

Определение положения и сплоченности ледяного покрова по данным радиолокаторов Ku- и Ka-диапазонов при малых углах падения

Панфилова М.А., Караев В.Ю.,
Титченко Ю.А., Ковалдов Д. А.

ИПФ РАН, Нижний Новгород

Детектирование ледяного покрова, обзор

Belmonte Rivas M., 2011 - Байесов подход по данным скаттерометрии

Peureux C. et. al., 2022 - Байесов подход по данным радиолокатора SWIM на спутнике CFOSAT, малые углы падения

Panfilova M. et. al., 2022 – детектирование ледяного покрова по статистике уклонов по данным радиолокатора DPR на спутнике GPM

Задача данной работы - исследовать точность подхода K-means для классификации типа поверхности: вода или лед. Этот подход ранее применялся для анализа данных альтиметрии и PCA:

Zhong, W.; Jiang, M.; Xu, K.; Jia, Y. Arctic Sea Ice Lead Detection from Chinese HY-2B Radar Altimeter Data. Remote Sens. 2023

Yu, B.; Meng, J.; Zhang, X.; Ji, Y. Segmentation method for agglomerative hierarchical-based sea ice types polarimetric data. J. Remote Sens. 2013

Исходные данные

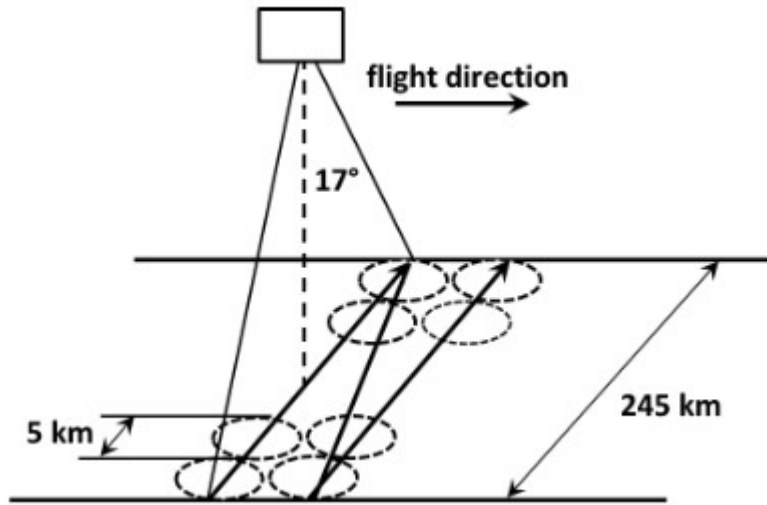
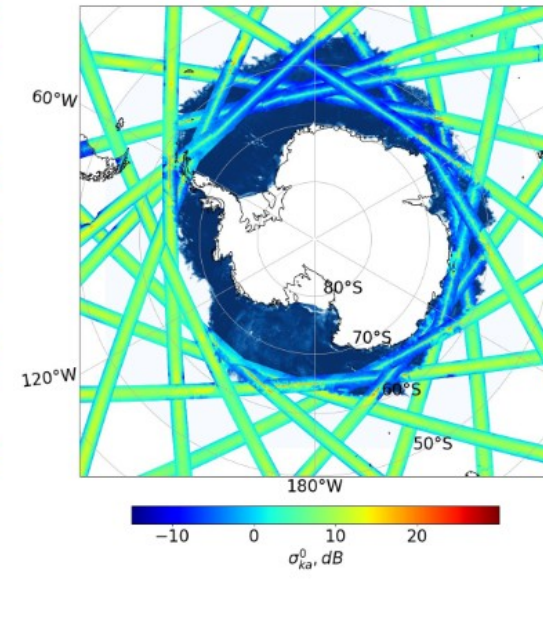
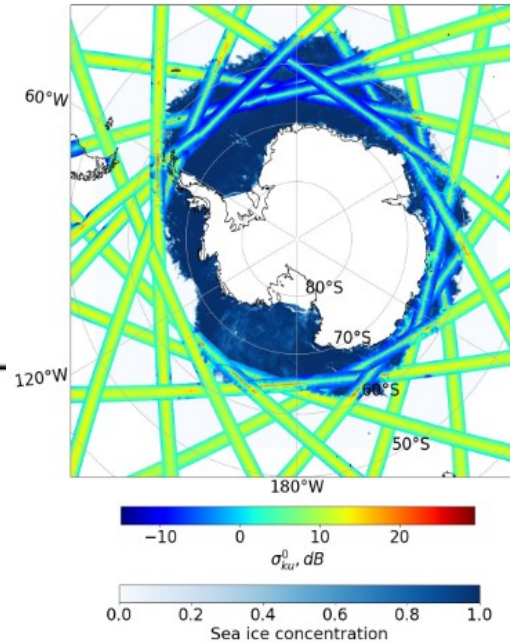


Схема сканирования DPR



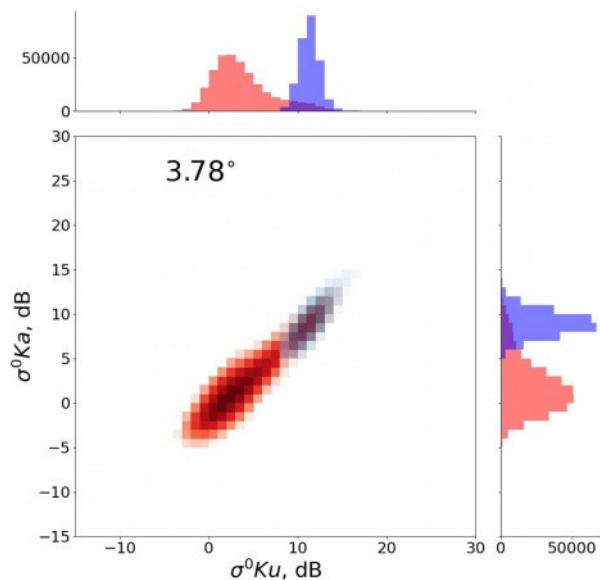
Пример данных: NRCS в Ku- и Ka-диапазонах за 3 сентября поверх карты сплоченности

Сечение обратного рассеяния (normalized radar cross section - NRCS):
Dual frequency Precipitation Radar (DPR) на спутнике Global Precipitation Measurement (GPM)

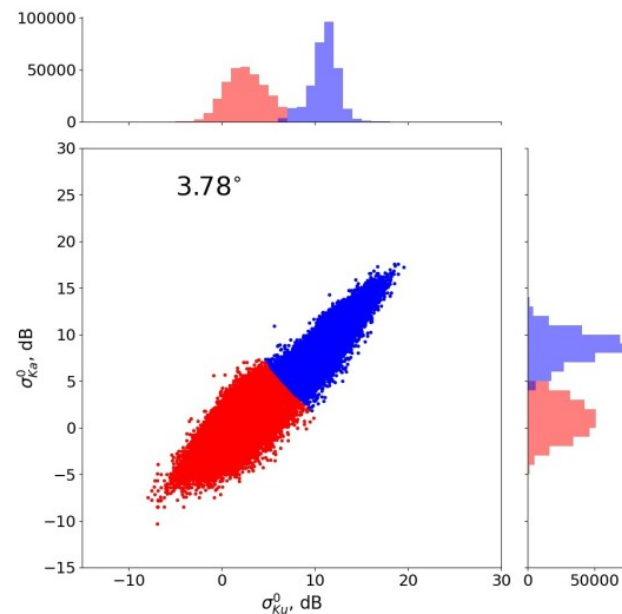
Данные о сплоченности ледяного покрова: Sea Ice Concentration (SIC) по измерениям AMSR-2 data, на сайте Бременского университета.

Метод

Элементы разрешения промаркированы как лед и вода согласно порогу SIC=15% .
Для случая, когда распределения NRCS для воды и льда разделены, применяется метод кластеризации K-means.

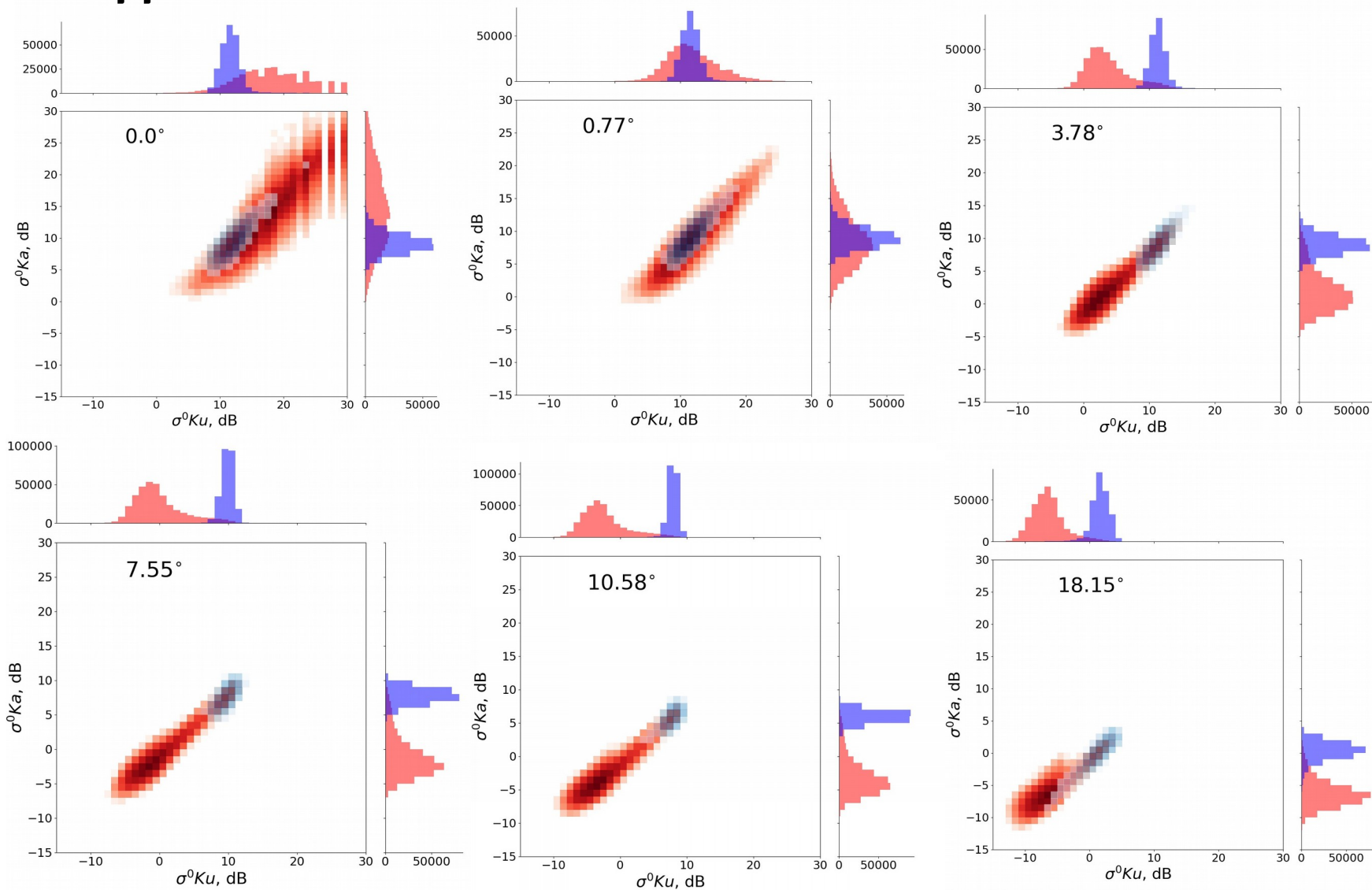


Пример гистограмм NRCS для льда (красный) и воды (синий), угол падения 3.78 градусов



Результат одномерной кластеризации отдельно по Ku- и Ka-диапазонам и двумерной кластеризации

Характерные гистограммы для нескольких углов падения



Метрики качества кластеризации

Матрица
несоответствий:

		Predicted (DPR)	
		ice	water
Actual (AMSR2)	ice	TP	FN
	water	FP	TN

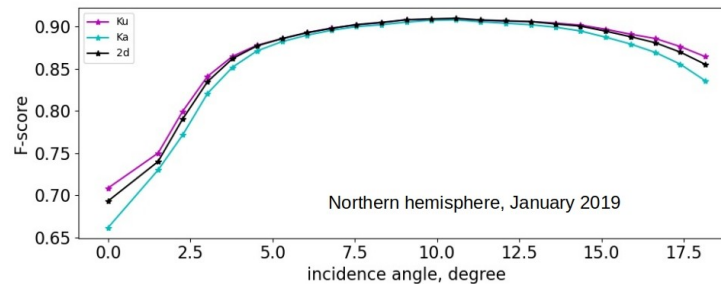
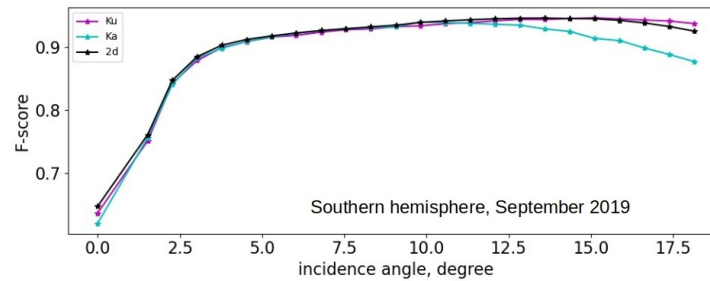
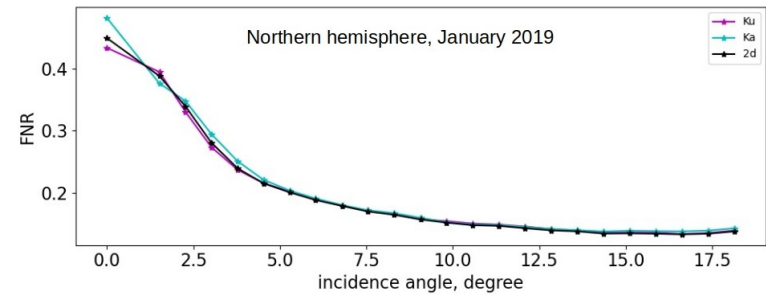
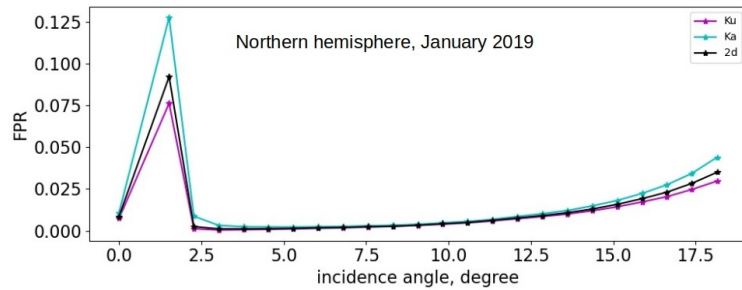
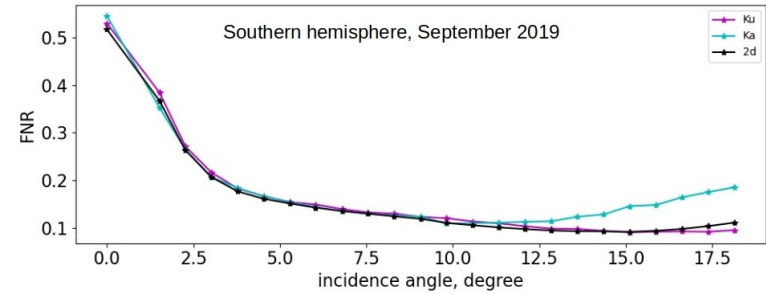
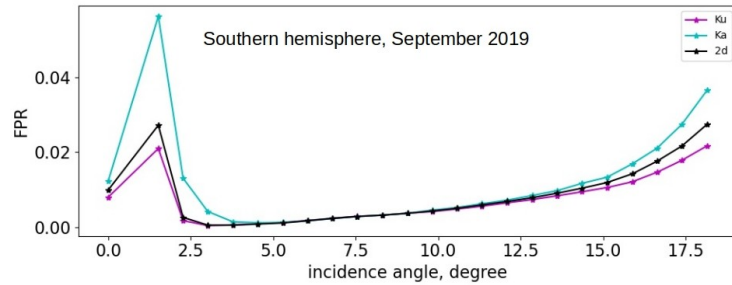
False Positive Rate (FPR), False Negative Rate (FNR) and F-score были вычислены для данных за январь 2019 в Арктике и сентябрь 2019 в Антарктике. При этом использовались данные для широт не ниже 40 градусов СШ и ЮШ.

$$FPR = \frac{FP}{FP + TN}$$

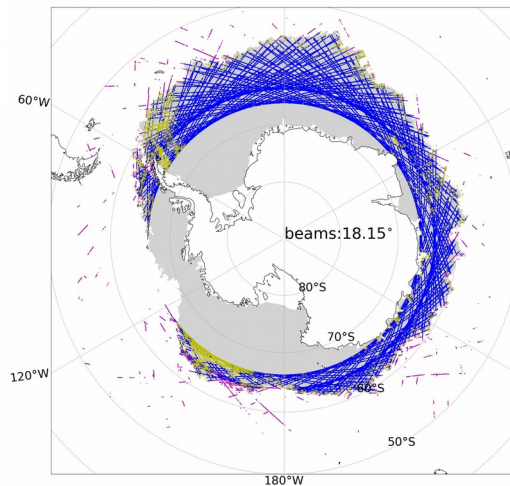
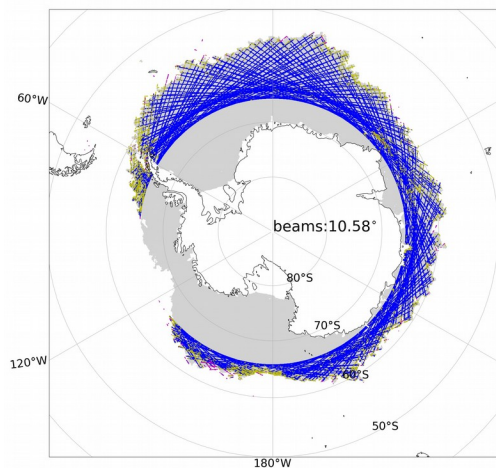
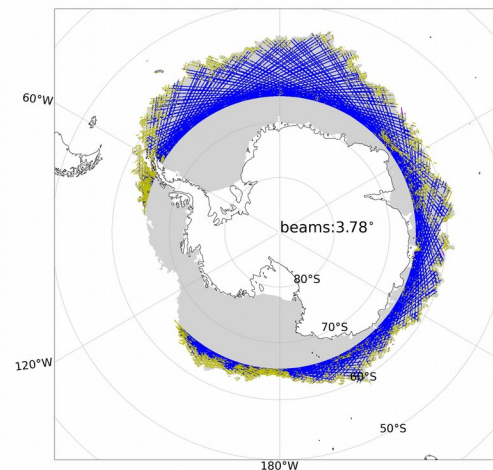
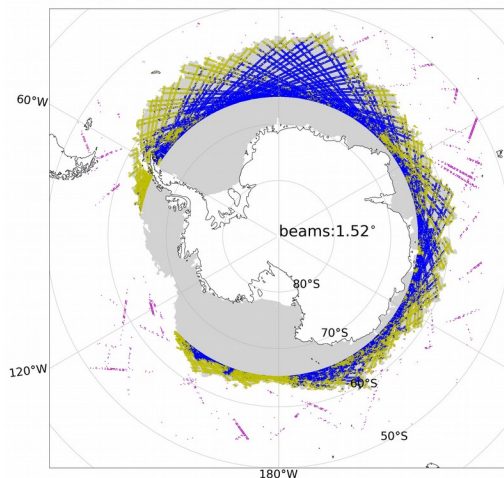
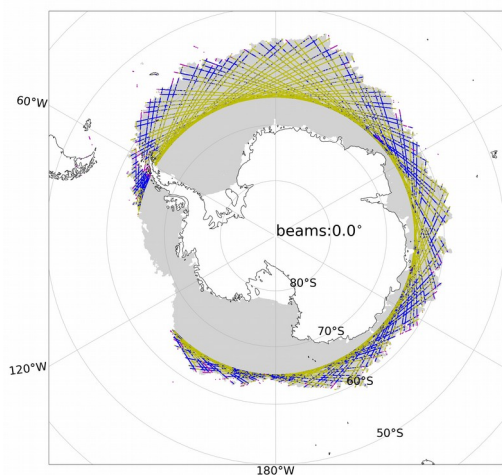
$$FNR = \frac{FN}{FN + TP}$$

$$F = \frac{2TP}{2TP + FP + FN}$$

Результаты

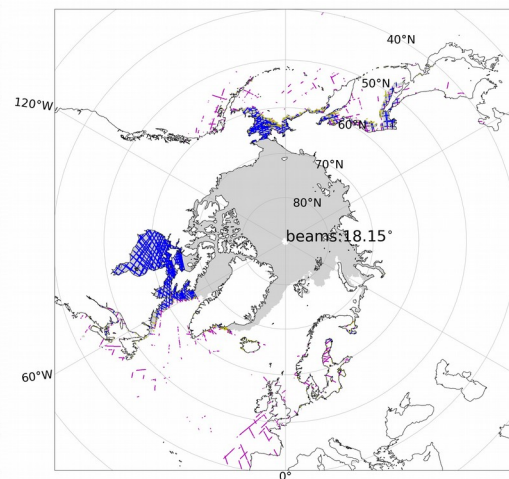
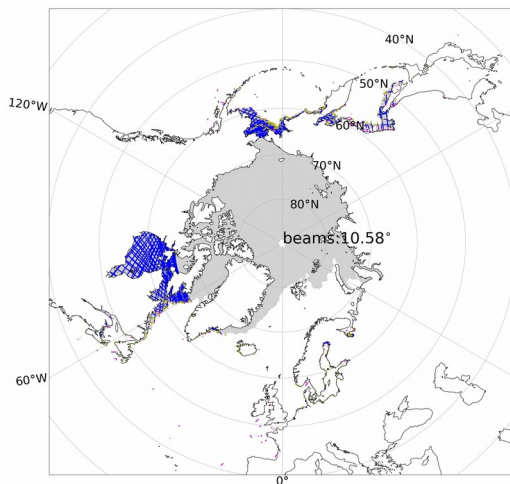
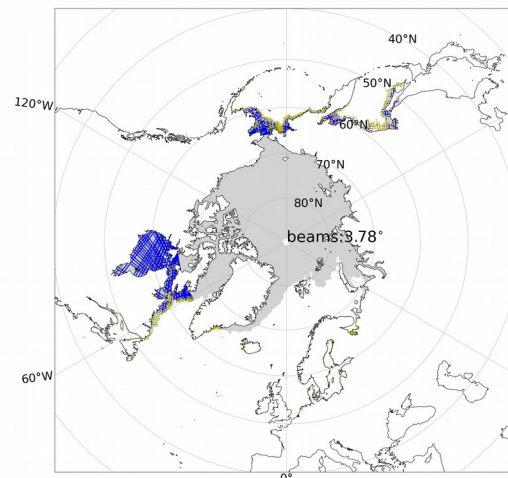
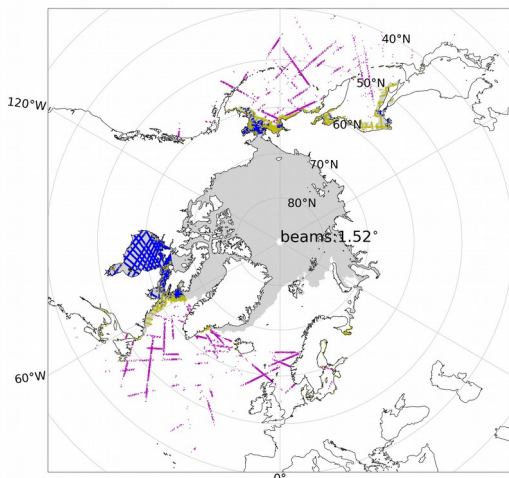
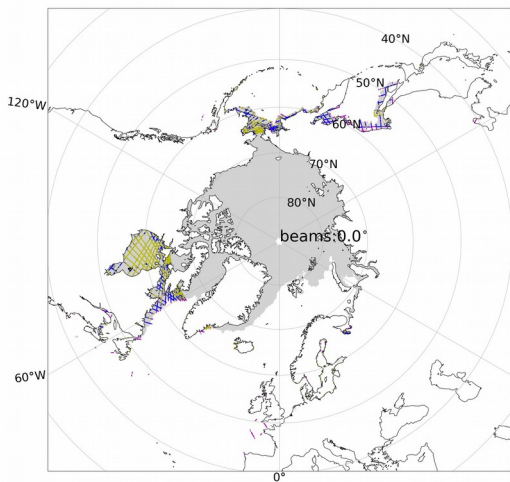


Результаты для данных за первую неделю сентября 2019



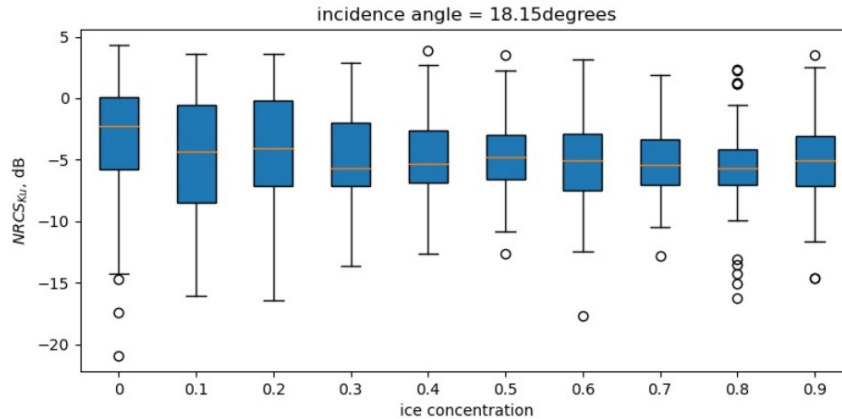
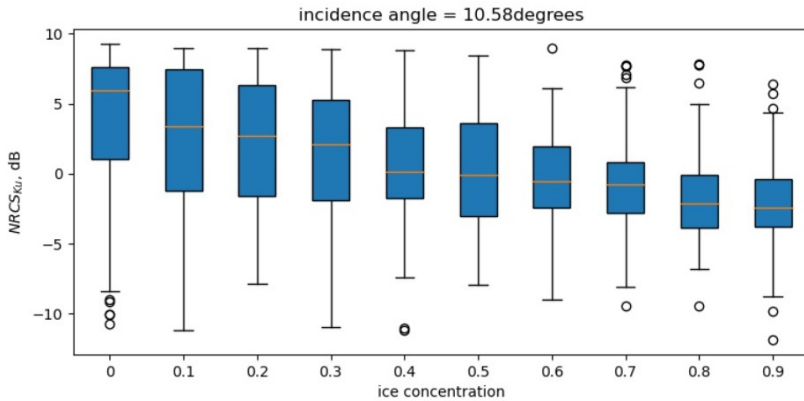
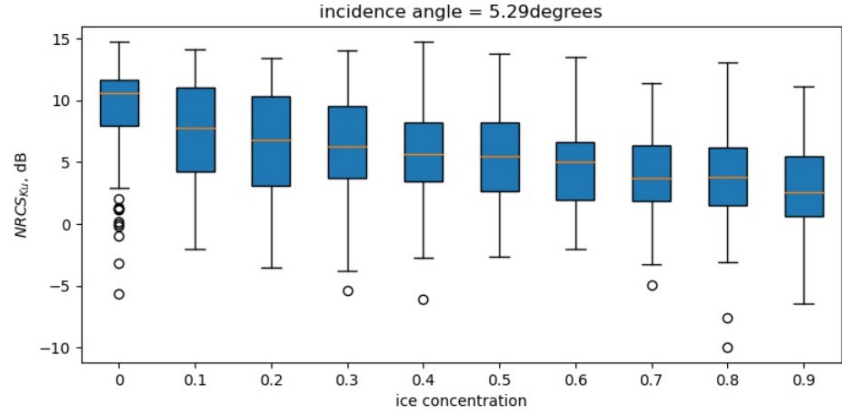
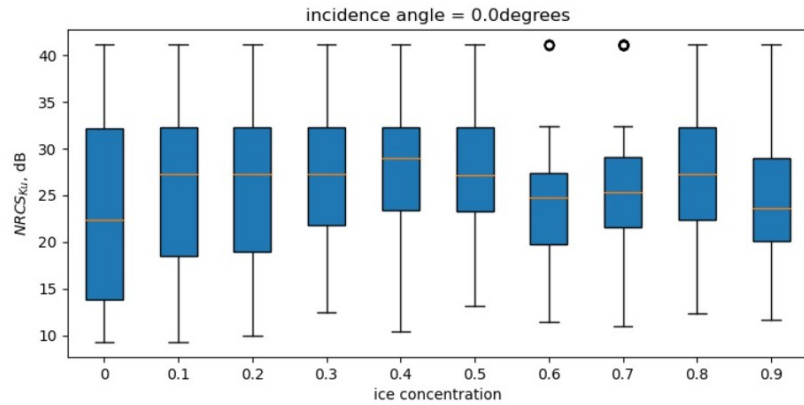
- True positive
- False positive
- False negative
- SIC>0.15 (алгоритм ASI, данные AMSR-2, 3 сентября)

Результаты для данных за первую неделю января 2019



- True positive
- False positive
- False negative
- SIC>0.15 (алгоритм ASI, данные AMSR-2, 3 января)

Зависимость NRCS от сплоченности ледяного покрова



Заключение

Получены предварительные результаты качества детектирования ледяного покрова данным радиолокаторов Ku-диапазона и Ka-диапазона при для углов падения в пределах 18.15 градусов. Наилучшая точность достигается для классификации по данным в Ku-диапазоне.

Показано, что при углах паднения 5-11 градусов все три метода (1D - Ku- и Ka-диапазоны, 2D) дают близкие результаты. Согласно метрике F-мера, достаточно хорошая точность классификации достигается при углах падения 4 -18.15 градуса, максимальная точность при угле падения 12 градусов.

Построены зависимости NRCS от сплоченности ледяного покрова. Наблюдается большой разброс значений NRCS для фиксированного значения сплоченности. Для определения сплоченности необходимо привлекать дополнительную информацию о скорости приповерхностного ветра и о температуре поверхности.

*Результаты частично опубликованы в статье <https://doi.org/10.3390/rs15143530>.
Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-77-0064.*