**Министерство науки и высшего образования**

**Российской Федерации**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ Государственное Автономное**

**образовательное учреждение высшего образования**

**«новосибирский национальный исследовательский государственный университет»**

**Факультет информационных технологий**

Кафедра Компьютерных систем

Направление подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника

Направленность (профиль) Программная инженерия и компьютерные науки

**ОТЧЕТ**

**о прохождении учебной практики, научно-исследовательской работы (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)**

(указывается наименование практики)

**Обучающегося Садриева Владлена Дамировича группы № 20201 курса 3**

(Ф.И.О. полностью)

**Тема задания**: Восстановление границ водоемов на спутниковых изображениях, содержащих пропуски данных

**Место прохождения практики:** Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий», Лаборатория аэрокосмического мониторинга и обработки данных (совместно с АлтГУ), 630090, Новосибирская обл., Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 6

(полное наименование организации и структурного подразделения, индекс, адрес)

**Сроки прохождения практики:** с 03.10.2022 г. по 24.12.2022 г.

**Руководитель практики   
от профильной организации** Рылов Сергей Александрович, с.н.с \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(Ф.И.О. полностью, должность) (подпись)

**Руководитель практики от НГУ** Пищик Борис Николаевич, доцент \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(Ф.И.О. полностью, должность) (подпись)

**Руководитель ВКР** Пищик Борис Николаевич \_\_\_доцент\_\_\_\_\_

(Ф.И.О. полностью) (должность)

**Оценка по итогам защиты отчета:** \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(неудовлетворительно, удовлетворительно, хорошо, отлично)

**Отчет заслушан на заседании кафедры** Компьютерных систем

(наименование кафедры)

**протокол \_\_\_\_\_\_\_\_\_от** «**\_\_\_\_\_\_\_**» **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**\_20**\_\_\_\_**\_г.

Новосибирск 2022

**Оглавление**

[1. Введение. 3](#_Toc122630552)

[2. Методы автоматического выделения водных объектов на снимках 3](#_Toc122630553)

[3. Алгоритм и програмная реализация определения площади водных объектов на мультиспектральных спутниковых изображениях 3](#_Toc122630554)

[**3.1.** **Алгоритм.** 4](#_Toc122630555)

[**3.2.** **Программная реализация.** 4](#_Toc122630556)

[4. Экспериментальные исследования на примере озера Убинское 4](#_Toc122630557)

[**4.1.** **Выбор снимков и применение реализованной программы** 5](#_Toc122630558)

[**4.2.** **Полученные результаты** 5](#_Toc122630559)

[**4.3.** **Вывод** 6](#_Toc122630560)

[5. Заключение 6](#_Toc122630561)

[6. Список литературы 7](#_Toc122630562)

1. **Введение**

Природные водоемы являются важной составляющей окружающей среды и имеют огромное значение для экологии и социально-экономического развития регионов. Изменения их состояния могут приводить к негативным последствиям, поэтому крайне актуальным является осуществление мониторинга водных объектов [5].

Целью работы является разработка алгоритма выделения границ водных объектов на спутниковых снимках, содержащих пропуски данных и его программная реализация.

Основные задачи практики:

1. Составление аналитического обзора по методам автоматического выделения воды на спутниковых снимках.
2. Освоение основных методов обработки аэрокосмических изображений.
3. Написание собственной программы с использованием библиотеки GDAL, позволяющей проводить визуализацию и обработку мультиспектральных изображений в формате GeoTiff.
4. Разработка алгоритма и программная реализация метода автоматического выделения водных объектов на мультиспектральных спутниковых снимках и определение их площади.
5. Экспериментальные исследования разработанного метода на примере озера Убинское.

Местом прохождения практики была лаборатория аэрокосмического мониторинга и обработки данных ФИЦ ИВТ.

1. **Методы автоматического выделения водных объектов на снимках**

В настоящее время известные методы выделения водной поверхности по данным оптической спутниковой съемки можно разделить на три основные группы:

1. Пороговые методы, основанные на использовании определенного спектрального канала или комплексного спектрального признака (индекса).
2. Методы, использующие алгоритмы кластеризации.
3. Методы на основе классификации с обучением.
4. Методы, использующие дерево решений на основе заданных порогов по нескольким спектральным характеристикам.

Все эти методы классифицируют пиксели изображения на водные и неводные на основе спектральных характеристик.

Помимо исходных спектральных каналов широко распространено использование водных индексов, которые конструируются комбинированием нескольких каналов [3]. Наиболее распространенными являются нормализованный разностный водный индекс NDWI, его модификация MNDWI и AWEI.

В основном для мониторинга водоемов используются оптические данные дистанционного зондирования Земли со спутников серии Landsat и Sentinel-2. Однако 31 мая 2003 года у спутника Landsat-7 вышел из строя прибор Scan Line Corrector (SLC), из-за чего снимки с этого спутника содержат пропуски данных в виде полос. Зачастую данные Landsat-7 оказываются единственными доступными данными съемки, но из-за поломки SLC для обработки снимков с него нужен специализированный алгоритм.

1. **Алгоритм и програмная реализация определения площади водных объектов на мультиспектральных спутниковых изображениях**

В данной работе предлагается метод выделения водных объектов, основанный на использовании алгоритма кластеризации k-средних и применения нормализованного разностного водного индекса NDWI с использованием средних значений спектральных характеристик кластеров.

* 1. **Алгоритм**

Сначала нужно собрать спутниковые снимки, научиться их визуализировать и обрабатывать.

После подготовительного этапа, необходимо сегментировать изображение по спектральным каналам на некоторое количество кластеров с помощью алгоритма кластеризации k-средних. Данный алгоритм стремится минимизировать суммарное квадратичное отклонение точек кластеров от центров этих кластеров:

– число кластеров, – кластер с номером , , – центроиды(центры масс) векторов из кластера .

Он представляет собой процедуру, имеющую следующие шаги:

1. Выбирается число кластеров .
2. Из начального множества данных случайно выбираются наблюдений, которые станут начальными центрами кластеров.
3. Для каждого наблюдения начального множества данных определяется ближайший к нему центр кластера. Тогда начальные кластеры содержат те наблюдения, расстояние до которых минимально.
4. Вычисляются центроиды(центры тяжести) кластеров. Центроид – вектор со средними значениями соответствующих признаков, вычисленных по всем наблюдениям кластера.
5. Центроид становится центром кластера
6. Шаги 3-5 повторяются до тех пор, пока центроиды не перестанут изменяться

Далее для каждого кластера вычисляются средние значения индекса NDWI. Этот индекс использует видимый зеленый (G) и ближний инфракрасный (NIR) каналы:

Его значения колеблются в диапазоне от -1 до 1. Он усиливает контраст между водными поверхностями и территориями, не покрытыми водой. Считается, что водные объекты принимают значения от 0,2 до 1, а объекты, не содержащие влагу, меньше 0. Использование средних значений характеристик кластеров обеспечивает повышение качества разделения.

Затем осуществляется классификация кластеров на «водные» и «неводные» по некоторому порогу . Если у кластера ранее посчитанное среднее значение NDWI больше , то его нужно отнести к водным.

После этого необходимо выделить интересующий водный объект. По известным координатам этого объекта находится его центр и, начиная с него, с помощью метода заливки в отдельный класс относятся пиксели водных кластеров.

На завершающем этапе рассчитывается площадь объекта. Для этого вычисляется количество его пикселей и умножается на пространственное разрешение снимка.

* 1. **Программная реализация**

Предложенный метод реализован на языке программирования Java с использованием открытой библиотеки GDAL, которая позволяет читать данные изображений в формате с метаданными о географической привязке GeoTiff. Реализация позволяет открывать произвольное количество снимков, обрабатывать их и визуализировать как исходные, так и обработанные. Кроме этого, пользователю предлагается выбрать, какие спектральные каналы загружать и какие использовать для отображения.

1. **Экспериментальные исследования на примере озера Убинское**

Озеро Убинское – бессточное пресноводное озеро Новосибирской области, площадь которого с течением времени значительно изменяется. Известно, что в период с 1989 по 2017 года площадь водного зеркала озера сократилась в 2.5 раза(рис. 1) [2]. Интересно изучить, как она изменилась за прошедшие 5 лет.

Рис. . Спутниковые изображения Убинского озера с выделенным контуром водного зеркала за 1989 г. и 2017 г.

* 1. **Выбор снимков и применение реализованной программы**

Для исследования были выбраны снимки со спутников Landsat-8 и Landsat-9. Это связано с их доступностью, регулярностью съёмки и достаточным для задачи пространственным разрешением. Снимки с данных спутников имеют особенность – данные по каналам хранятся в отдельных файлах. В таблице 1 указаны спектральные каналы и их характеристики для спутников Landsat-8 и Landsat-9 [1].

Таблица . Спектральные каналы Landsat 8, 9

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Спектральный канал | Длина волны (мкм) | Разрешение (м) |
| 1 – Coastal / Aerosol | 0.443 | 30 |
| 2 – Blue | 0.490 | 30 |
| 3 – Green | 0.560 | 30 |
| 4 – Red | 0.665 | 30 |
| 5 – NIR | 0.865 | 30 |
| 6 – SWIR 2 | 1.610 | 30 |
| 7 – SWIR 3 | 2.190 | 30 |
| 8 – PAN | 0.590 | 15 |
| 9 – SWIR-Cirrus | 1.375 | 30 |
| 10 – TIR1 | 10.30 | 100 |
| 11 – TIR2 | 11.50 | 100 |

С сайта геологической службы США (USGS) было взято 10 спутниковых снимков с 2018 по 2022 год в летний период без облаков над озером.

После получения снимков для подсчёта площади водного зеркала была применена реализованная программа с порогом равным 0.25.

* 1. **Полученные результаты**

В таблице 2 приведены результаты определения площади озера Убинское. На графике (рис 2.) представлены комбинированные результаты данных с 1989 по 2022 год.

Таблица . Изменение площади акватории озера Убинское

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Спутник | Дата съёмки | Площадь () |
| Landsat-8 | 19.09.2018 | 163.8 |
| Landsat-8 | 01.10.2019 | 162.6 |
| Landsat-8 | 12.06.2020 | 164 |
| Landsat-8 | 4.09.2021 | 163.2 |
| Landsat-9 | 29.08.2022 | 166 |

Рис. . График изменения площади акватории озера Убинское по данным спутниковой съёмки ()

* 1. **Вывод**

Таким образом, удалось по спутниковым снимкам определить площадь озера Убинское с 2018 по 2022 года. Полученные данные показывают, что площадь стабилизировалась на уровне, приблизительно равном 164 .

1. **Заключение**

В результате работы в семестре проведён обзор по методам автоматического выделения воды на спутниковых снимках, написана программа с использованием библиотеки GDAL, разработан алгоритм и программно реализован метод автоматического выделения водных объектов на мультиспектральных спутниковых снимках и определения их площади, который был экспериментально исследован на примере озера Убинское.

За время прохождения практики в лаборатории аэрокосмического мониторинга и обработки данных ФИЦ ИВТ я освоил основные методы обработки аэрокосмических изображений с помощью программного комплекса ENVI и получил опыт решения прикладных задач по методам автоматического выделения воды на спутниковых снимках.

# **Список литературы**

1. Landsat 8 Spectral bands [Электронный ресурс] – URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Landsat\_8
2. Многолетний мониторинг усыхания озера Убинское по спутниковым данным Landsat 4, 5, 7, 8 с помощью специализированных алгоритмов сегментации // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2018. – Т. 1. – С. 102-108.
3. Методика обнаружения водных объектов по многоспектральным спутниковым измерениям (2017).
4. Water-body area extraction from high resolution satellite images - an introduction, review, and comparison (2010).
5. Optical remote mapping of rivers at sub-meter resolutions and watershed extents (2008).