



Научно-исследовательский центр «Планета»
Дальневосточный центр

ДЕТЕКТИРОВАНИЕ ОБЛАЧНОСТИ ПО ДАННЫМ КА HIMAWARI-8 С ПРИМЕНЕНИЕМ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Докладчик: Андреев Александр Иванович

Восемнадцатая Всероссийская Открытая конференция
«Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»

г. Москва, 16 - 20 ноября 2020 г.

Цель исследования:

Реализация алгоритма детектирования облачности по данным геостационарного КА Himawari-8 в дневное и ночное время суток для работы в оперативном режиме в составе программного комплекса по расчету параметров облачности

Задачи исследования:

- Формирование обучающих наборов данных
- Программная реализация алгоритма детектирования облачности
- Валидация полученных результатов и внедрение в оперативную работу

Используемая методика:

Классификация текстур методом на основе нейронной сети сверточного типа

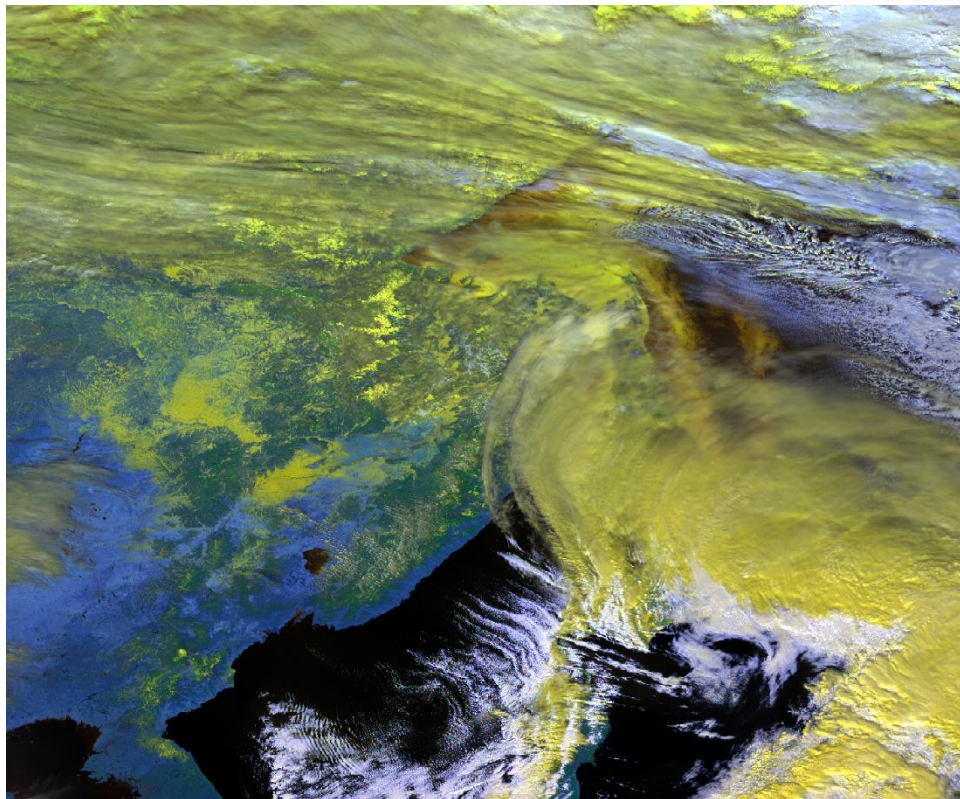
Используемые данные

Каналы видимого и ИК диапазонов прибора АНІ (Advanced Himawari Imager), с разрешением 2 км: 0.64, 0.86, 1.6, 2.3, 3.9, 6.9, 7.3, 8.6, 11.2 и 12.4 мкм.

Временной промежуток: январь 2016 г. - июль 2019 г. в количестве 302 изображений по территории Азиатско-Тихоокеанского региона (30 - 65° с.ш и 105 – 180° в.д.).

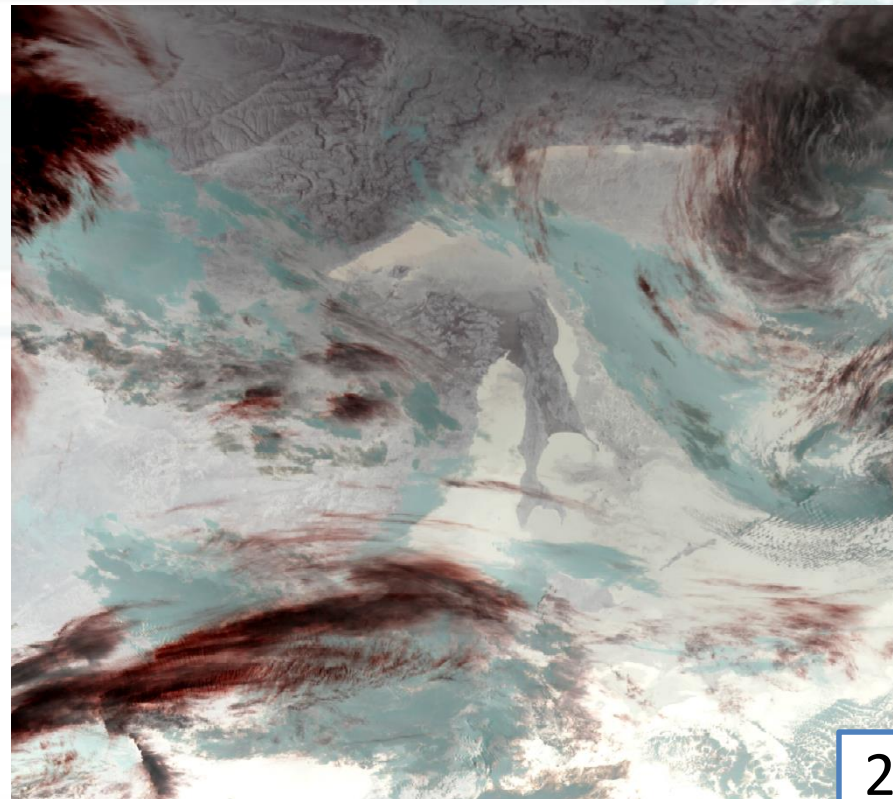
«Дневной» синтез

R-0.64, G-0.86, B-1.61 мкм



«Ночной» синтез

R-3.9, G-11, B-12 мкм

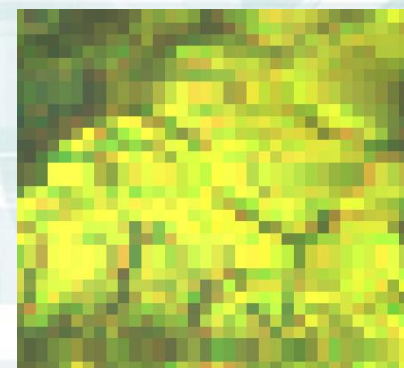
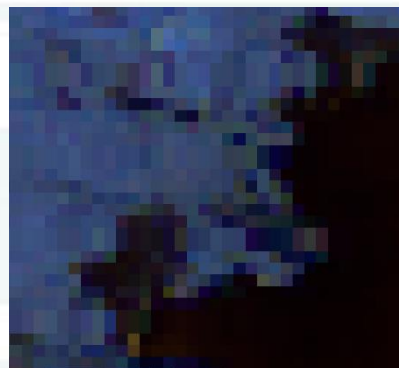


Обучающая выборка

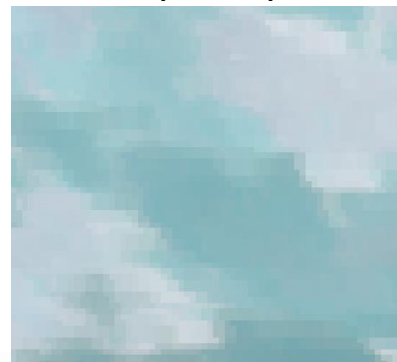
На начальном этапе работы специалистами-дешифровщиками был сформирован исходный набор текстур в количестве 5 тыс. образцов. В дальнейшем этот набор уточнялся.

Окончательный объем выборки с учетом поворотов текстур вокруг оси – приблизительно 495 тыс. текстур.

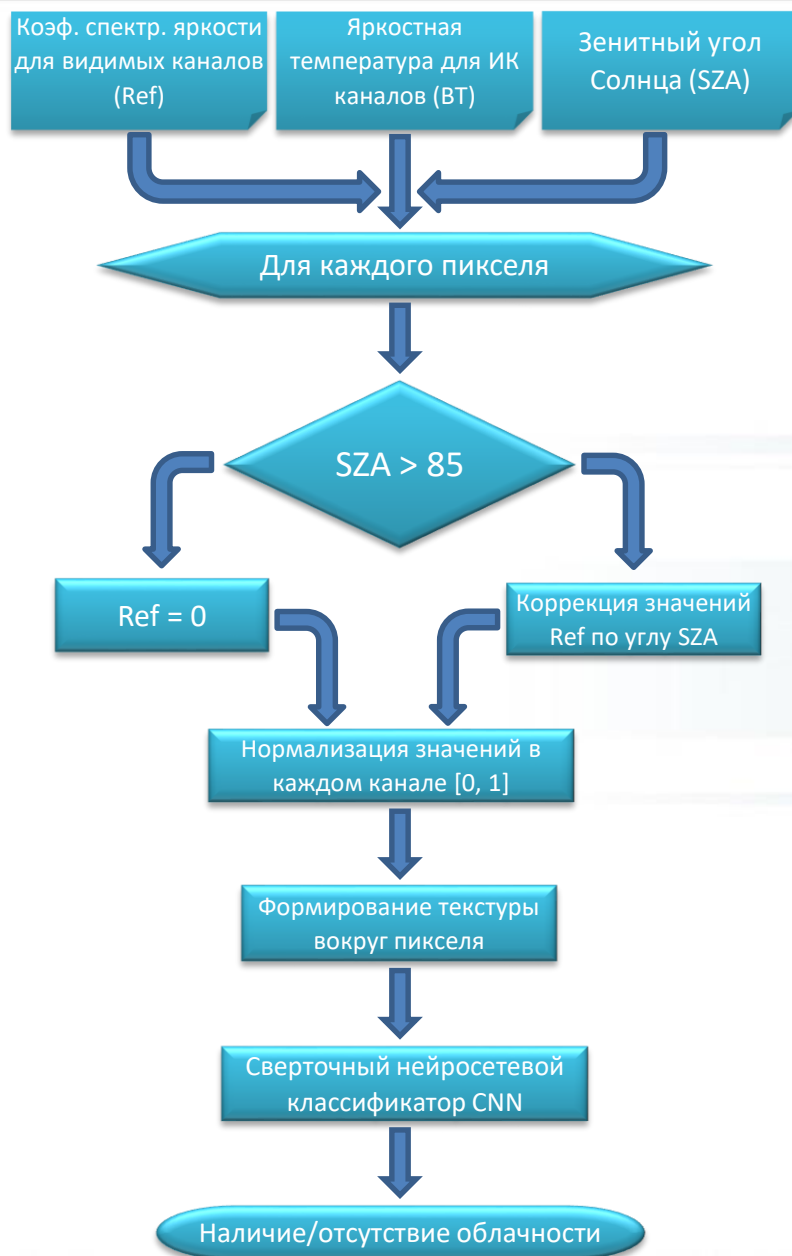
Примеры «дневных» текстур



Примеры «ночных» текстур



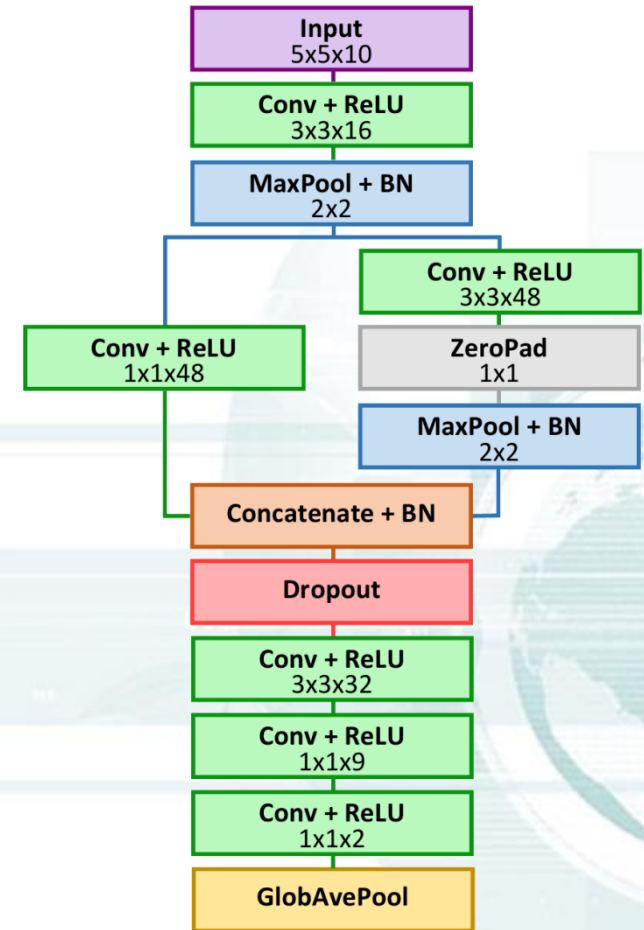
Алгоритм классификации



- Классификатор одновременно обрабатывает видимые (Ref) и ИК каналы (BT);
- Если видимые каналы Ref недоступны (зенитный угол Солнца SZA слишком велик), значения в этих каналах приравниваются нулю;
- Обработка изображения происходит по методу «скользящего окна» в каждом пикселе;
- Каждый пиксель является центром текстуры;
- Текстуры обрабатываются классификатором CNN (следующий слайд)

Нейросетевой классификатор текстур

- Input – входной тензор с текстурой
- Conv – слой свертки матричным ядром
- ReLU – линейная передаточная функция (функция активации)
- MaxPool - операция сжатия размеров карт признаков
- Операция BN (Batch Normalization) нормализует значения, получаемые на выходе нейронного слоя
- ZeroPad – дополнение карты признаков нулями на границах
- Concatenate - операция объединения тензоров
- Блок Dropout применяется в качестве метода регуляризации.
- GlobAvePool производит усреднение множества карт признаков предыдущего слоя в выходной вектор, в котором кодируется один из возможных классов



Francis A., Sidiropoulos P., Muller J. P. CloudFCN: Accurate and robust cloud detection for satellite imagery with deep learning // Remote Sensing. 2019. Vol. 11. №. 19. P. 2312. doi: <https://doi.org/10.3390/rs1192312>.

Kramareva L. S. et al. The use of a convolutional neural network for detecting snow according to the data of the multichannel satellite device of Meteor-M No. 2 spacecraft // Procedia Computer Science. – 2019. – T. 150. – С. 368-375. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.02.065>.

Dröner J., Korfhage N., Egli S., Mühlhng M., Thies B., Bendix J., Freisleben B., Seeger B. Fast cloud segmentation using convolutional neural networks // Remote Sensing. 2018. Vol. 10. №. 11. P. 1782. doi: <https://doi.org/10.3390/rs10111782>.

Оценка результатов

Оценочные метрики:

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}$$

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

$$F1 = 2 \frac{Precision \cdot Recall}{Precision + Recall} = \frac{2TP}{2TP + FP + FN}$$

		Факт	
		Облачность	Без облачности
Прогноз	Облачность	TP	FP
	Без облачности	FN	TN

Валидационная выборка для дневного и ночного времени суток включала в себя около 14 тысяч примеров облачных и безоблачных текстур, 76 сроков наблюдений с января 2016 г. по июль 2019 г.

Таблица 1. Результаты оценки точности классификации для валидационного набора данных

	Precision, %	Recall, %	F1, %
Дневное время	96.14	97.86	96.99
Ночное время	98.87	98.59	98.73

Оценка результатов

Сравнение с масками облачности:

- NOAA-20 VIIRS, продукт NOAA JPSS_GRAN NOAA-20 (<https://www.bou.class.noaa.gov>) с 1 по 5 августа 2019 г. и с 1 по 5 февраля 2020 г.
- CloudSat & CALIPSO, продукт 2B-CLDCLASS-LIDAR (<http://www.cloudsat.cira.colostate.edu>) с 1 по 8 февраля 2017 г.

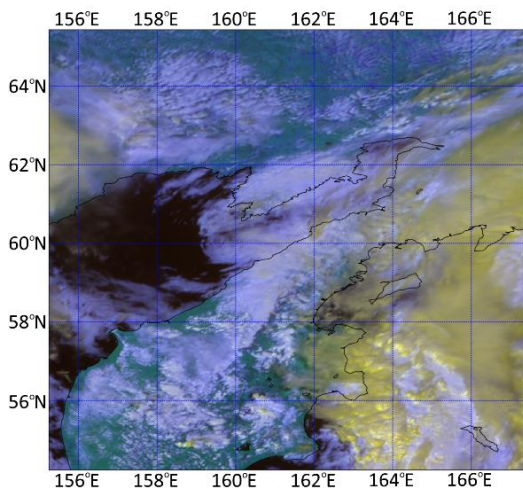
Максимальная разность по времени съемки между «эталонными» приборами (VIIRS, CloudSat) и АНІ составляет не более 5 минут. Общее количество оцененных полигонов 32 шт.

Таблица 2. Оценка точности для тестируемых полигонов

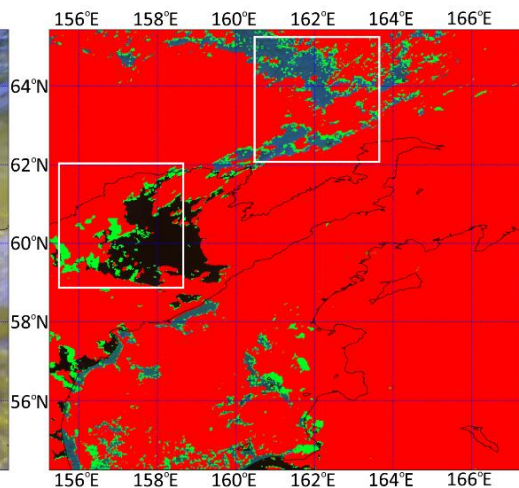
	Precision, %	Recall, %	F1, %
VIIRS, лето, день	95.86	94.25	94.95
VIIRS, лето, ночь	95.43	63.07	75.47
CALIOP, зима, день	97.73	88.63	92.59

Оценка результатов

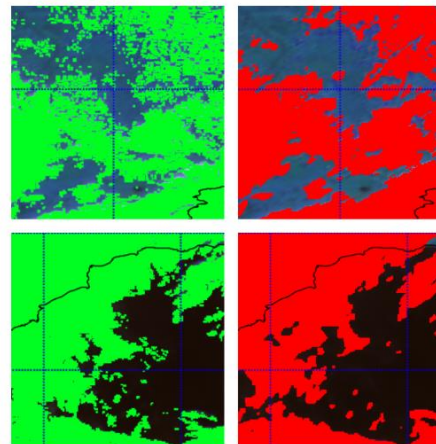
Летний период, дневное время суток



(a)



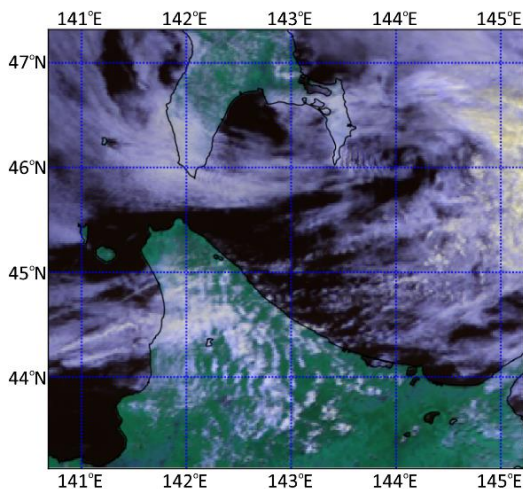
(б)



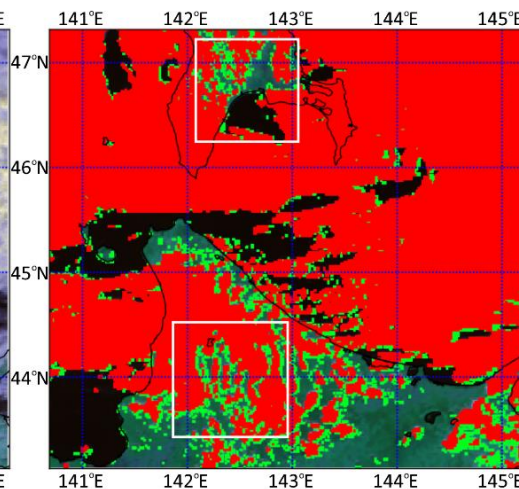
4 августа 2019 г.
2-20 UTC

Маска AHI
Маска VIIRS

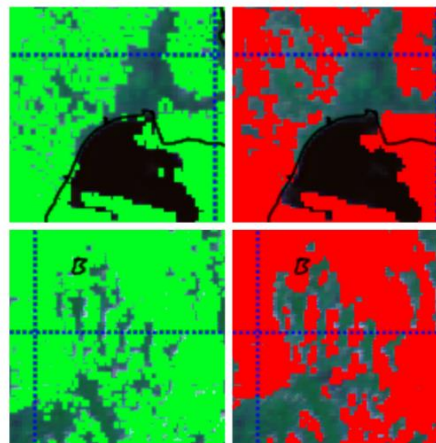
5 августа 2019 г.
3-30 UTC



(B)



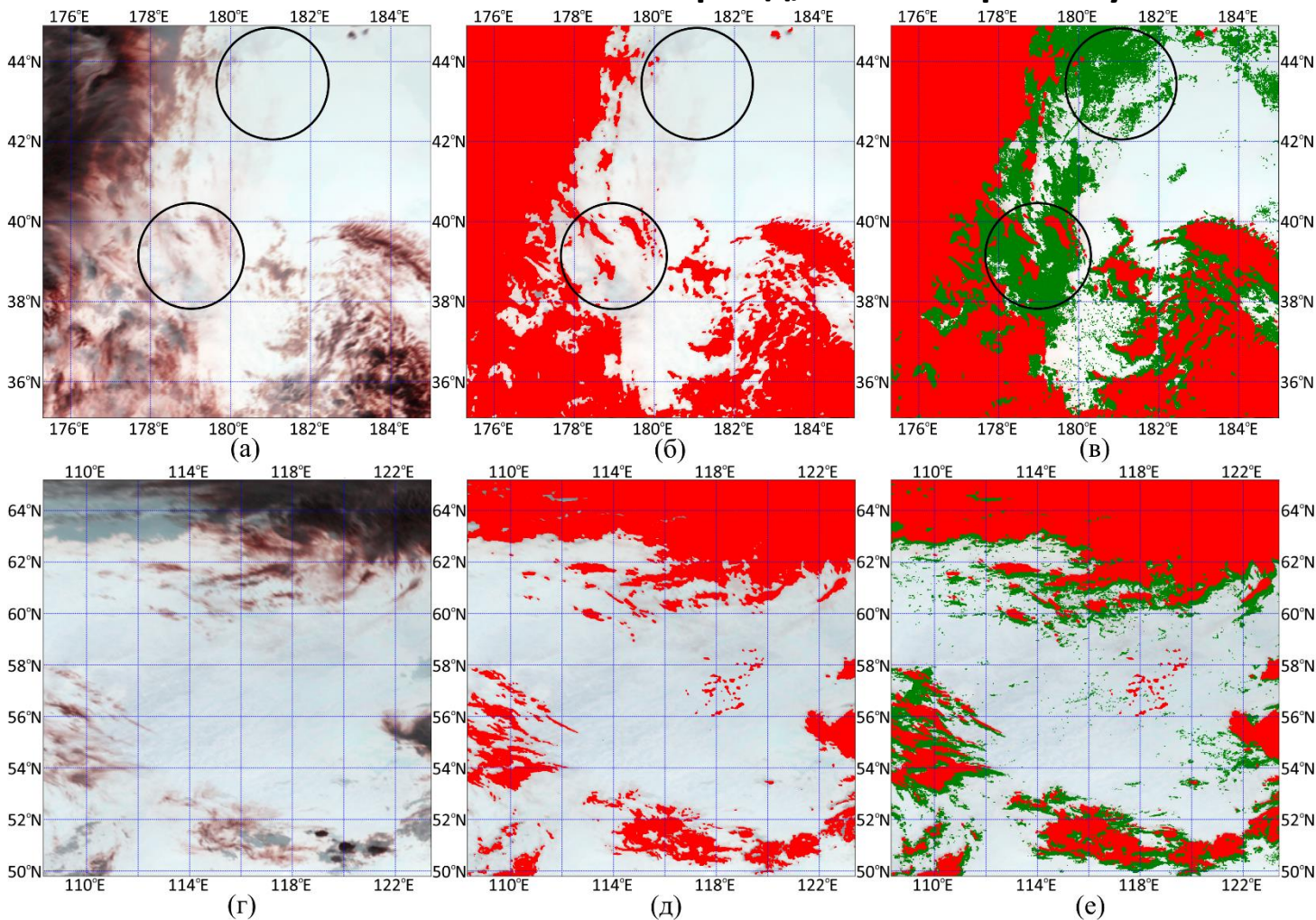
(б)



Подложка – RGB синтез каналов (R: 0.64, G: 0.86, B: 1.6 мкм)

Оценка результатов

Летний период, ночное время суток



1 августа 2019 г.
13-40 UTC

Маска AHI
Маска VIIRS

2 августа 2019 г.
18-30 UTC

Подложка - RGB синтез каналов (R: 3.9, G: 11.2, B: 12.4 мкм), темные области соответствуют более низким температурам

Маска AHI недооценивает низкую слоистую облачность, маска VIIRS имеет множество ложных классификаций

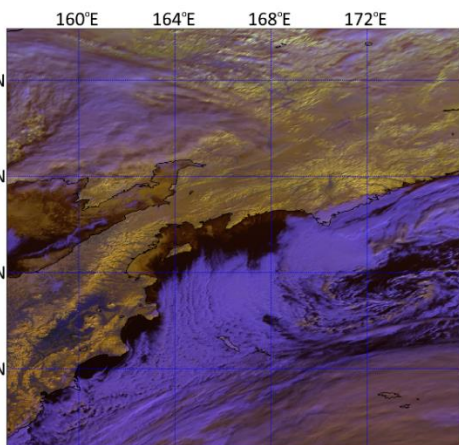
Оценка результатов

Зимний период, дневное время суток

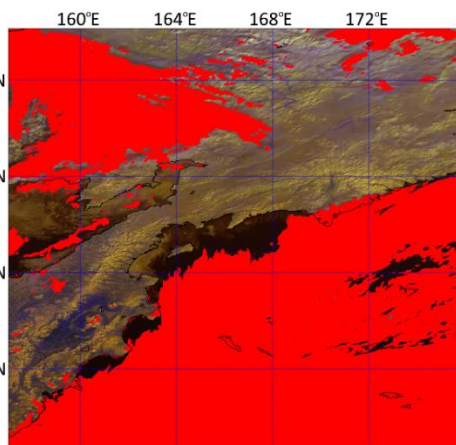
1 февраля 2020 г.
0-40 UTC

Маска АНН
Маска VIIRS

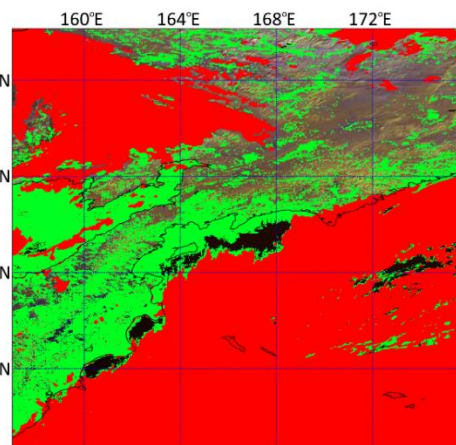
8 февраля 2020 г.
3-20 UTC



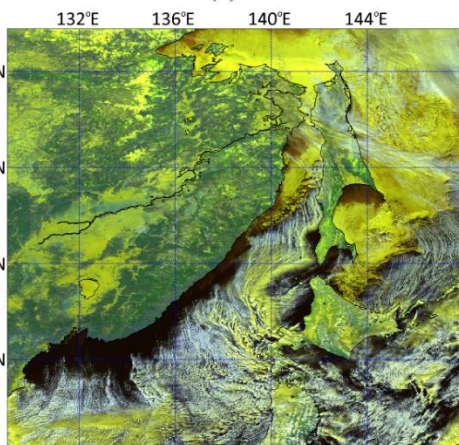
(а)



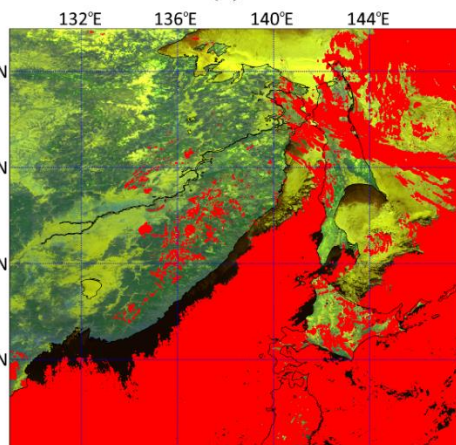
(б)



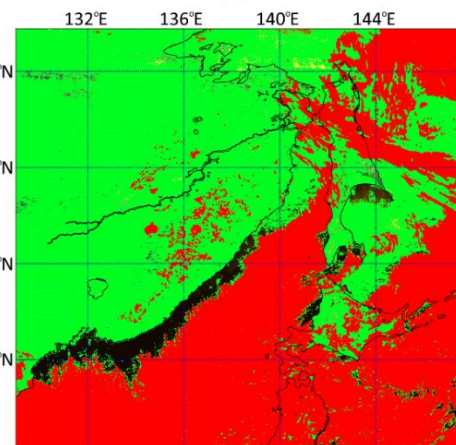
(в)



(г)



(д)



(е)

Подложка – RGB синтез каналов (R: 0.64, G: 0.86, B: 1.6 мкм)

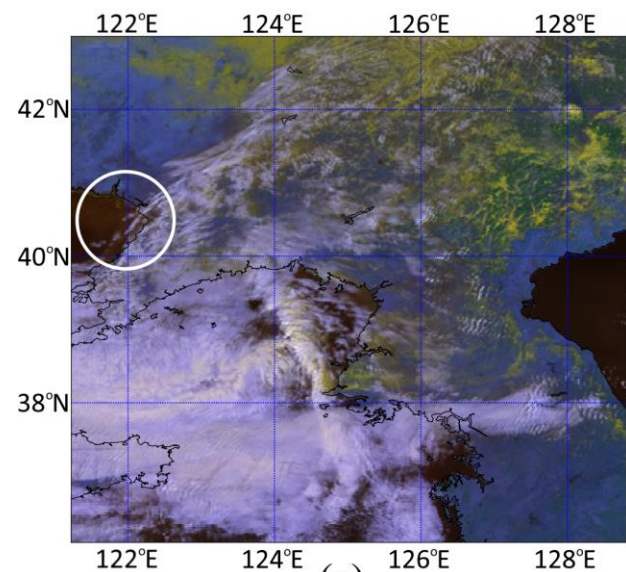
Маска АНН демонстрирует существенно меньшее число ошибочных классификаций облачности

Оценка результатов

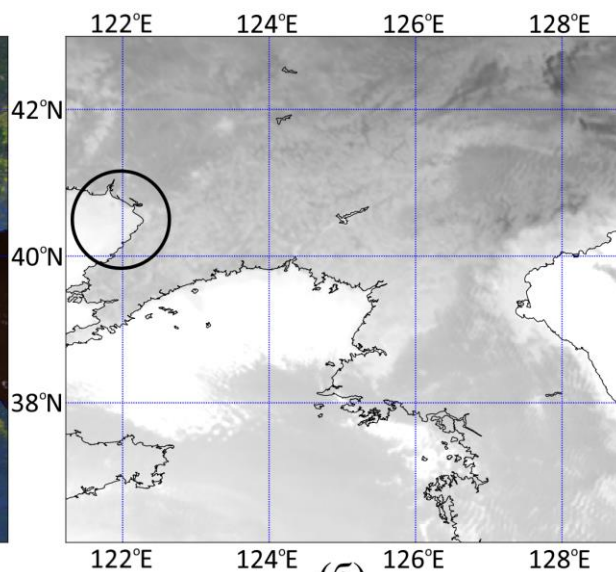
Зимний период, ночное время суток

7 февраля 2020 г.
2-00 UTC

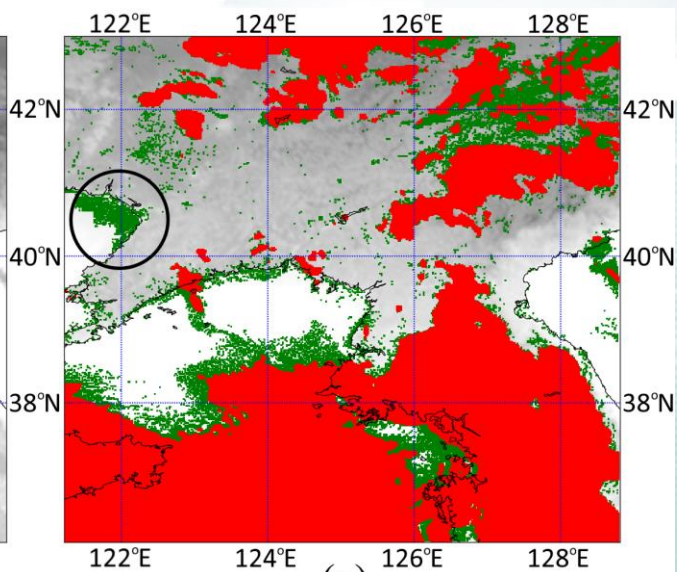
7 февраля 2020 г. 17-50 UTC



RGB синтез каналов
(R: 0.64, G: 0.86, B: 1.6 мкм)



ИК-канал 11 мкм
Более темные области
имеют более низкую
температуру



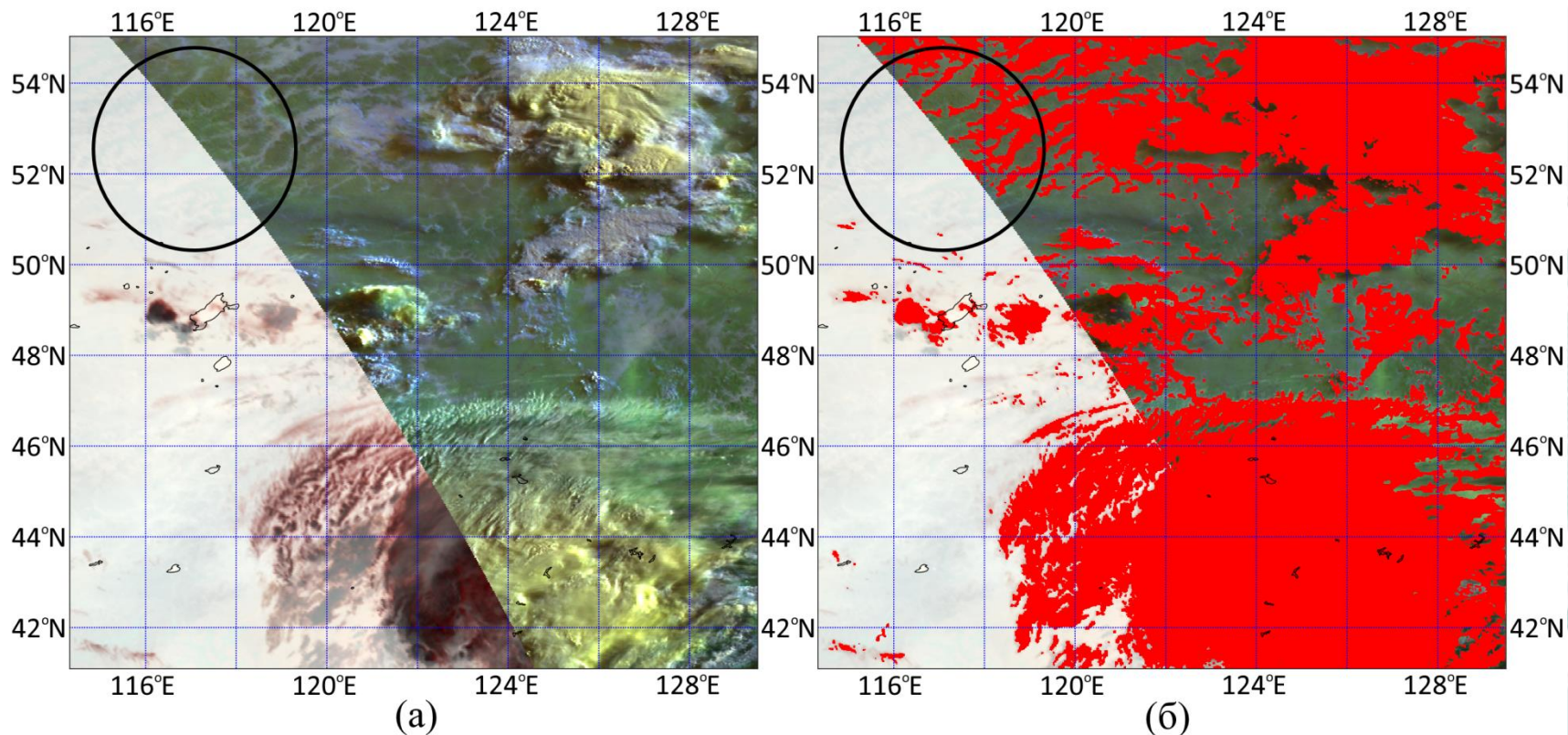
Маска AHI
Маска VIIRS

Маска VIIRS имеет тенденцию к переоценке облачности вдоль береговой линии, а также на фоне снега

Оценка результатов

Переходный период день/ночь

2 августа 2019 г. 21-00 UTC



Линия терминатора установлена на отметке 85 гр. по зенитному углу Солнца.

Для слоистой облачности, температура которой близка к температуре подстилающей поверхности, маска облачности в ночное время зачастую показывает ее отсутствие.

Для конвективной облачности переход между версиями маски достаточно плавный.

Заключение

- Алгоритм учитывает спектральные и текстурные признаки облачности и подстилающей поверхности
- Высокая точность детектирования снега и льда
- Отсутствие необходимости использования сторонних данных (например, моделей)
- Универсальность по отношению к климатическим и географическим условиям (при условии дообучения алгоритма)
- Неполное выделение облачности слоистых и кучевых форм (особенно в ночное время суток)
- Трудоемкость формирования обучающей выборки
- Меньшая детализация маски как следствие использования текстурного подхода



Научно-исследовательский центр «Планета»
Дальневосточный центр

Спасибо за внимание!

Дальневосточный центр ФГБУ «НИЦ «Планета»
Россия, г. Хабаровск, ул. Ленина, д. 18
тел.: 8-(4212) 21-43-11
факс: 8-(4212) 21-40-07
e-mail: a.andreev@dvrspod.ru
<https://www.dvrspod.ru>