векторных полигонов в формате GeoJSON или Shapefile, значения площади водоема и длины береговой линии записываются в базу данных, в качестве которой может быть использована СУБД PostgreSQL или MongoDB [5-7].

Наиболее популярными методами выявления водных объектов на мультиспектральных изображениях являются алгоритмы, основанные на спектральном индексе воды. К ним относятся нормализованная разность показателей преломления воды (NDWI) и модифицированная нормализованная разность показателей преломления воды (MNDWI). Вычисление NDWI основывается на отношении разности и суммы зеленого (длина волны 560 нм) и ближнего инфракрасного спектральных каналов (длина волны 842 нм) [8, 9].

$$NDWI = \frac{b_{Green} - b_{NIR}}{b_{Green} + b_{NIR}}$$

где b_{Green} – зелёный спектральный канал, b_{NIR} – ближний инфракрасный спектральный канал. На рис. 2 показана динамика паводковой обстановки на реке Обь.

Мониторинг процессов формирования и разрушения ледового покрова на реках и водоемах позволяет решать задачу прогнозирования масштабов прохождения паводков и образования ледовых заторов. В связи с этим существует потребность в заблаговременных и качественных гидрологических прогнозах стоков рек. Для решения этой проблемы необходимо совершенствовать систему получения и передачи оперативной информации о запасе воды и снега в речном бассейне в заинтересованные ведомства. Помимо наземных измерений и наблюдений, важное значение, здесь имеют данные дистанционного зондирования Земли, которые позволяют определять точное местоположение и протяжённость ледового покрова и ле-

данных заторов, выявлять потенциально опасные участки русла, различные препятствия (острова, конусы выноса и т.п.), а также отслеживать начало ледостава и весеннего таяния. Применение радиолокационных данных позволяет получать информацию о состоянии водного объекта независимо от погоды, атмосферных условий или времени суток. На рис. 3 представлены данные Sentinel-1 С-диапазона IW (interferometric wide swath) моды с поляризациями (VV+VH) и 20 м пространственным разрешением, за 9 января 2017 года. На снимке открытая водная поверхность отображена в виде относительно тёмных пикселей, что контрастирует с неводными поверхностями и поверхностью водохранилища, покрытого льдом.

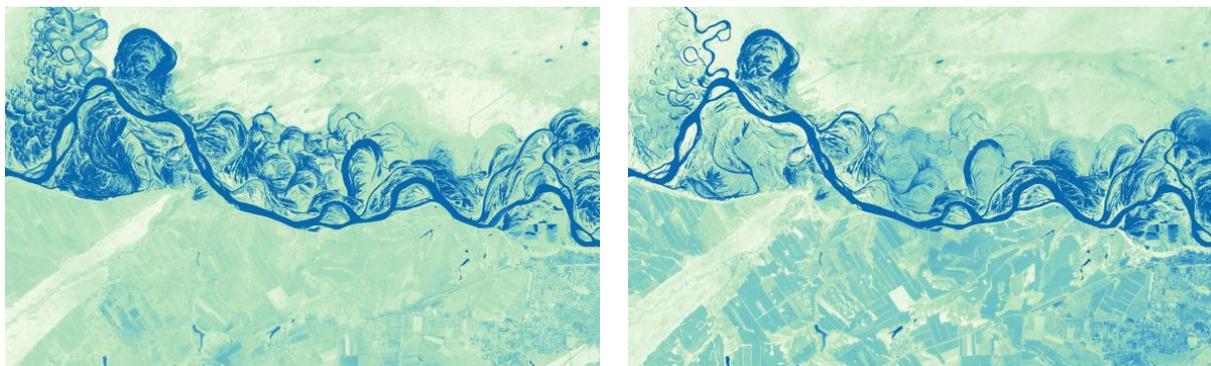


Рис. 2. Динамика паводковой обстановки на реке Обь по данным Sentinel-2, слева 3 мая, справа 25 мая 2017 г. вблизи города Барнаул.

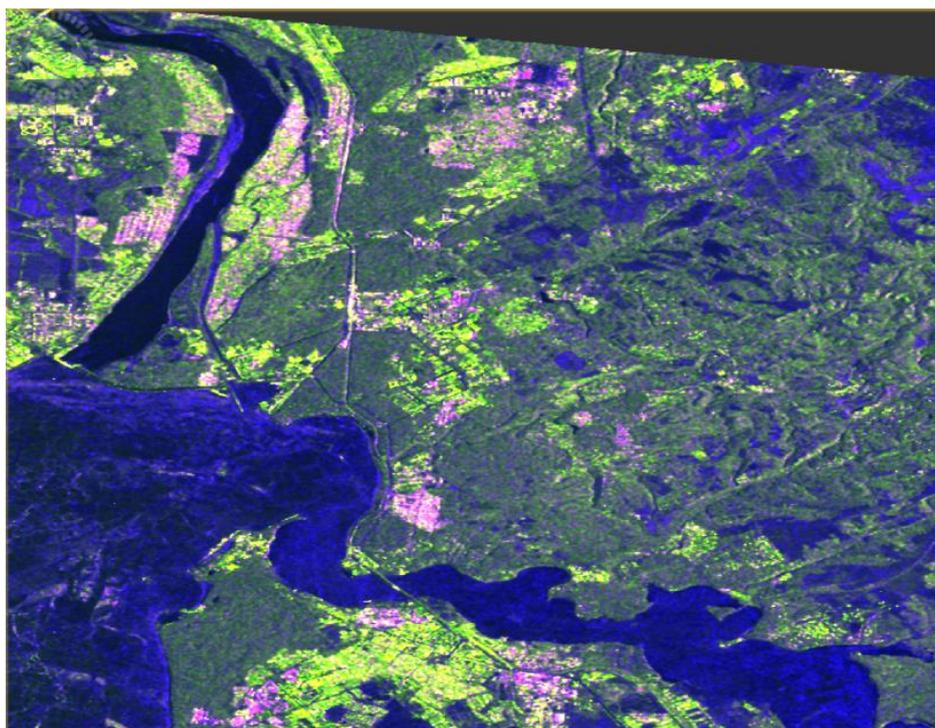


Рис. 3. Ледовая обстановка на новосибирском водохранилище по данным Sentinel-1, 09.01.2017.

Точность определения площадных характеристик объектов по ДЗЗ зависит от многих факторов: параметров водоема (площади, прозрачности воды, извилистости береговой линии), характеристик измерительной аппаратуры (пространственного разрешения, спектральных диапазонов, углов съемки), условий съемки (освещенности, состояния атмосферы) и методик обработки данных (алгоритмов классификации, комбинации спектральных каналов) [6, 10].

Данные спутникового мониторинга являются надежным и актуальным источником информации о состоянии водных объектов. Разрабатываемая геоинформационная система с достаточной точностью может использоваться для широкого круга прикладных и фундаментальных задач гидрологии внутренних ресурсов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Acharya T.D., Lee D.H., Yang I.T., Lee J.K. Identification of Water Bodies in a Landsat 8 OLI Image Using a J48 Decision Tree // *Sensors*. 2016. Vol. 16. N 7. P. 1075.
- [2] Feyisa G.L., Meilby H, Fensholt R. Proud S.R. Automated Water Extraction Index: A new technique for surface water mapping using Landsat imagery // *Remote Sensing of Environment*. 2014. Vol. 140. P. 23-35.
- [3] Европейское космическое агентство [Электронный ресурс]. URL: <http://www.esa.int/ESA> (дата обращения: 25.08.2017).
- [4] United States Geological Survey [Электронный ресурс]. URL: <https://www.usgs.gov> (дата обращения: 25.08.2017).
- [5] Донцов А.А., Пестунов И.А., Рылов С.А., Суторихин И.А. Автоматизированный мониторинг площадей акваторий озер и водохранилищ по спутниковым данным // *Интерэкспо Гео-Сибирь*. 2017. Т. 4. № 2. С. 38-45.
- [6] Донцов А.А., Суторихин И.А. Определение площади акватории озер по данным дистанционного зондирования Земли и ГИС-технологий. // *Естественные и технические науки*. 2016. № 11 (101). С. 106-109.
- [7] Донцов А.А., Суторихин И.А. Геоинформационная система для определения площади акватории озёр. // *Ползуновский альманах*. № – 2016. № 2. С. 93-95.
- [8] Yun Du, Yihang Zhang, Feng Ling et al. Water Bodies' Mapping from Sentinel-2 Imagery with Modified Normalized Difference Water Index at 10-m Spatial Resolution Produced by Sharpening the SWIR Band. // *Remote Sensing*. 2016, 8(4), 354.
- [9] Hall D.K., Riggs G.A. *Encyclopedia of Snow, Ice and Glaciers*. Springer, 2014. P. 779-780.
- [10] Корниенко С.Г. Оценка погрешности измерения площади водоемов в криолитозоне по данным космической съемки различного пространственного разрешения // *Методы исследования Криотосферы. Криосфера Земли – 2014*, т. XVIII, No 4, с. 86–93.