



Санкт-Петербургский
государственный университет



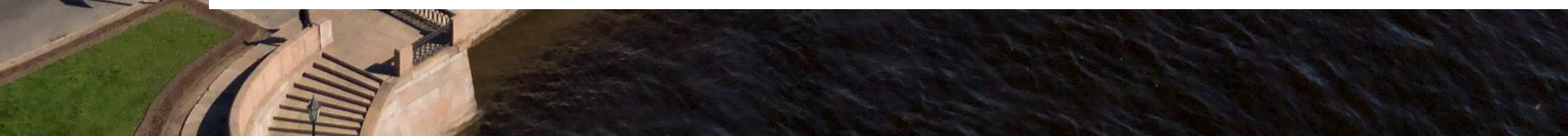
Кочетова А.В.

Игнатенко Д.А.

Сидорина И.Е.

Использование Google Earth Engine для анализа космических снимков Sentinel-2 в целях выделения водотоков по цифровой модели рельефа ArcticDEM

Двадцать первая международная конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»,
Институт космических исследований РАН, 13-17 ноября 2023 г., Москва



Введение

Проблема исследования затрагивает область картографии, геоинформатики и дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

Автоматизированное пространственное моделирование по цифровым моделям местности (ЦММ) используется в большинстве географических исследований. Однако не всегда этапу оценки корректности полученных данных уделяется должное внимание, что приводит к неверной интерпретации пространственной информации об объектах и явлениях.

Введение

Цель

Используя цифровые модели рельефа и материалы спутниковой съемки для выделения водотоков, оценить возможность получения корректных векторных гидрографических основ.

Задачи

- 1) Подготовить («отвекторизовать») эталонный объект – р. Северная Двина;
- 2) Смоделировать водоток по ЦММ (AW3D30¹, ArcticDEM²);
- 3) Смоделировать водоток по космическим снимкам Sentinel-2³, используя водные индексы в Google Earth Engine⁴ (GEE);
- 4) Агрегировать полученные модели для достижения наибольшего соответствия моделируемого объекта его реальному положению в пространстве.

1. Japan Aerospace Exploration Agency (2021). ALOS World 3D 30 meter DEM. V3.2, Jan 2021. Distributed by OpenTopography. <https://doi.org/10.5069/G94M92HB>.

2. Porter, Claire, et al., 2023, 'ArcticDEM, Version 4.1', Harvard Dataverse. <https://doi.org/10.7910/DVN/3VDC4W>.

3. Copernicus Sentinel-2 (processed by ESA), 2021, MSI Level-2A BOA Reflectance Product. Collection 0. European Space Agency. https://doi.org/10.5270/S2_-6eb6imz.

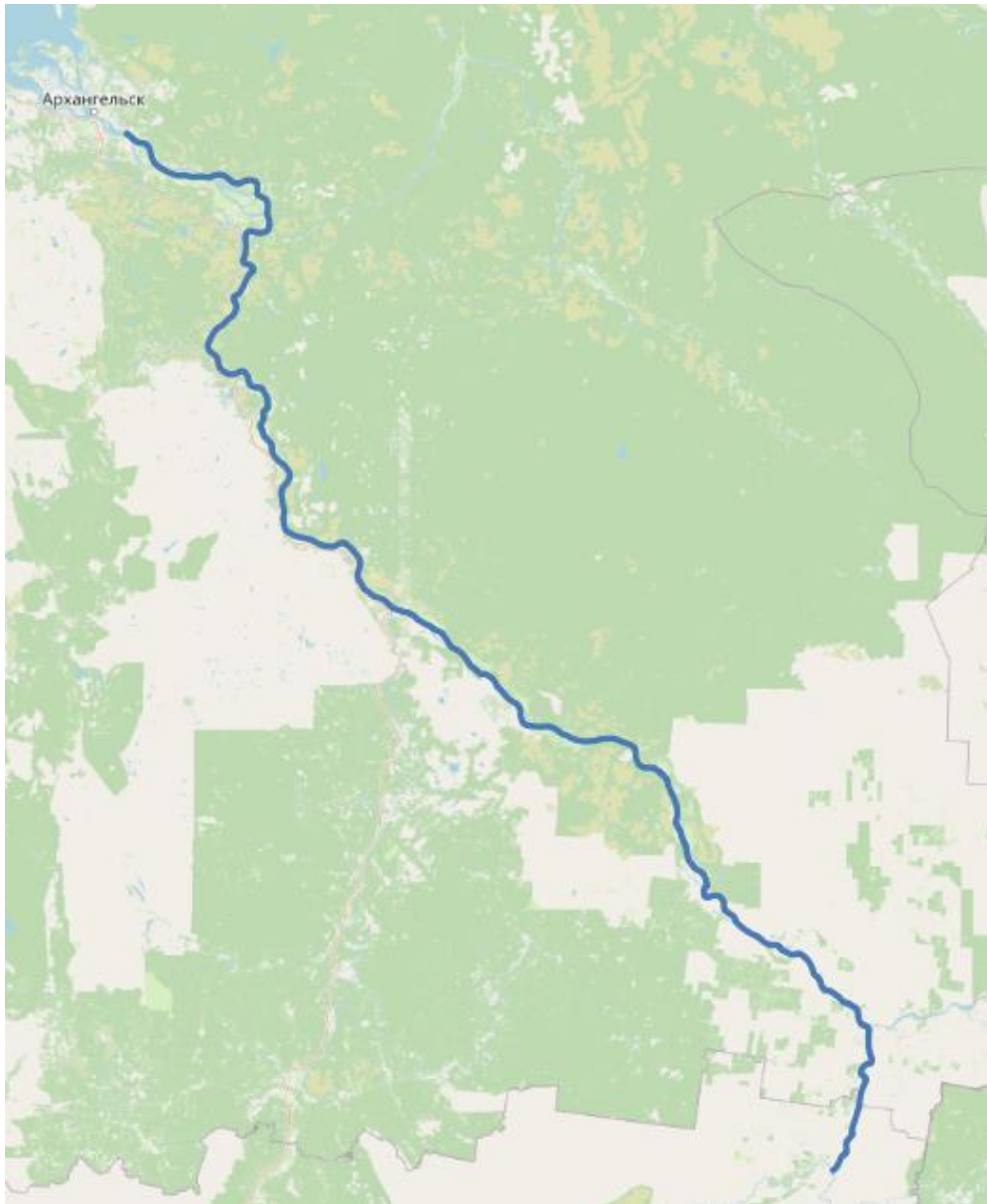
4. Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*.

Материалы и методы

ПОСТРОЕНИЕ ВЕКТОРНОЙ МОДЕЛИ

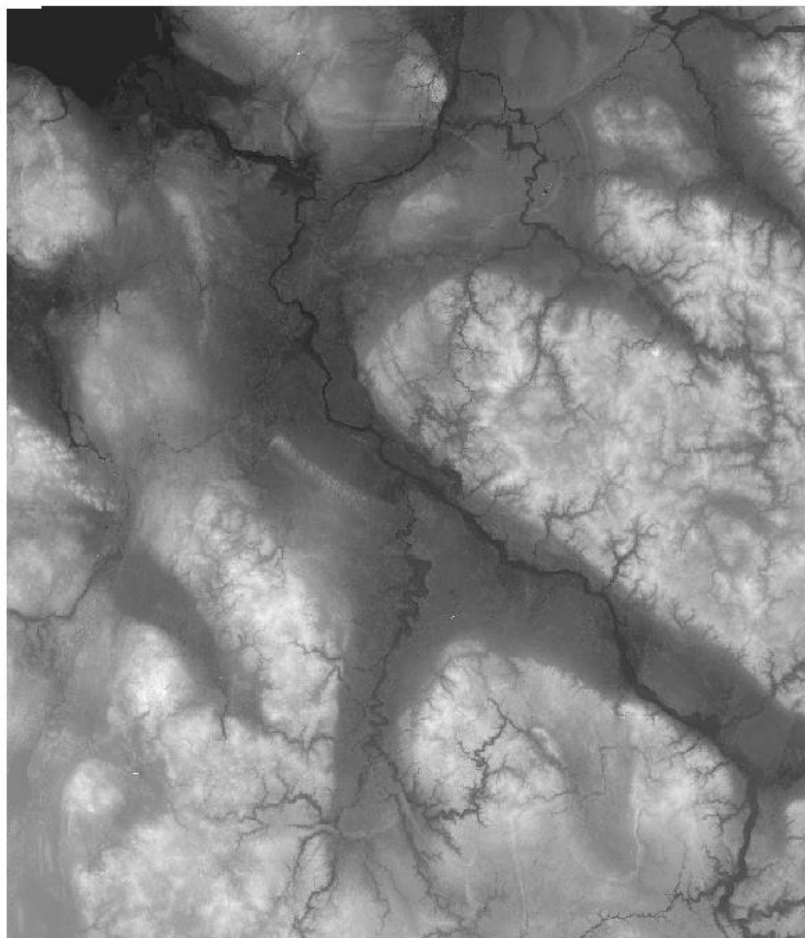
Для валидации результатов выделения водотока по данным ДЗЗ, была построена векторная модель реки – «эталонный» участок р. Северная Двина, входящий в перечень водных путей РФ [1], протяжённость которого известна и равна **664 км** (от устья р. Юг до места впадения р. Уйма).

Измеренная длина модели в проекции WGS 1984 UTM Zone 37N – **664 026.86 м.**

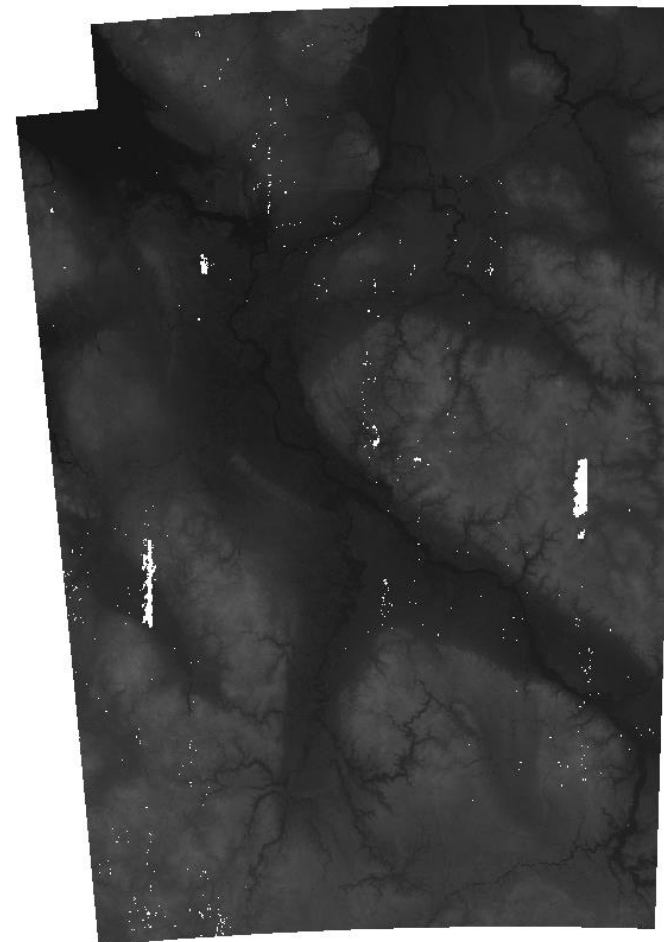


Эталонный участок р. Северная Двина

ИСХОДНЫЕ ЦИФРОВЫЕ МОДЕЛИ МЕСТНОСТИ (DSM)

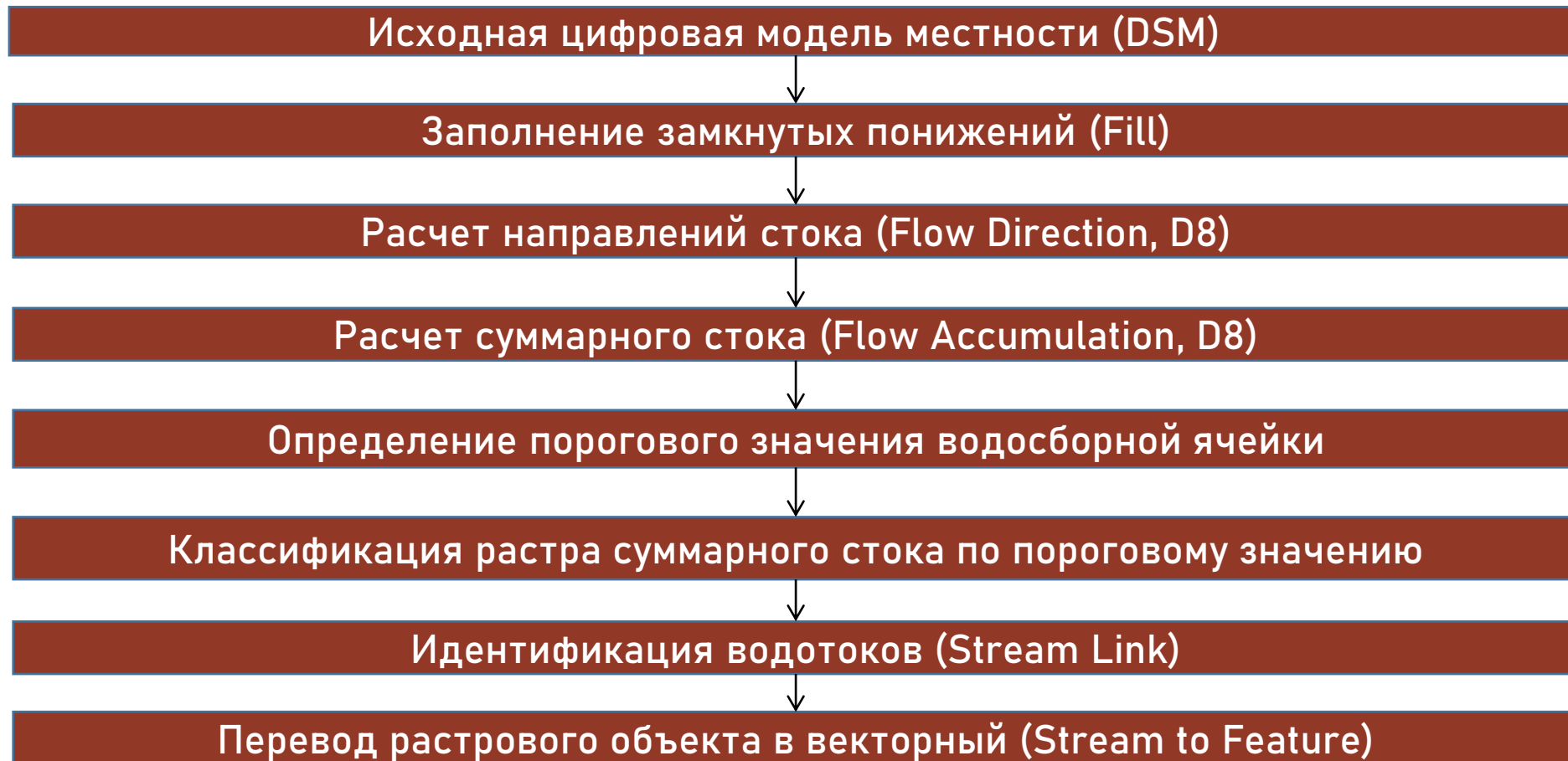


AW3D30 Version 3.2 2022 г. (30x30м)



Мозаика ArcticDEM Version 4.1 2023 г. (2x2м)

СХЕМА ВЫДЕЛЕНИЯ ВОДОТОКА ПО ЦММ В ARCGIS (ARCMAP)



ВЫДЕЛЕНИЕ ВОДОТОКА ПО КОСМИЧЕСКИМ СНИМКАМ SENTINEL-2



Медианный композит Sentinel-2
на территорию бассейна
р. Северная Двина в Google Earth Engine

```

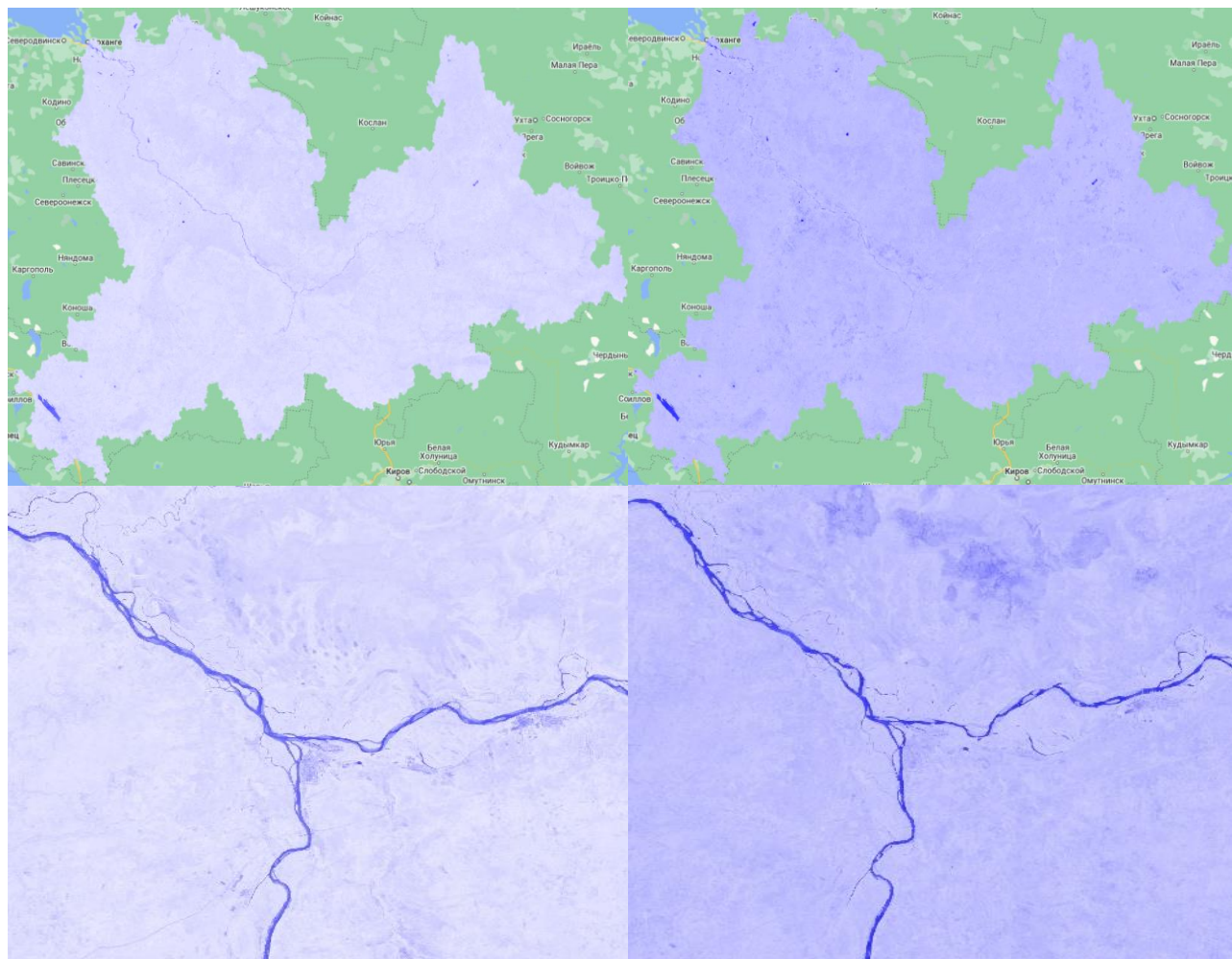
Imports (1 entry)
var geometry: Table projects/ee-my-rivers/assets/SeverDvina

1 // Load and filter image
2 var image = ee.ImageCollection("COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED");
3 var filtered = image.filter(ee.Filter.lt('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE', 30))
4   .filter(ee.Filter.date('2022-05-01', '2022-09-30'))
5   .filter(ee.Filter.bounds(geometry))
6 var mosaic = filtered.mosaic()
7 var medianComposite = filtered.median();
8
9 // Visualization
10 var rgbVis = {
11   min: 0.0,
12   max: 3000,
13   bands: ['B4', 'B3', 'B2'],
14 };
15 Map.centerObject(geometry, 6)
16 Map.addLayer(filtered, rgbVis, 'Filtered Collection', false);
17 Map.addLayer(mosaic, rgbVis, 'Mosaic', false);
18 Map.addLayer(medianComposite, rgbVis, 'Median Composite')
19
20 // Clipping the river basin
21 var clipimage = medianComposite.clip(geometry)
22 Map.addLayer(clipimage, rgbVis, 'Clip Composite', false)
  
```

Программный код на JavaScript для визуализации

РАСЧЕТ ВОДНЫХ ИНДЕКСОВ НА БАССЕЙН Р. СЕВЕРНАЯ ДВИНА

Материалы и методы



Normalized Difference Water
Index (NDWI) [2]

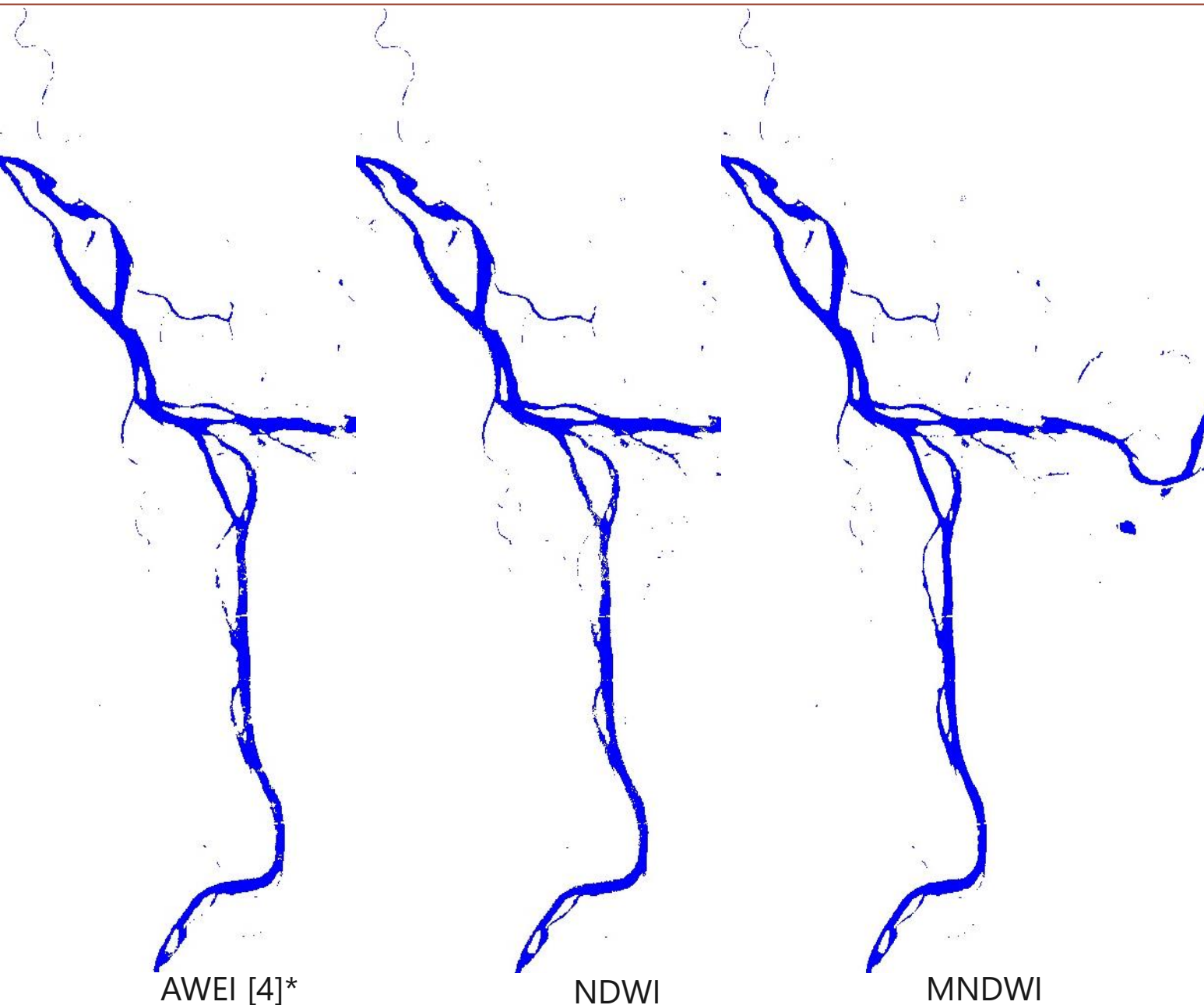
Modified Normalized Difference
Water Index (MNDWI) [3]

```

24 // Calculate water indexes:
25 // NDWI Normalized Difference Water Index
26 var NDWI = clipimage.normalizedDifference(['B3', 'B8']);
27 var NDWIVis = {
28   min: -1,
29   max: 1,
30   palette: ['white', 'blue']
31 };
32 Map.addLayer(NDWI, NDWIVis, 'NDWI', false);
33
34 // MNDWI Modified Normalized Difference Water Index
35 var MNDWI = clipimage.normalizedDifference(['B3', 'B11']);
36 var MNDWIVis = {
37   min: -1,
38   max: 1,
39   palette: ['white', 'blue']
40 };
41 Map.addLayer(MNDWI, MNDWIVis, 'MNDWI', false);
  
```

Программный код на JavaScript для расчета
водных индексов

ИЗВЛЕЧЕНИЕ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ



```

43 // AWEI Automated Water Extraction Index
44 // The Formula  $4 * (Green - SWIR2) - (0.25 * NIR + 2.75 * SWIR1)$  (Mustafa et al, 2017)
45 var AWEI = clipimage.expression(
46   '4 * (B3 - B12) - (0.25 * B8 + 2.75 * B11)',
47 );
48 {
49   B3: clipimage.select('B3'),
50   B8: clipimage.select('B8'),
51   B11: clipimage.select('B11'),
52   B12: clipimage.select('B12')
53 }
54 };
55 var AWEIViz = {
56   min: -1,
57   max: 1,
58   palette: ['white', 'blue']
59 };
60 Map.addLayer(AWEI, AWEIViz, 'AWEI', false);
62 // Extracting Waterbodies using a Simple Threshold
63 var wNDWI = NDWI.gt(0);
64 var wNDWIViz = {
65   min: 0,
66   max: 1,
67   palette: ['white', 'blue']
68 };
69 Map.addLayer(wNDWI, wNDWIViz, 'NDWI - Simple threshold',false);
70
71 var wMNDWI = MNDWI.gt(0.1);
72 var wMNDWIViz = {
73   min: 0,
74   max: 1,
75   palette: ['white', 'blue']
76 };
77 Map.addLayer(wMNDWI, wMNDWIViz, 'MNDWI - Simple threshold',false);

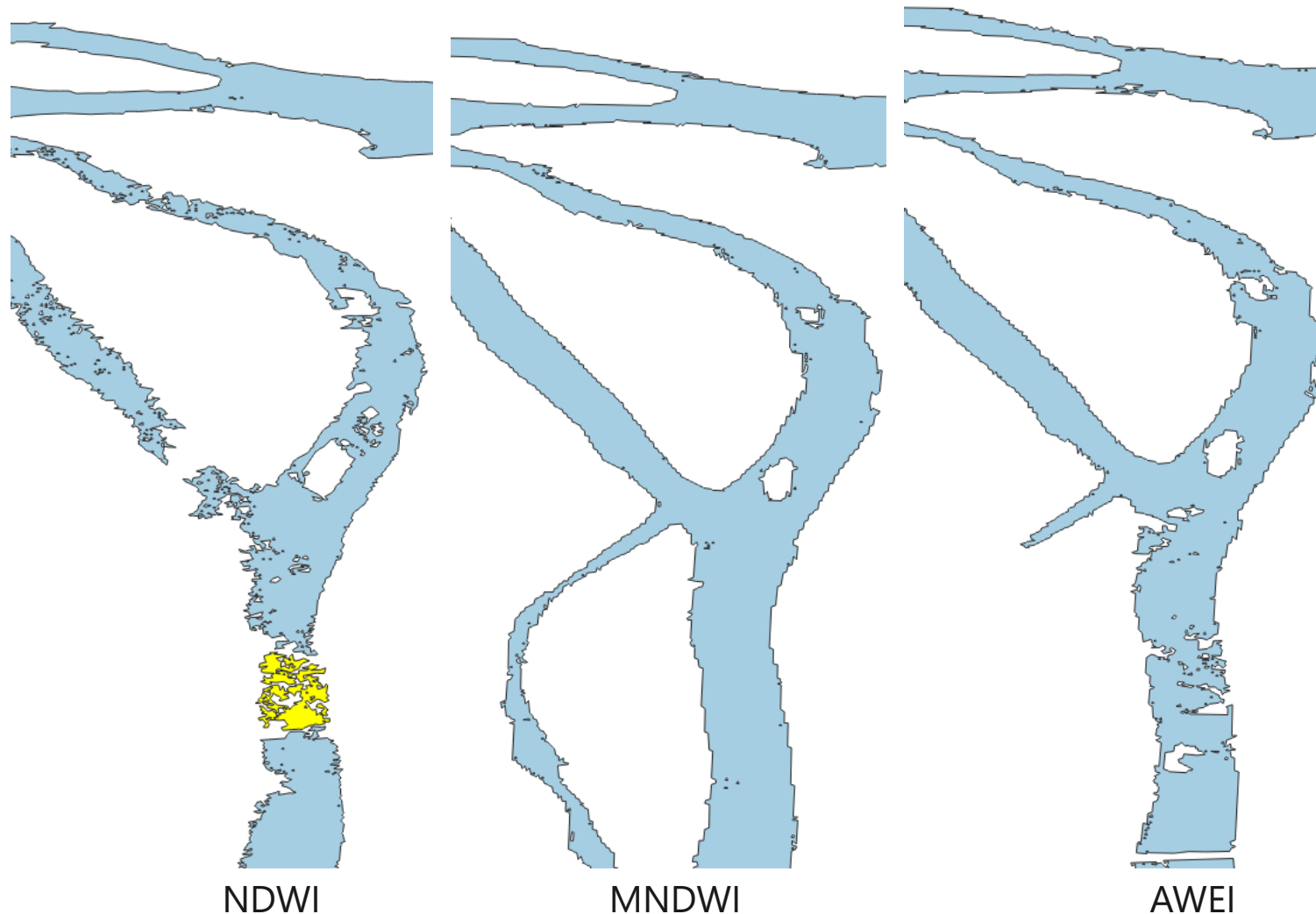
```

Программный код на JavaScript для
извлечения водных объектов с
использованием простого порога

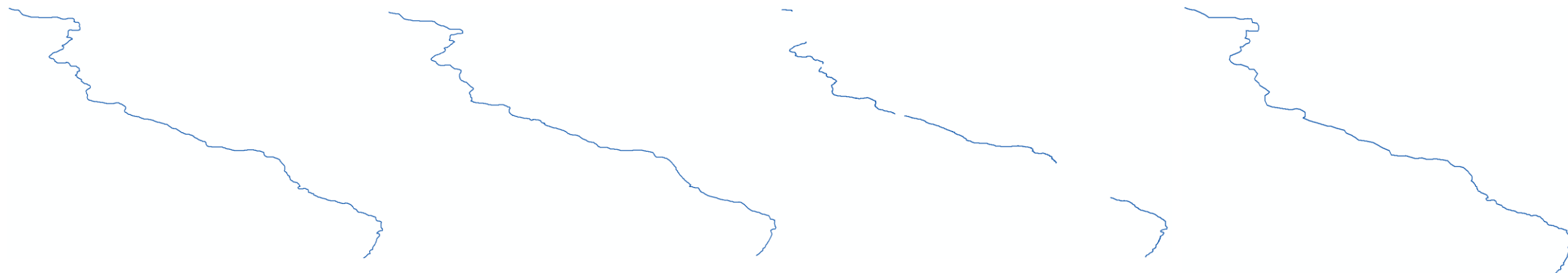
ВЫБОР ВЕКТОРНОГО ОБЪЕКТА ДЛЯ РАСЧЕТА СРЕДНЕЙ ЛИНИИ ПОЛИГОНА

По результатам перевода растрового изображения в векторное представление имеем три модели р. Северная Двина с различной сегментацией русла.

Для получения конечной векторной модели использовался индекс MNDWI, т.к. он имеет меньшую сегментарность.



СРАВНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ Р. СЕВЕРНАЯ ДВИНА



Эталонный объект

Водоток по ЦММ AW3D30

Водоток по ЦММ ArcticDEM

Водоток по Sentinel-2

Масштаб 1 : 2 500 000

СРАВНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ Р. СЕВЕРНАЯ ДВИНА



Примеры расхождения моделей водотоков

Масштаб 1 : 50 000

ПРОБЛЕМЫ

При работе с глобальными ЦММ на примере AW3D30 (размер ячейки сетки 30x30 м) наблюдаются большие расхождения между выделенной по ЦММ и векторной эталонной моделью водотока.

Выделенная больше на 36 км, возможно из-за ложных заворотов и смещения русла реки на сушу.

Такое автоматизированное выделение может использоваться для мелкомасштабного картографирования.

При работе с региональной ЦММ ArcticDEM (размер ячейки сетки 2x2 м) расхождение значительно меньше.

Недостаток – большая нагрузка на компьютер по объему данных и скорости обработки.

Водоток выделился не цельным объектом – требуется агрегация с другим данными.

При дешифрировании космических снимков, на примере Sentinel-2 (размер ячейки сетки 10x10 м), невозможно учесть малые реки (<10 м).

Другой проблемой для данного исследования является недоступность данных космической съемки высокого пространственного разрешения на изучаемые территории.

ВЫВОДЫ

- Выделение водотоков по ArcticDEM рационально проводить используя вычислительные мощности облачных платформ для геопространственного анализа;
- В зависимости от целей и задач, рассмотренная методика может применяться для крупномасштабных работ;
- Один из вариантов корректного выделения водотока – агрегация данных космической съемки. По сравнению с моделью реки, полученной по ЦММ AW3D0, срединная линия полигона позволяет получить более качественную векторную основу. Поэтому именно её стоит использовать для заполнения пропусков по ArcticDEM;
- Работа такого масштаба может найти отражение в создании базы данных векторной гидрографической основы северных рек России.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации N 1800–р от 19 дек. 2002 г. Об утверждении Перечня внутренних водных путей Российской Федерации с изменениями на 10 июня 2023 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/901836096> (дата обращения 08.11.2023).
2. McFeeters, S. K. The use of the normalized difference water index (NDWI) in the delineation of open water features. *Int. J. Remote Sens.* 1996. V. 17. P. 1425–1432. <https://doi.org/10.1080/01431169608948714>.
3. Han-Qiu X. A study on information extraction of water body with the modified normalized difference water index (MNDWI). *J. Remote Sens.* 2005. V. 5. P. 589–595.
4. 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. V. 140. P. 23–35. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2013.08.029>.



Санкт-Петербургский
государственный университет

БЛАГОДАРИМ ЗА ВНИМАНИЕ!

Кочетова Алиса В.
st110592@student.spbu.ru

Игнатенко Дарья А.
st110672@student.spbu.ru

Сидорина Инесса Е.
i.sidorina@spbu.ru

