Проблемы дистанционного мониторинга загрязнений угольной пылью в районах морских портов

А.Ю. Дегай, В.Н Пырков, В.А. Егоров, В.Н. Черных, А.А. Прошин

ИКИ РАН, Институт космических исследований, Москва, andry@d902.iki.rssi.ru

Изучение влияния источников угольной пыли на акваторию, территорию морских портов и прилегающие территории представляется важной и актуальной задачей. Основными источниками пыли являются погрузочно-разгрузочные работы. Необходим практически непрерывный контроль площади и обобщенной толщины покрытия угольной пылью территории в районе проводимых работ. Решение такой задачи практически невозможно без использования дистанционных, в первую очередь спутниковых, методов, позволяющих получать однородную объективную информацию о состоянии таких территорий.

Для случая контроля загрязнения в морских портах необходимо использовать данные относительно высокого разрешения. Например, Sentinel 2. Предпочтительно использование инструментов автоматической классификации космических снимков. К основным проблемам дистанционного мониторинга территории порта и прилегающих территорий можно отнести следующие:

- невозможность использования радарных снимков для угольной пыли на поверхности снега и льда в силу малой толщины слоя угольной пыли
- облачность в районе большинства морских портов, в которых выполняются угольные погрузочно- разгрузочные работы с углем
- мало отличающаяся отражательная способность угольной пленки на поверхности снега и льда от отражательной способности открытой воды в видимом диапазоне

Для исключения значительной части вышеуказанных проблем предложено исследовать возможность применения для контроля загрязнения угольной пылью в морских портах снимков Sentinel 2 с помощью разработанного ранее для радиометра для MODIS метода автоматической классификации на основе сезонного анализа спектральных гистограмм [1]. В работе [1] использовалась маска земли, для того чтобы упростить классификацию:

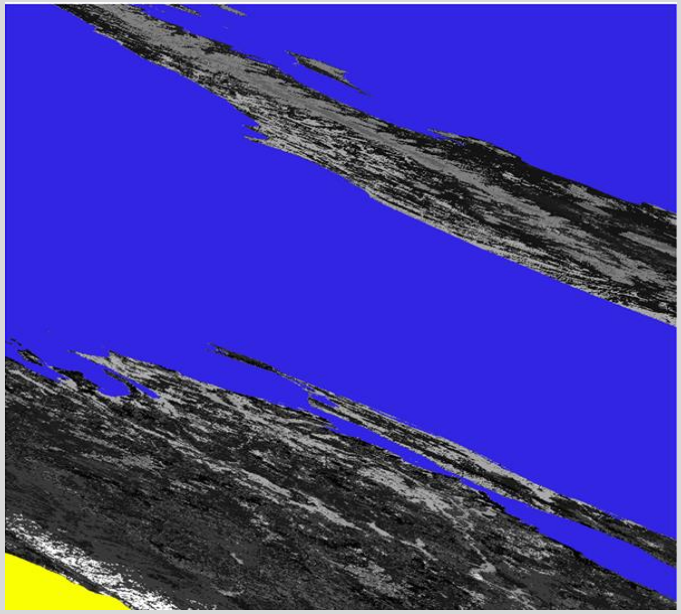
- открытая вода
- облачность
- лёд

Для случая контроля загрязнения угольной пылью добавлен класс угольная пыль на поверхности льда.

В работе [1] для отработки методики классификации ледовой обстановки были использованы архивные данные MODIS за 2011-2015гг. При обработке данных использовалась маска воды, т.е. обрабатывались только точки, относящиеся к водной поверхности. Отработка метода проводилась с использованием данных гранулы H26V03 MODIS. Данная гранула охватывает следующие области: части Берингова моря, Камчатки, Охотского моря, Сахалина, Татарского пролива, Приморья.

Данная гранула интересна для темы мониторинга угольной пыли, тем что многие морские порты в которых производятся погрузочно-разгрузочные работы для транспортировки угля находятся на берегу Татарского пролива.

.



Изображение гранулы H26V03 с наложением маски воды в синусоидальной проекции

Для выделения классов льда и облаков был применен индекс NDSI (Normalized Difference Snow Index) [2].
Для выделения открытой водной поверхности был использован индекс NDI_M42 (Normalized Difference Index MODIS bands 4,2),
аналогичный индексу MODIS NDWI [3]. Индексы вычислялись по формулам:

$$NDSI = \frac{band_1 - band_6}{band_1 + band_6}$$

$$NDI_M42 = \frac{band_4 - band_2}{band_4 + band_2}$$

band1	**RED**
band2	**NIR**
Band4	**GREEN**
band6	**SWIR**

Основным средством визуализации данных в статье [1] и вданной работе является двумерная гистограмма.

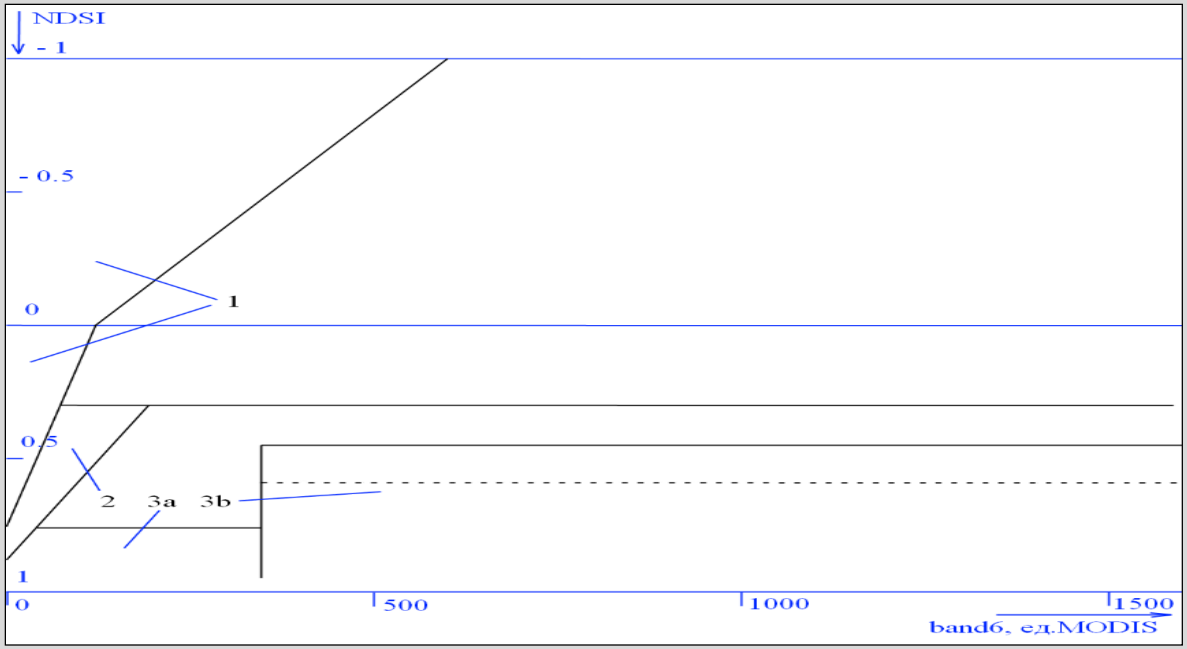
Двумерная гистограмма - это диаграмма, на которой координаты точки (области) соответствуют значениям (диапазонам значений) измеряемых параметров, а цвет точки (области) отображает количество измерений с такими значениями параметров относительно общего числа измерений. С помощью визуального анализа таких гистограмм делаются выводы о наличии и относительном количестве измерений с данными параметрами среди данной выборки измерений.

В статье [1] и в данной работе приведены два вида двумерных гистограмм. В гистограммах одного вида координаты по вертикали соответствуют величине индекса NDI_M42, а координаты по горизонтали - величине интенсивности канала band4 , в гистограммах второго вида используются величины индекса NDSI и интенсивности канала band6, соответственно. Первичная дискретизация гистограмм составляла 2000 точек на диапазон [-1 ... 1] индекса и 2400 точек на диапазон [0 … 16000] интенсивности канала. Цвет точек на обоих видах гистограмм меняется от синего до красного через желтый, по мере относительного увеличения количества точек исходных данных с соответствующими параметрами.

Разделение годового цикла на сезоны для исследуемой области (Охотское море) было взято априорно как: зима=декабрь-март, весна=апрель-июнь, лето=июль-октябрь, осень=ноябрь-декабрь.

В результате сравнительного анализа гистограмм за различные сезоны были выявлены области значений параметров приведенные ниже в таблице

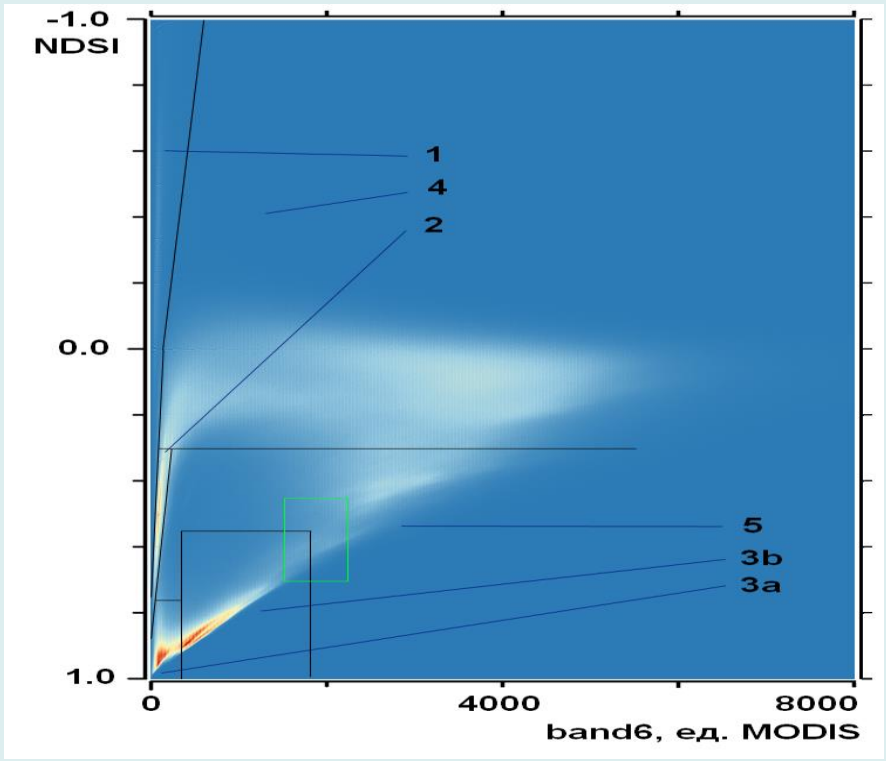
№ зоны	описание класса
1	Чистая вода (точка исходной сцены распознавалась, как вода, при ее попадании либо в зону 1 гистограммы NDI_M42, либо в зону 1 гистограммы NDSI).
2	Начальные стадии образования льда (сало, шуга и т.п.). NDSI.
2a	Вода под облаками. NDI_M42
3a	Тонкий лед. NDSI.
3b	Толстый лед. NDSI.
4	«Летняя» облачность (облачность, преобладающая летом).
5	«Осенняя» облачность (облачность, преобладающая осенью).



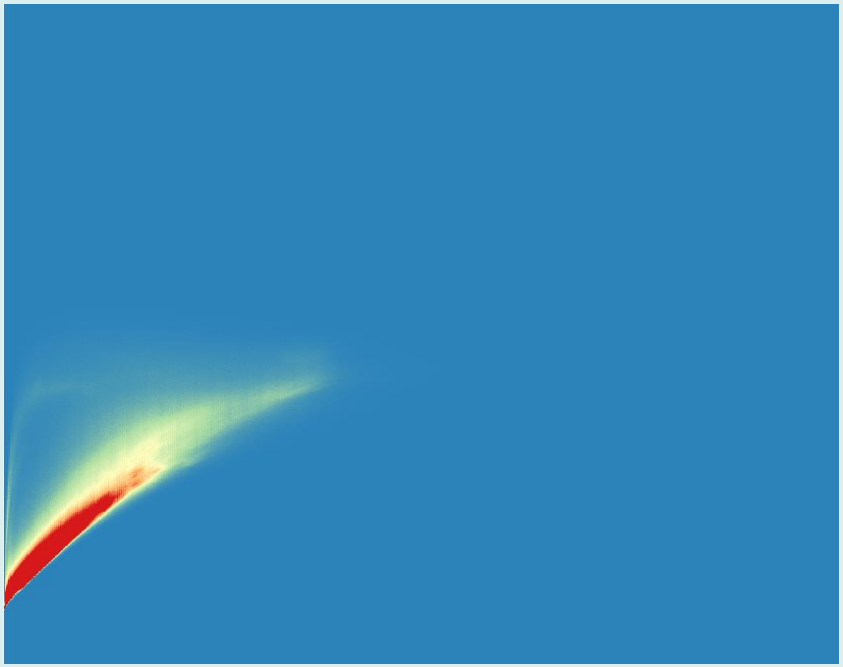
Увеличенная в 10 раз по оси band6, для наглядности изображения зон 1, 2, 3a, 3b, сетка областей параметров распознаваемых состояний на гистограмме NDSI - band6. Пунктиром обозначена верхняя граница зоны 3b в начальной версии распознавания. Расположение классов 4 и 5, вследствие растяжения и обрезки зоны видимости

В данной работе планируется выполнить аналогичные операции для данных SENTINEL 2 2023 года в районе Охотского моря и уделить особое внимание Татарскому проливу. Поэтому необходимо сравнить насколько методика выделения классов отработанная для данных MODIS 2011-2015 годов эффективна для данных MODIS 2023 года. Ниже на этом слайде и следующих приведено сравнение двумерных гистограмм 2011-2015 года и 2023 года

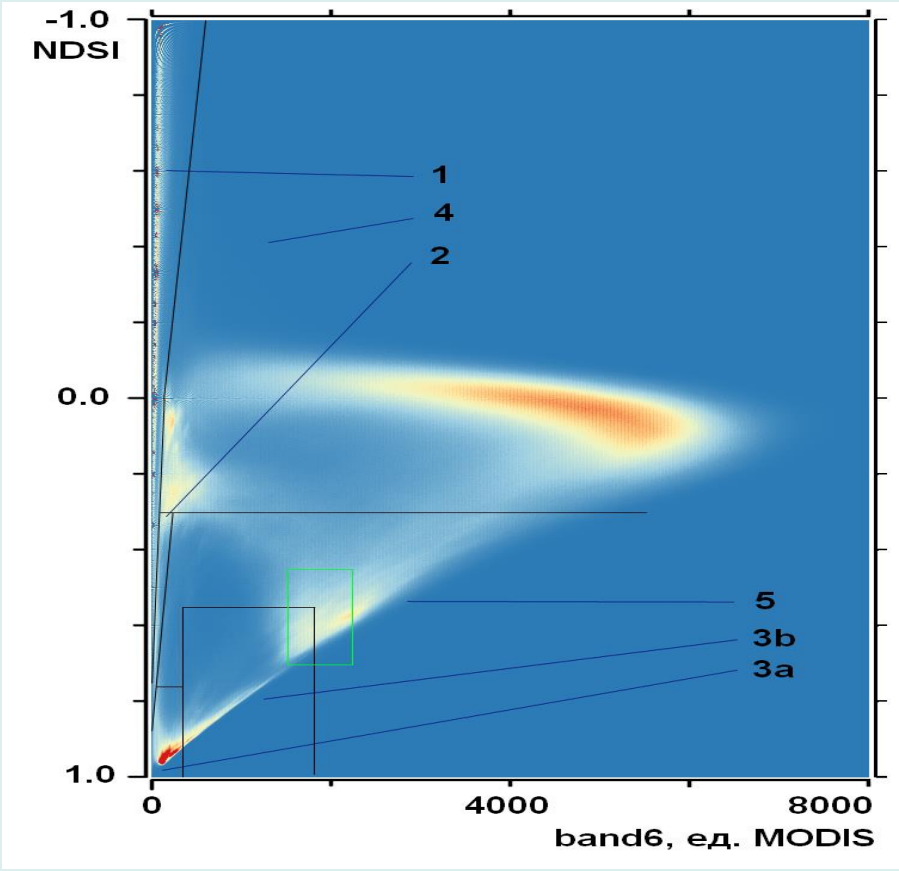
2011-2015 гг NDSI зима



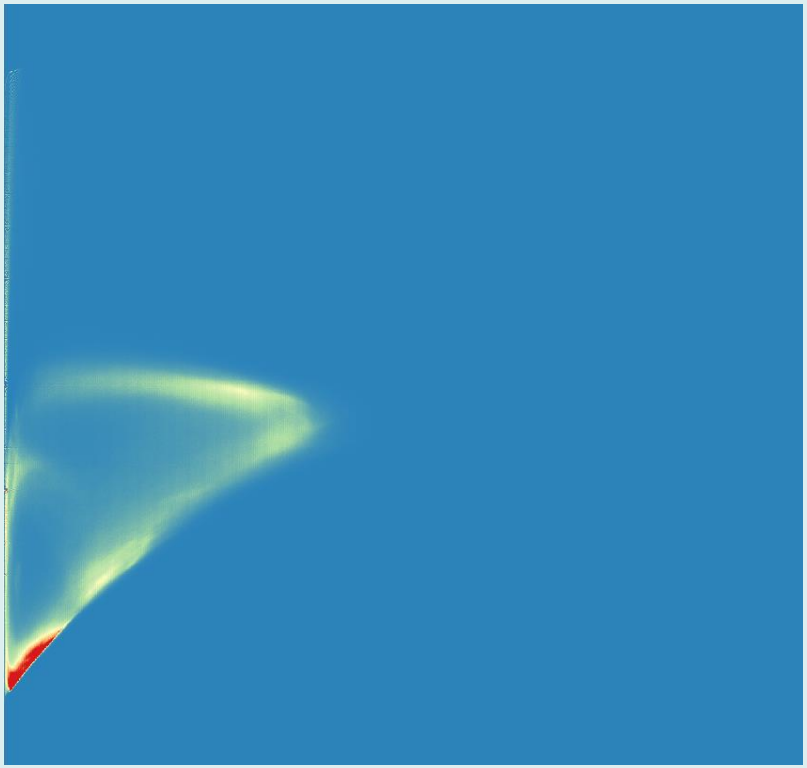
2023 г NDSI зима



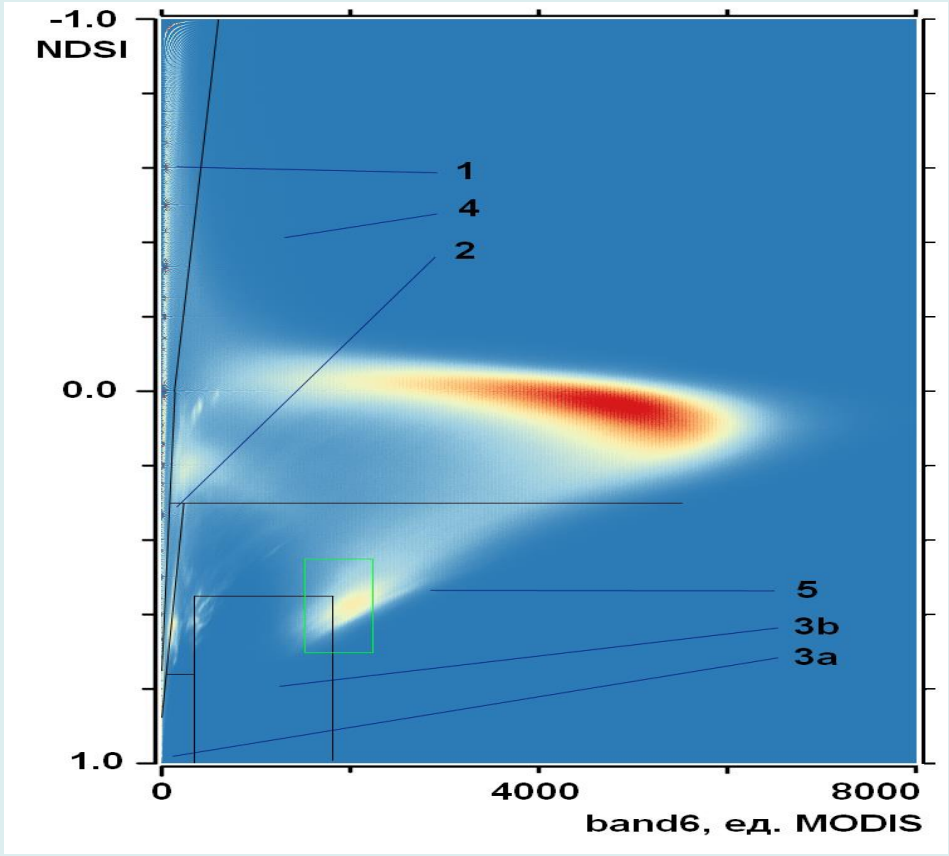
2011-2015 гг NDSI весна



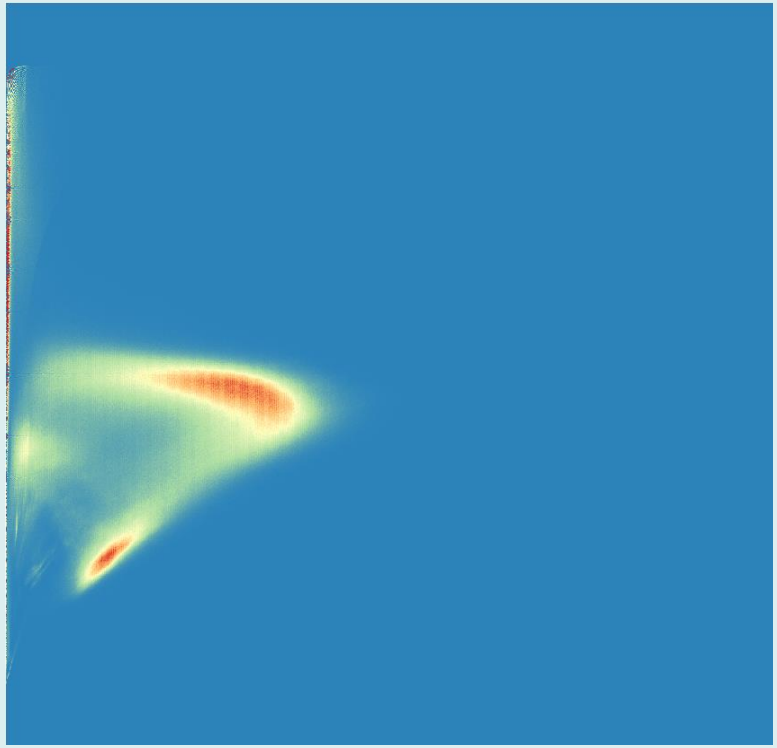
2023 г NDSI весна



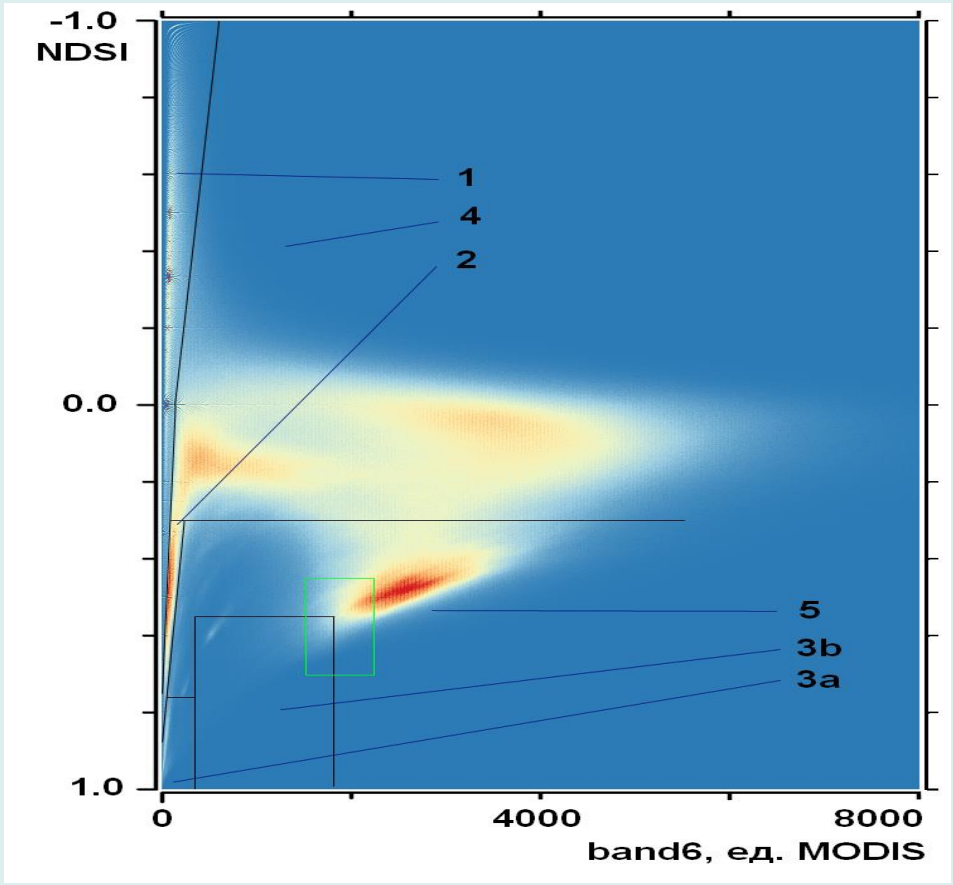
2011-2015 гг NDSI лето



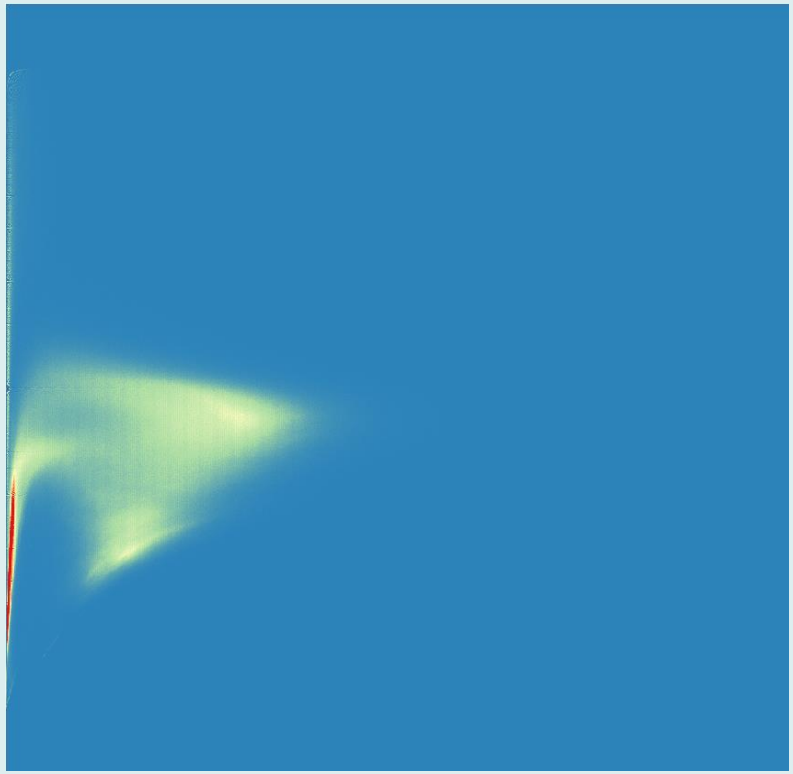
2023 г NDSI лето



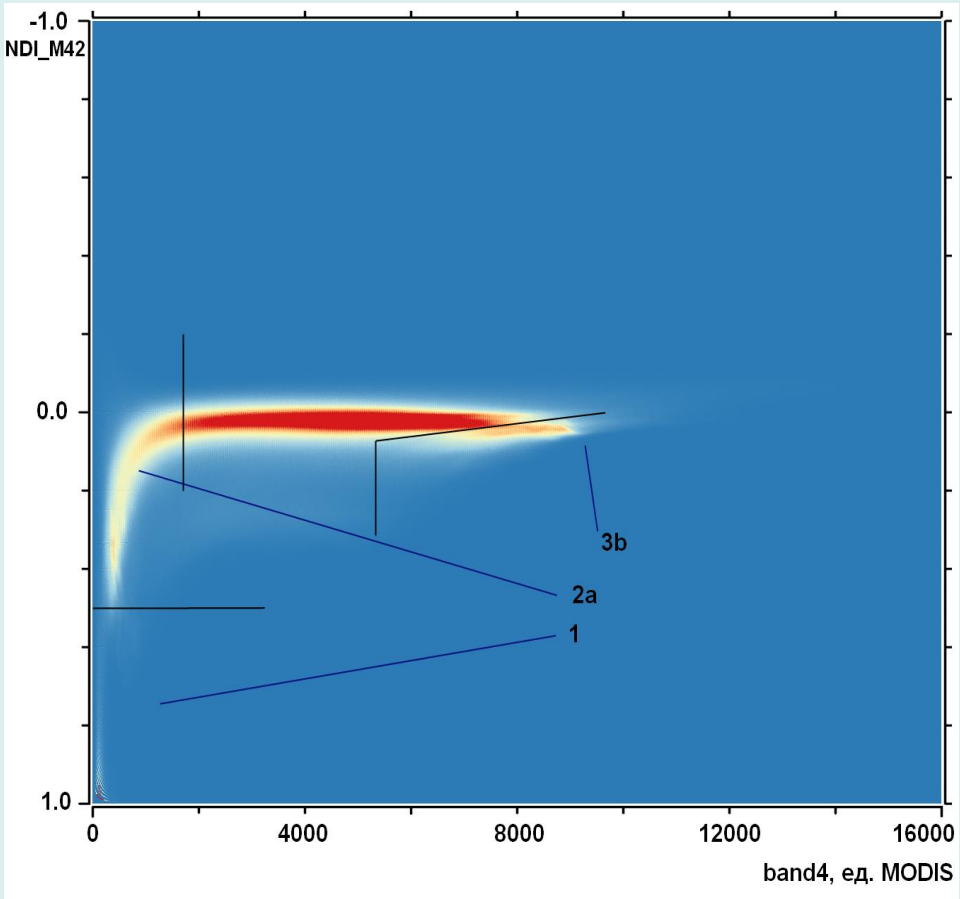
2011-2015 гг NDSI осень



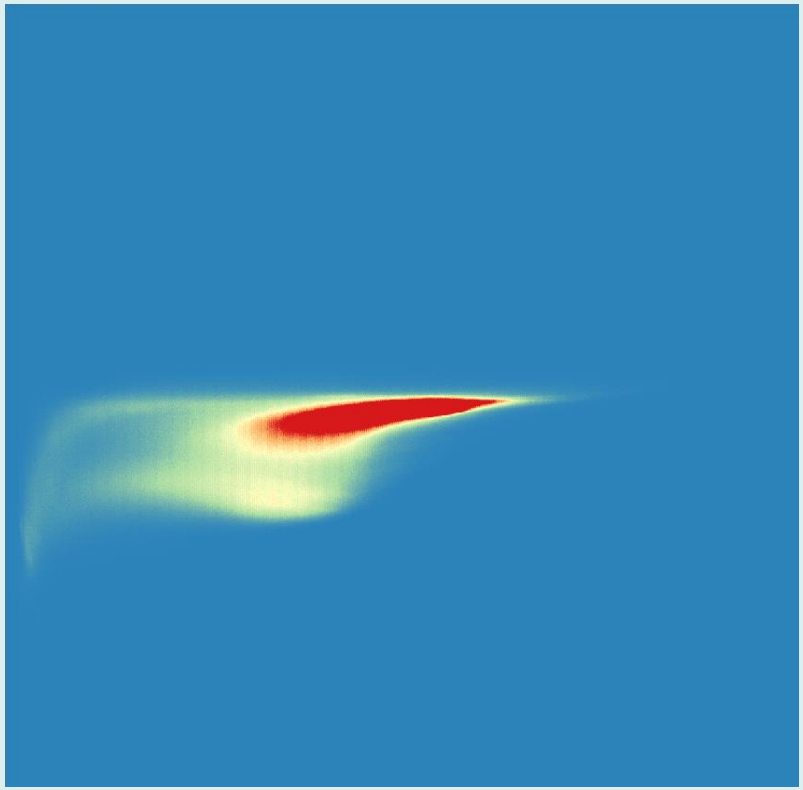
2023 г NDSI осень



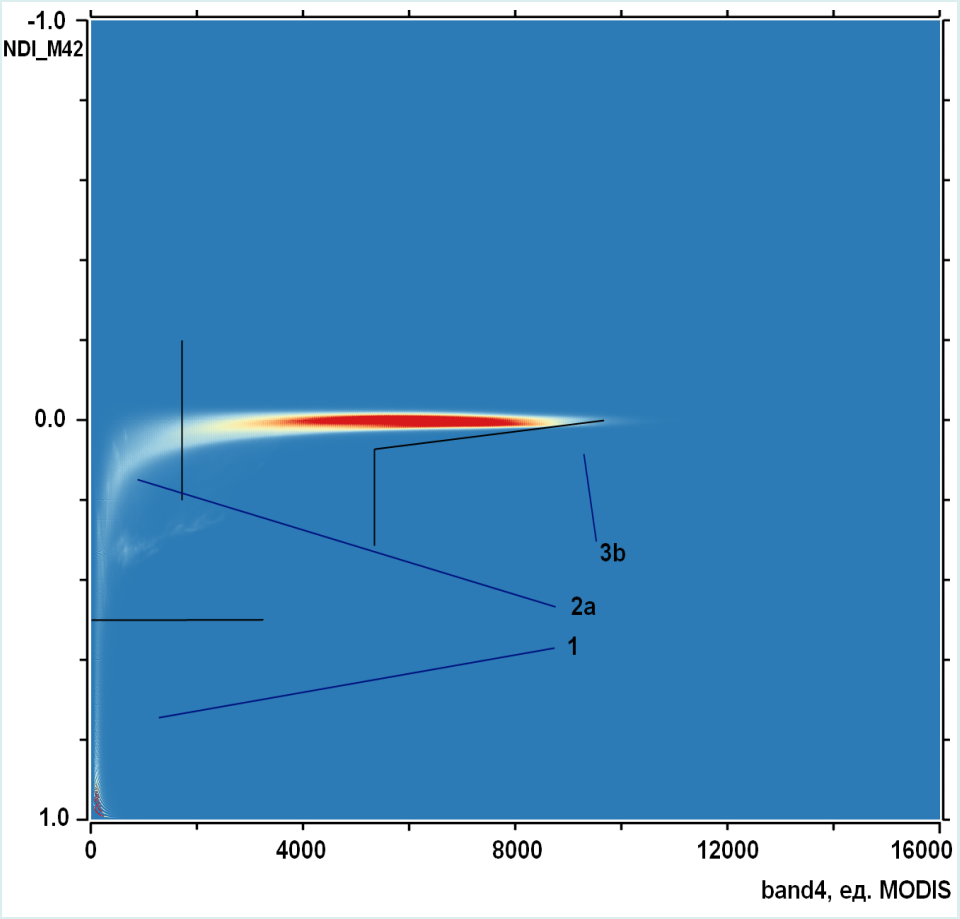
2011-2015 гг NDI_M42 зима



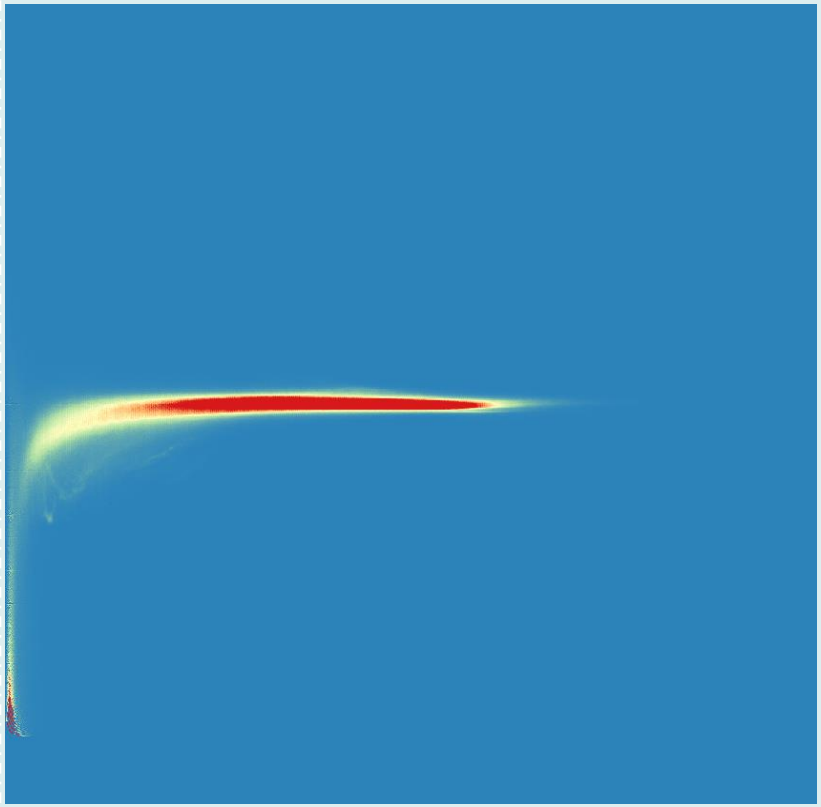
2023 г NDI_M42 зима



2011-2015 гг NDI_M42 лето



2023 г NDI_M42 лето



Качественное сравнение вышеприведенных двенадцати двумерных гистограмм NDSI – band6 и NDI_M42 – band4, позволяет судить, о том что полученные результаты для 2011-2015 годов могут быть применены и в 2023 году.

Заключение

В докладе показано, что разработанный в статье [1] метод классификации применим для района Охотского моря, Татарского проливаи в более широком временном диапазоне.

В продолжении работ данного доклада метод сезонного анализа двумерных гистограмм NDSI – SWIR и NDI_M42 – GREEN будет применен к данным SENTINEL 2 для Охотского моря, Татарского пролива в 2023 для выделения вышеописанных классов, с дополнением класса угольная пыль на поверхности льд.

Финансирование работы

Работы проводились с использованием технологий и данных центра коллективного пользования ЦКП "ИКИ-Мониторинг" [4]. Работа выполнена при поддержке Минобрнауки (тема "Мониторинг", госрегистрация №126031818938-6).

Литература

1. Развитие web-сервисов предоставления спутниковых данных системы мониторинга рыболовства А.Ю. Дегай, М.В. Андреев, В.А. Егоров, В.Н Пырков, В.Н. Черных
2. Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD) for the MODIS Snow and Sea Ice-Mapping Algorithms / D. Hall, G. Riggs, V. Salomonson. September, 2001. p.45
3. Gao, B.-C. 1996. NDWI - A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. Remote Sensing of Environment 58: p. 257 266
4. Лупян Е.А., Прошин А.А., Бурцев М.А., Балашов И.В., Барталев С.А., Ефремов В.Ю., Кашницкий А.В., Мазуров А.А., Матвеев А.М., Суднева О.А., Сычугов И.Г., Толпин В.А., Уваров И.А. Центр коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа спутниковых данных ИКИ РАН для решения задач изучения и мониторинга окружающей среды // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12. № 5. С. 263-284.



Спасибо за внимание!