



**МУРМАНСКИЙ
АРКТИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ
ДЛЯ ОЦЕНКИ ЛЕДОВОЙ ОБСТАНОВКИ НА РЕКАХ
МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВ
SENTINEL-1**

**Лазарева Ирина Михайловна,
канд. физ.-мат. наук, доцент
Шелегов Глеб Сергеевич,
ГУ МЧС РФ по Мурманской области,
мастер связи**

Ледовая обстановка на реках

Ледовая обстановка на реке в межсезонье – место повышенной опасности.

Каждый год Министерство чрезвычайных ситуаций (МЧС) вынуждено предпринимать действия по предотвращению негативных последствий от половодий.

Особенности ледовой обстановки на реках:

- заторы в весенний период
- зажоры в осеней период

Сопровождаются повышением воды в участках формирования.



Гидропост



Зоны затоплений

Список зон затоплений, установленный МЧС в Мурманской области:

1. Река Кола – Кольский р-н, н.п. Зверосовхоз
2. Река Кола – Кольский р-н, п.г.т. Кильдинстрой
3. Река Кола – Кольский р-н, жд.ст. Выходной
4. Река Кола – Кольский р-н, н.п. Шонгуй
5. Река Кола – Кольский р-н, жд.ст. Магнетиты
6. Река Кола – Кольский р-н, жд.ст. Лопарская
7. Река Роста – г. Мурманск
8. Река Варзуга – Терский район, с. Варзуга



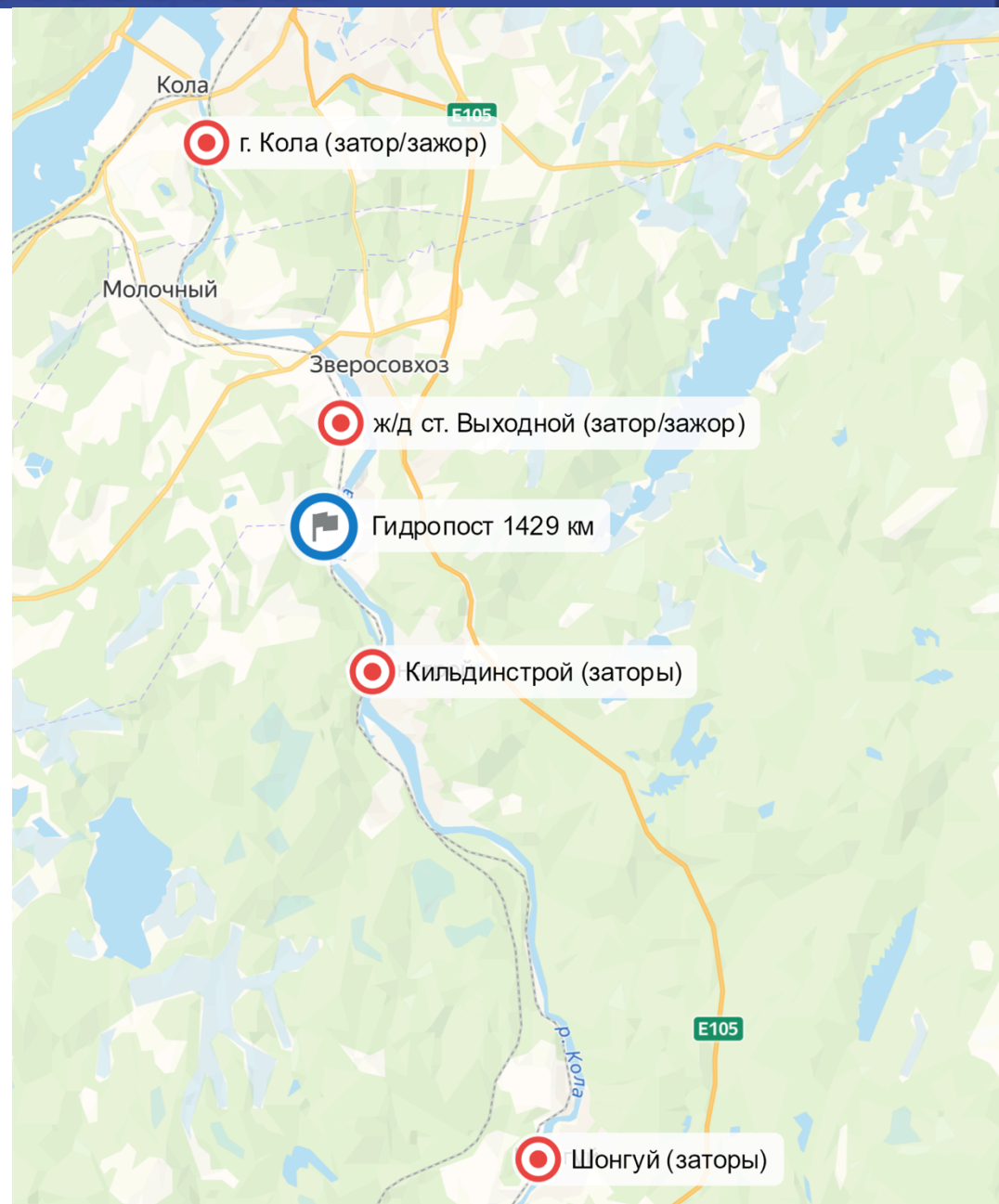
Кильдинстрой июнь 2020 года

Река Кола

Река Кола протекает через одноимённый город и впадает в Кольский залив Баренцева моря. Длина реки составляет около 83 км, а площадь водосборного бассейна — около 3850 км².

Реки области питаются преимущественно за счет талых вод и дождей, что делает их особенно уязвимыми к изменениям погодных условий.

- В данном исследовании обнаружение ледовых явлений осуществлялось на участке реки Кола в зоне гидропоста 1429 км Октябрьской ж/д



Данные для анализа

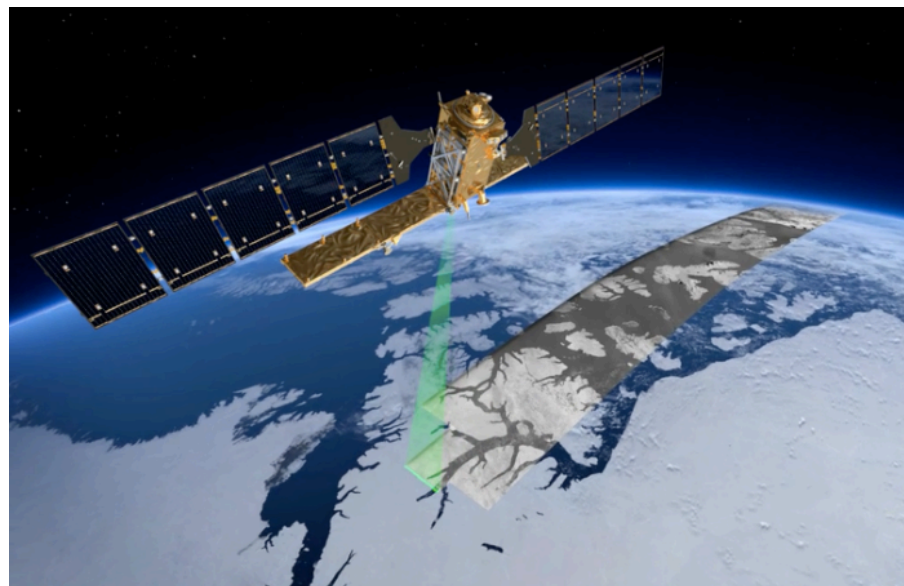
Радиолокационные данные со спутника Sentinel-1 (A, B)

Используются волны с горизонтальной (H) или вертикальной (V) поляризацией.

Пространственное разрешение 10 м.

Предоставляет данные с 2014 года.

https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2017/02/Sentinel-1_monitoring



Downloads

X

Retry Cancel Remove

S1A_IW_GRDH_1SDV_20180814T150945_20180814T151010_023244_0286CC_B90C.SAFE
S1B_IW_GRDH_1SDV_20180728T043027_20180728T043052_012006_0161AA_9091.SAFE
S1A_IW_GRDH_1SDV_20180717T042305_20180717T042330_022829_0279A9_1D8A.SAFE
S1B_IW_GRDH_1SDV_20180708T151702_20180708T151727_011721_0158FC_CC6C.SAFE
S1B_IW_GRDH_1SDV_20180801T151720_20180801T151745_012071_0163A0_F5C1.SAFE

1.58 GB

100%

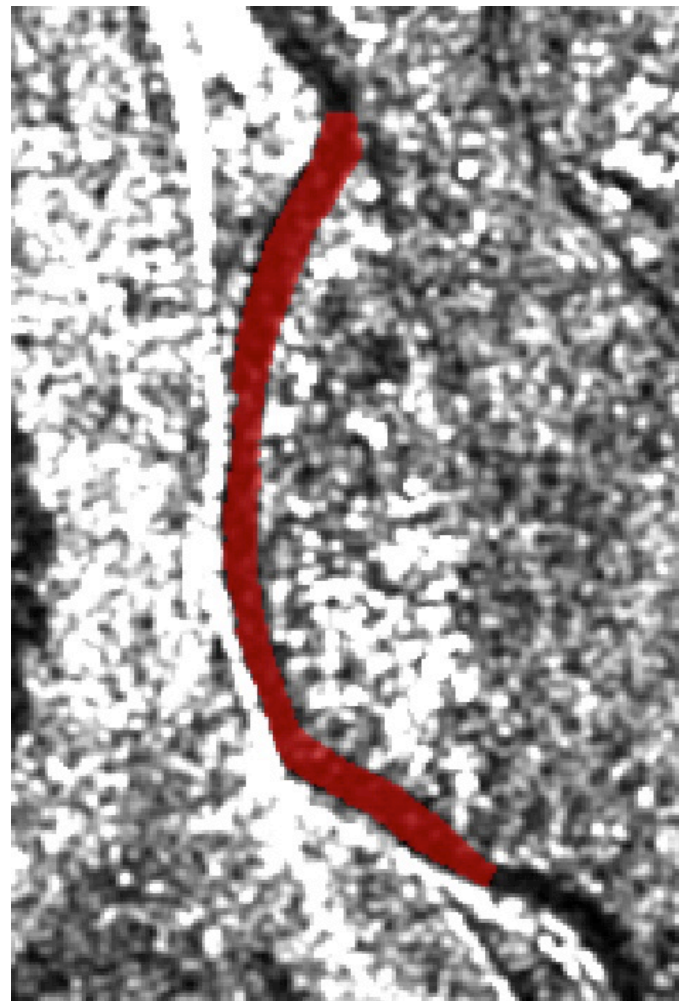
QUEUED

QUEUED

QUEUED

QUEUED

Извлечение значений



Слева представлен Shape файл в Qgis, справа его наложение на снимок в SNAP для последующего экспорта

Пример данных для анализа

Pixel-X	Pixel-Y	Longitude	Latitude	Sigma0_VH	Sigma0_VV
17725.5	8598.5	33.09270471318041	68.81487809072634	0.007950612	0.036439978
17724.5	8599.5	33.09241105780645	68.81494887256238	0.0093740355	0.028025154
17725.5	8599.5	33.09265379643565	68.81496682602516	0.0050363196	0.01651213
17726.5	8599.5	33.092896535060675	68.81498477948792	0.002283472	0.010663376
17723.5	8600.5	33.09211740054443	68.81501965431448	0.007717916	0.034631934
17724.5	8600.5	33.09236014011975	68.81503760781922	0.0042283176	0.012916991
17725.5	8600.5	33.0926028796909	68.81505556132397	0.0023916003	0.01025561
17726.5	8600.5	33.0928456192579	68.81507351482871	0.0016962579	0.009220544
17727.5	8600.5	33.0930883588207	68.81509146833343	0.0012618251	0.007996461
17723.5	8601.5	33.09206648191581	68.81510838952934	0.005735593	0.02826356
17724.5	8601.5	33.09230922243308	68.81512634307606	0.00310806	0.014974324
17725.5	8601.5	33.0925519629462	68.81514429662278	0.0022786346	0.013131557
17726.5	8601.5	33.092794703455134	68.8151622501695	0.002472852	0.01013366
17727.5	8601.5	33.0930374439599	68.81518020371621	0.0029809775	0.008809357
17728.5	8601.5	33.09328018446047	68.81519815726293	0.0029314128	0.008447145

Определение вероятности наличия льда на участке реки (по пиксельно)

Используется модель логистической регрессии с двумя характеристиками:

$$\log\left(\frac{p}{1-p}\right) = \beta_0 + \beta_{VV} \times VV_{\text{sigma}0} + \beta_{VH} \times VH_{\text{sigma}0}$$

Где p – вероятность льда

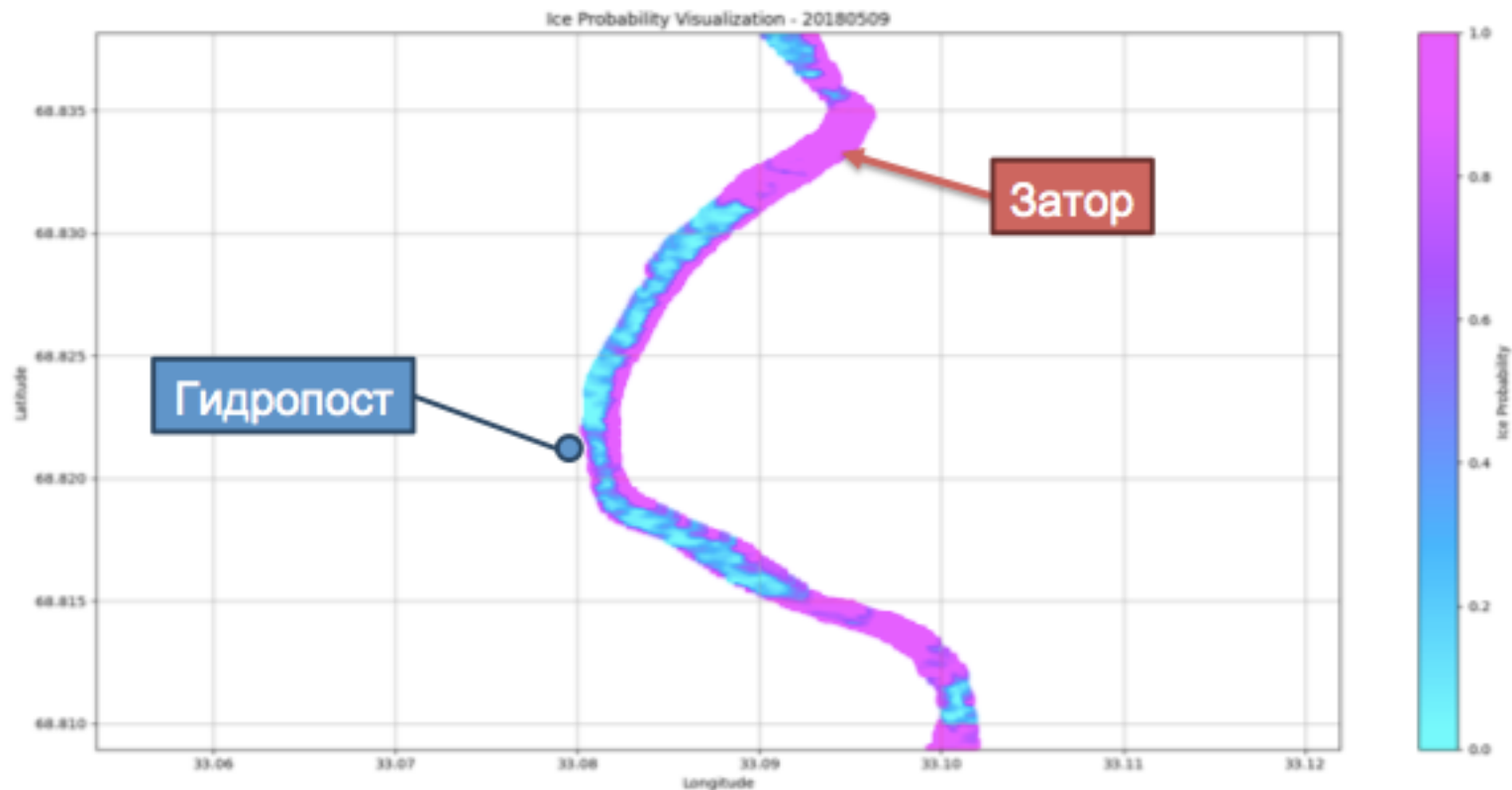
$VV_{\text{sigma}0}$ и $VH_{\text{sigma}0}$ – значения коэффициента рассеяния в поляризациях VV и VH

$\beta_0, \beta_{VV}, \beta_{VH}$ – параметры модели.

$$\beta_0 = 14.27, \beta_{VV} = 0.845, \beta_{VH} = 0.03,$$

Значения параметров модели рассчитаны на выборки 76 характерных снимков. В расчете участвовали 4156 точек. Точность – 88%.

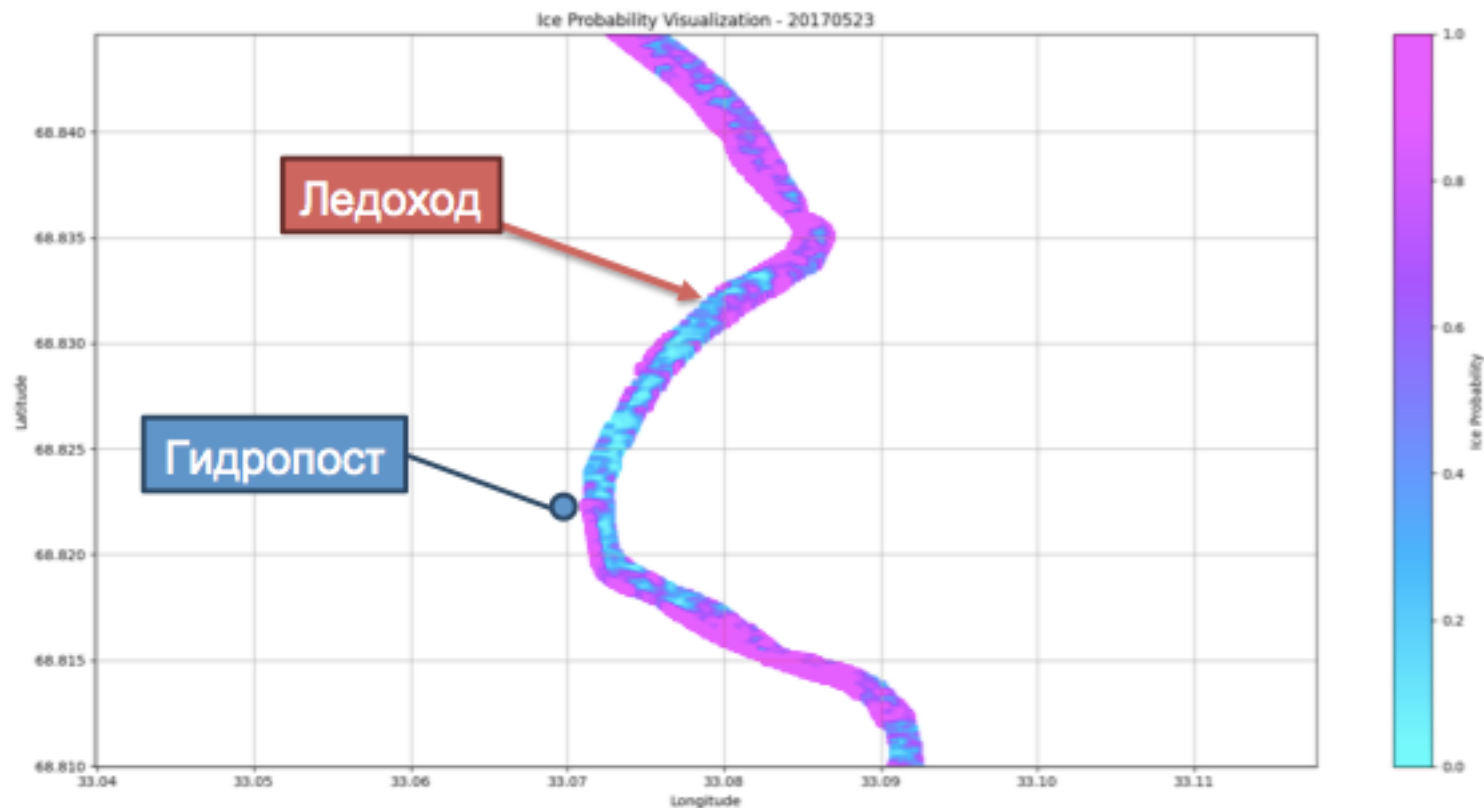
Визуализация данных вероятностной модели льда



Данные гидрометслужбы 9 мая 2018 года:

- уровень воды +75 см
- затор ниже поста

Визуализация данных вероятностной модели льда



Данные гидрометслужбы 23 мая 2017 года:

- уровень воды +81
- ледоход

Постановка задачи классификации ледовых явлений

Для автоматического определения ледового явления на спутниковом снимке участка реки необходимо отнести соответствующий файл к одному из классов:

0 - открытая вода,

1 - ледостав,

2 - ледовые явления межсезонья:

- затор/зажор,

- неполный ледостав,

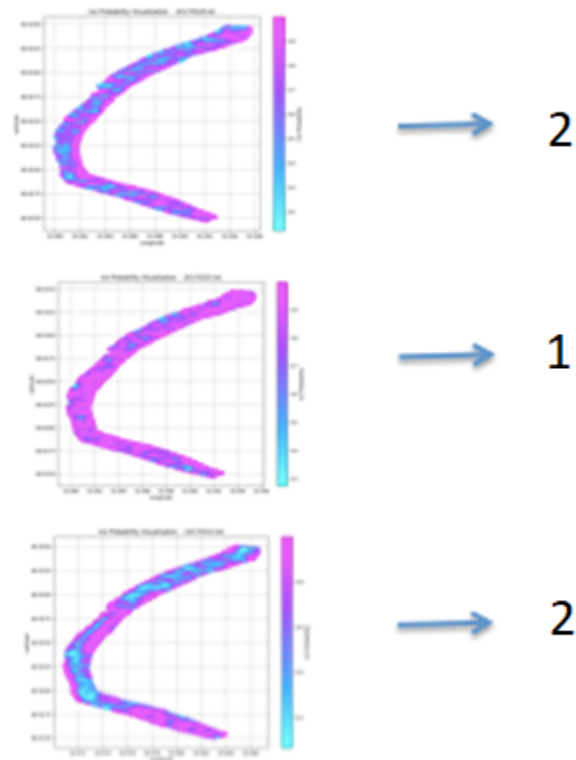
- сало,

- ледоход.

Тренировочное множество:

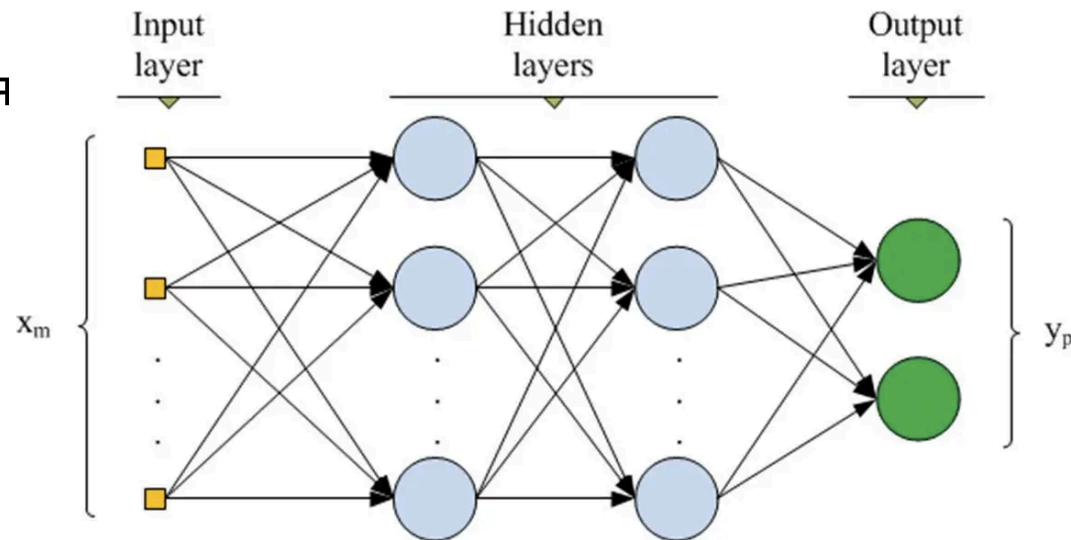
ВХОД: вектор значений вероятности льда

ВЫХОД: тип ледового явления



Архитектура нейронной сети

Использовалась полносвязная нейронная сеть MLP. Архитектура реализованной нейронной сети имеет:
- входной, выходной слой и два скрытых слоя.



Первый скрытый слой представлен 128 нейронами, второй имеет 64 нейрона.

В скрытых слоях используются функция активации ReLU.

Выходной слой имеет количество нейронов, равное количеству уникальных классов, и функцию активации Softmax для многоклассовой классификации.

Обучение нейронной сети

Данные для обучения включали 630 спутниковых снимков и информацию гидрометслужбы за 2015-2018 годы.

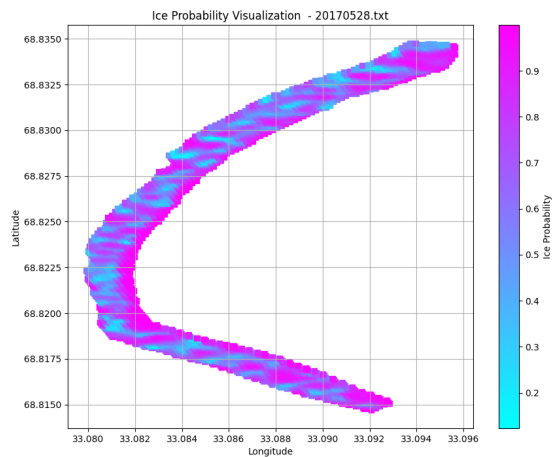
В процессе обучения использовалось 40 эпох и размер мини-пакета (batch size) равный 32.

Результат обучения:

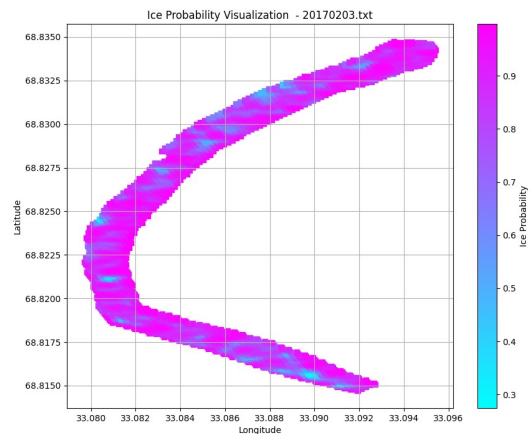
Кол-во классов	Общая точность, <u>Acc</u>	Точность, P	Полнота, R	Оценка F1
2 <u>класса</u>	77,78	84,26	77,78	78,02
3 <u>класса</u>	75,32	70,58	75,32	72,86

Визуальное определение ледовых явлений межсезонья

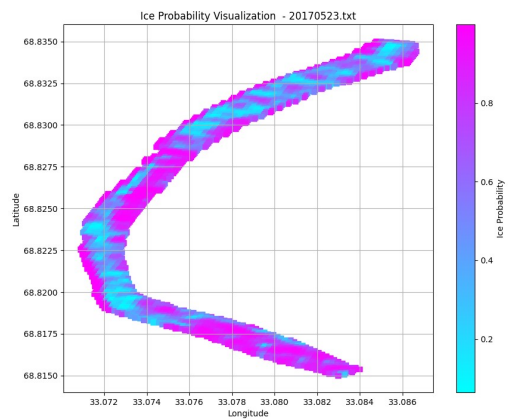
Ледоход



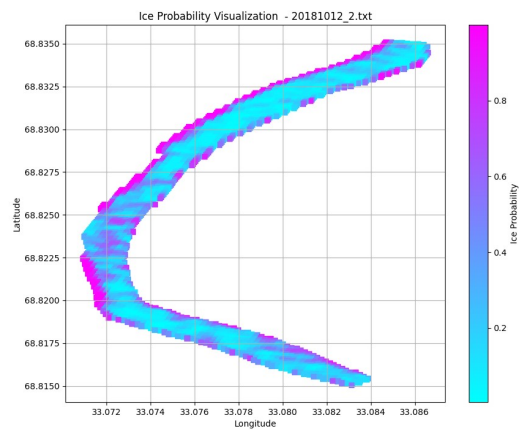
Ледостав



Неполный ледостав



Сало



Результаты

Данное исследование будет продолжаться по мере получения новых данных.

При этом полученные результаты позволяют начать строить инструмент для своевременного детектирования ледовых явлений на регулярной основе получения спутниковых данных.

Представленный алгоритм может быть использован для анализа спутниковых данных с целью оценки ледовой обстановки на реках, обладающих схожими с рекой Кола гидрологическими и ландшафтными характеристиками.

Развитие исследования предполагает адаптацию предлагаемого решения для использования отечественного спутника Кондор ФКА.

Исследование поддержано грантом РФФ № 24-17-20021, <https://rscf.ru/project/24-17-20021/>.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЛЕДОВОЙ ОБСТАНОВКИ НА РЕКАХ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВ SENTINEL-1

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

ФГАОУ ВО «Мурманский арктический университет»

Научно-исследовательская лаборатория
«Анализ данных и искусственный интеллект в арктических исследованиях»

Заведующий лабораторией:

Лазарева Ирина Михайловна, канд. физ.-мат.
наук, доцент

lazareva.im@mauniver.ru

