



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ЗАДАЧАХ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ И МОНИТОРИНГА АТМОСФЕРНЫХ ЯВЛЕНИЙ

Чурсин В.В., Косторная А.А., Голомолзин В.В.

Актуальность

Отмечается увеличения частоты появления конвективной облачности и сумм осадков за теплый период на территории Западной Сибири, а значит увеличение угроз материального ущерба отраслям экономики и безопасности людей.

Современные средства ДЗЗ позволяют с хорошей точностью восстанавливать вертикальные профили физических характеристик атмосферы.

Полученные восстановленные метеопараметры могут являться альтернативным источником информации о стратификации атмосферы, особенно в регионах с слабо развитой аэрологической сетью и отсутствием радиолокаторов.

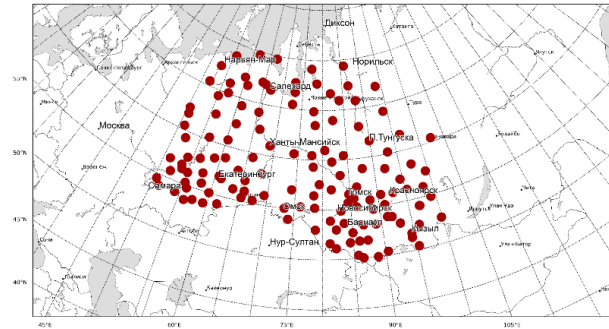
Современные методы машинного обучения и искусственные нейронные сети являются перспективными технологиями в задачах обнаружении атмосферных явлений.



Материалы исследования

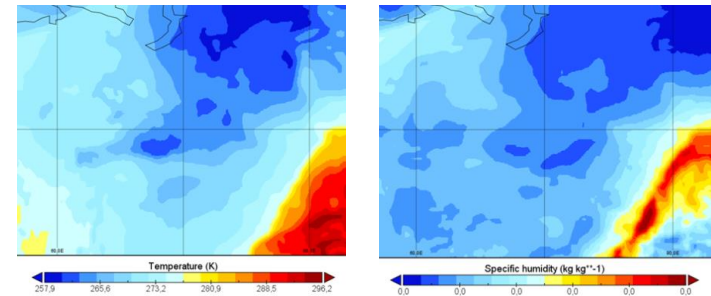
Наземные наблюдения

Данные об атмосферных явлениях на станциях по 135 станциям, расположенным на территории Сибири



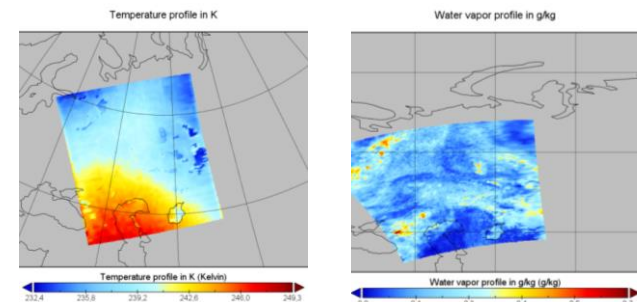
Реанализ ERA5

Почасовые данные о параметрах атмосферы на 37 высотных уровнях с разрешением $0,1^\circ \times 0,1^\circ$



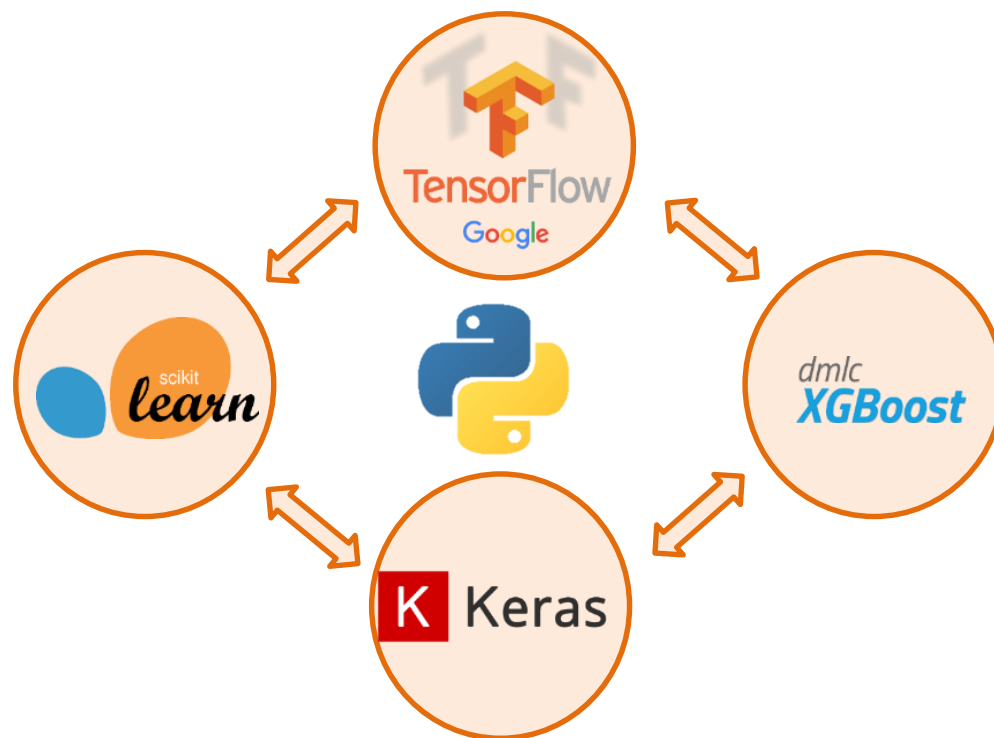
Спутниковые измерения

Восстановленные по измерениям полярно-орбитальных КА вертикальные профили температуры и удельного влагосодержания в ПК MIRS



Методы исследования

Использовались открытые программные библиотеки для машинного обучения и статистического анализа на языке программирования Python



1. Разработка архитектуры и обучение моделей

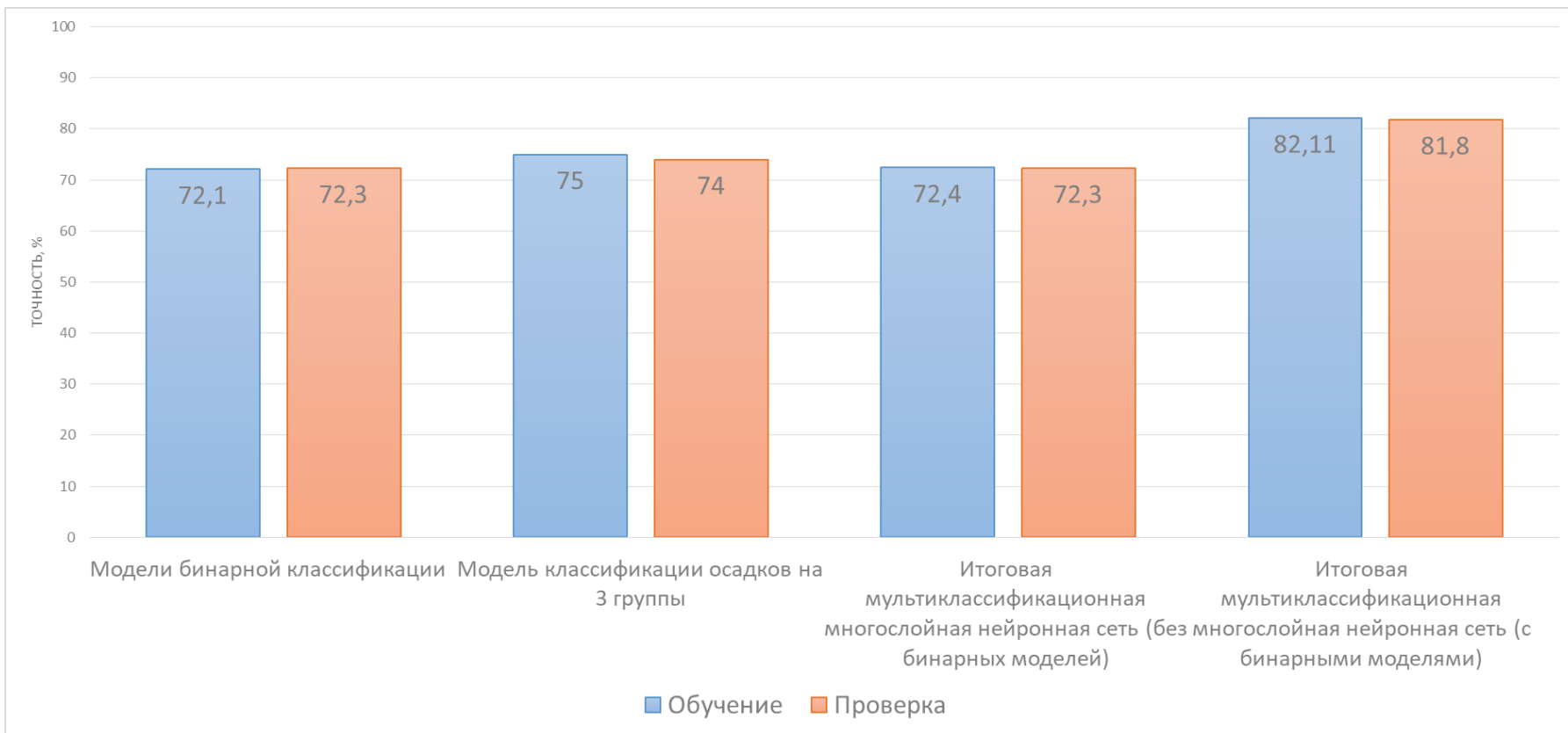
Этапы обучения моделей



*Обучение - 927 672 случая,
проверка- 397 573 случая

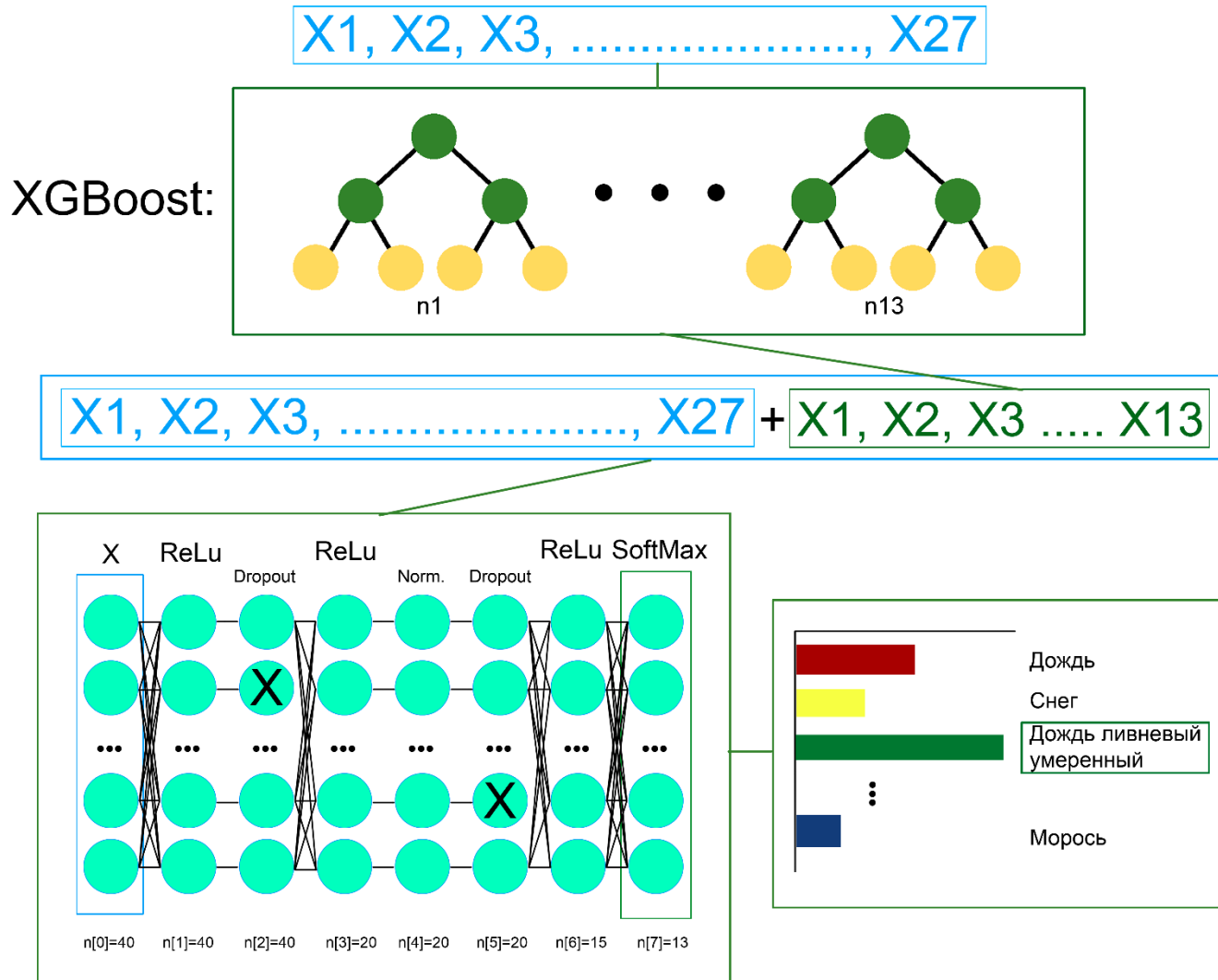
1. Разработка архитектуры и обучение моделей

Результирующая точность моделей для обучающей и проверочной выборок



1. Разработка архитектуры и обучение моделей

Финальная блок-схема технологии детектирования атмосферных явлений



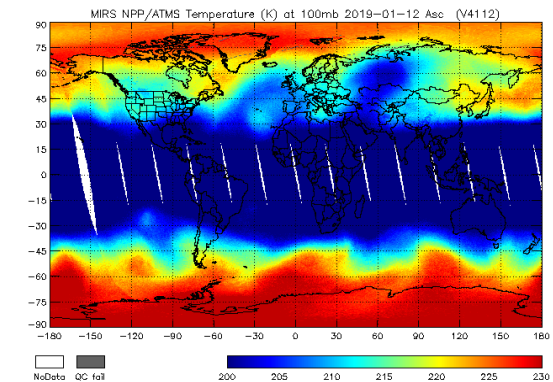
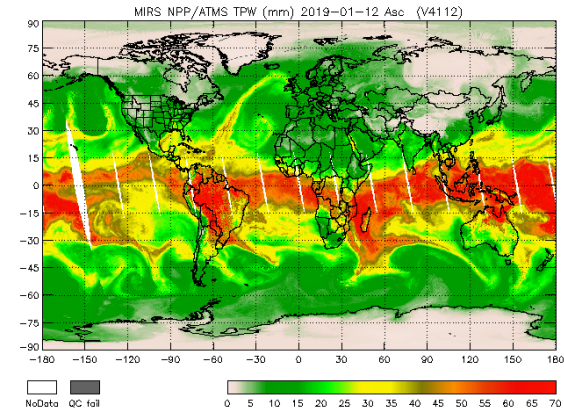
2. Адаптация восстановленных профилей метеопараметров для интеграции в ИНС

Восстановление вертикальных профилей метеопараметров по спутниковым данным

Используется специализированный программный комплекс MIRS, разработанный Центром спутниковых приложений и исследований NOAA / NESDIS (STAR).

Расчетные алгоритмы системы прошли многочисленные проверки, разработчиками проводится ежедневная оценка качества данных на основе данных прогностических моделей*

Использование данных ПК рекомендовано в оперативной практике и для целей климатических исследований.



* <https://www.star.nesdis.noaa.gov/mirs/highresolutionv.php>

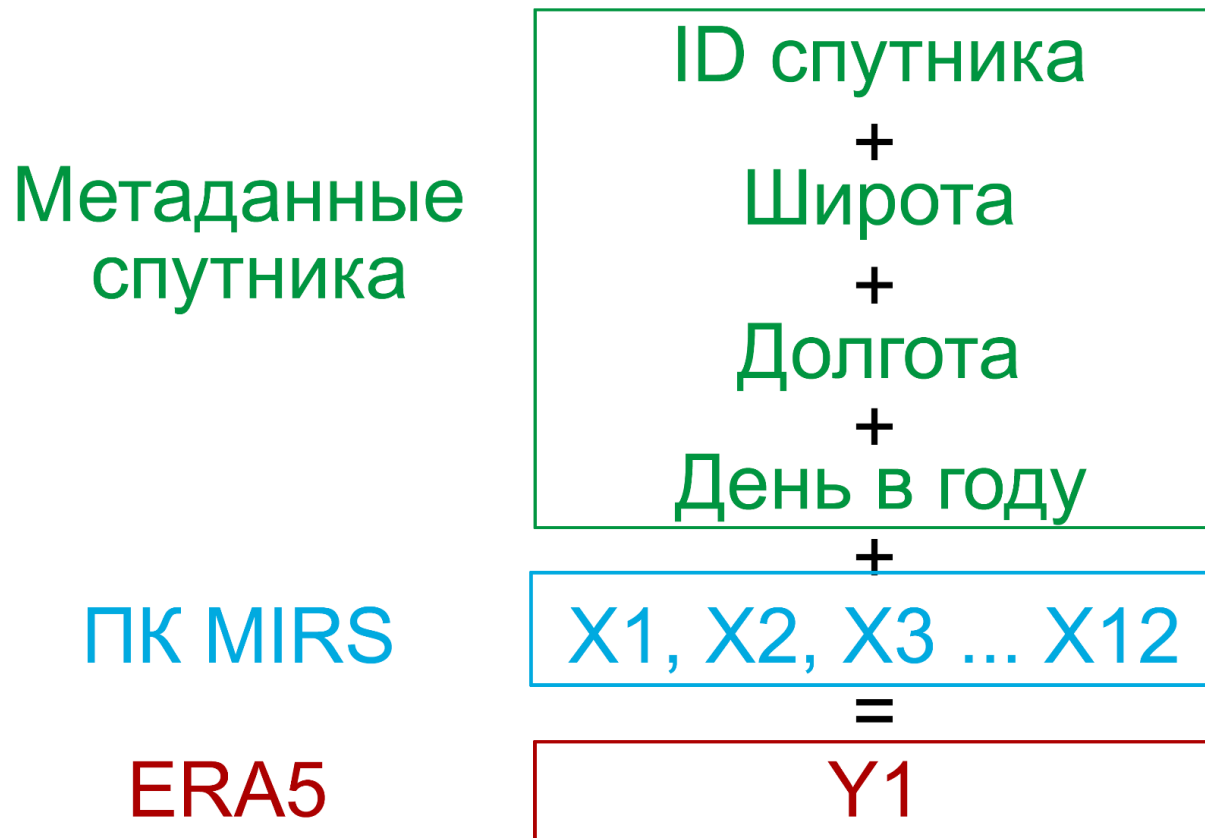
2. Адаптация восстановленных профилей метеопараметров для интеграции в ИНС

Сравнительный анализ вертикальных профилей по данным ПК MIRS с данными реанализа

Изобарическая высота, гПа	Физическая величина	Средняя абсолютная ошибка	
		NCEP	ERA5
1000	T, °C	2,58	2,65
850	T, °C	2,14	2,32
700	T, °C	1,55	1,45
500	T, °C	1,43	1,21
300	T, °C	1,56	1,61
1000	Q, г/кг	1,62	1,30
850	Q, г/кг	1,33	1,01
700	Q, г/кг	0,7	0,75
500	Q, г/кг	0,15	0,25
300	Q, г/кг	0,09	0,033

2. Адаптация восстановленных профилей метеопараметров для интеграции в ИНС

Блок-схема формирования обучающей выборки для создания моделей коррекции вертикальных профилей

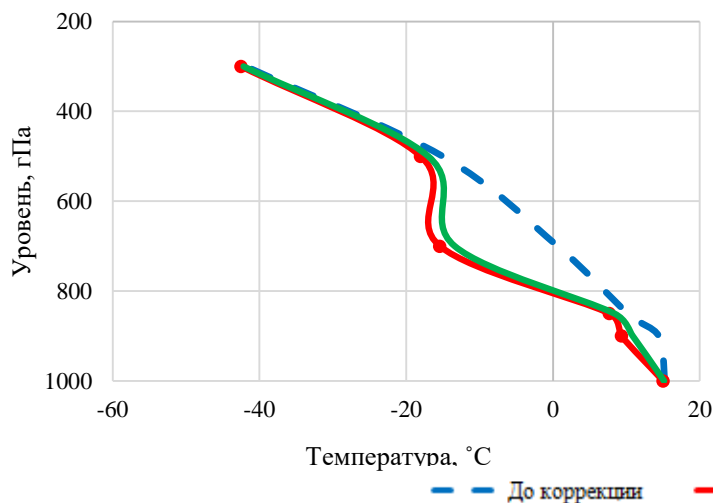


2. Адаптация восстановленных профилей метеопараметров для интеграции в ИНС

Полученные результаты

Авторский алгоритм коррекции, в основе которого лежат 12 обученных нейронных сетей прямого распространения.

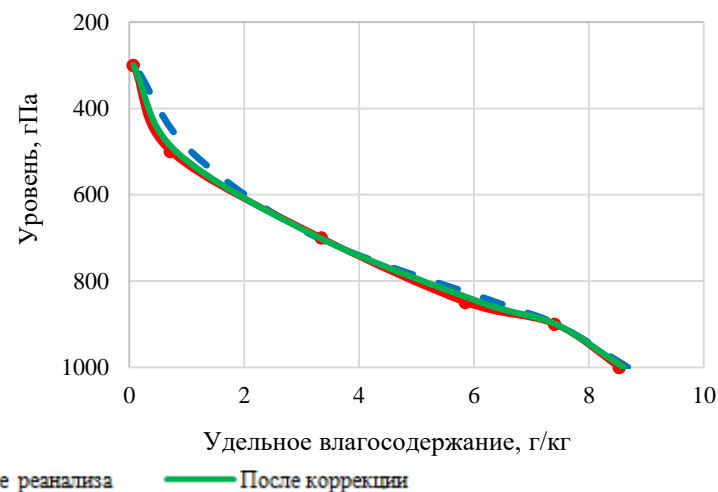
Коррекция восстановленных профилей метеопараметров позволяет уменьшить ошибку восстановления значений температур и удельного влагосодержания в среднем на **42 %** и **38 %** соответственно.



Отклонения профилей метеопараметров, восстановленных в ПК MIRS, после коррекции

Среднеквадратическая ошибка

Высота, гПа	Среднеквадратическая ошибка	
	Температура, °C	Удельное влагосодержание, г/кг
1000	2,07	1,03
900	1,89	0,95
850	1,71	0,93
700	1,16	0,75
500	1,06	0,27
300	1,42	0,03

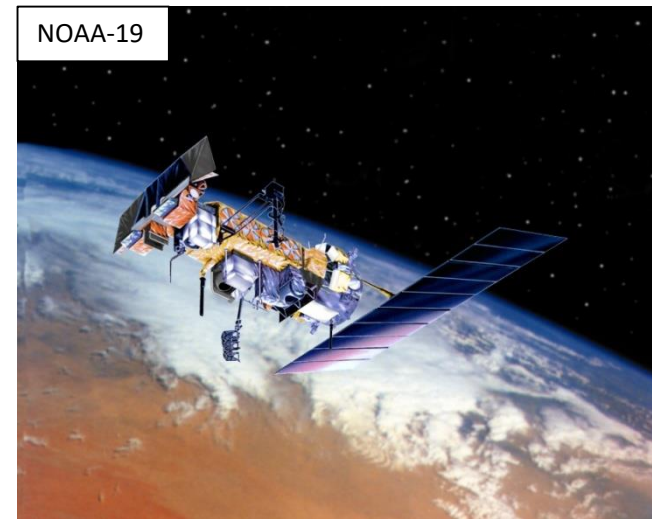


3. Использование данных ДЗЗ в ИНС

Космические аппараты

КА NOAA-19 (AMSU / MHS)
NOAA-20 (AMSU / MHS)
МЕТОР-В/С (AMSU / MHS)
Suomi-NPP (ATMS)

За сутки принимается порядка 16 – 18 снимков



3. Использование данных ДЗЗ в ИНС

Входные и выходные данные

Входные данные:

- Адаптированные вертикальные профили температуры и удельного влагосодержания на изобарических поверхностях 1000, 900, 850, 700, 500, 300 гПа;
- Рассчитанные разности значений T между изобарическими поверхностями 1000/850, 1000/700, 1000/500 гПа;
- Рассчитанные вертикальные профили температуры точки росы, относительной влажности и дефицита точки росы на изобарических поверхностях 1000 - 300 гПа;
- Рассчитанные значения индексов неустойчивости Vertical Totals (VT), Cross Totals (CT), Total Totals (TT) и K-индекс (K);
- Рассчитанная высота нижней границы конвективной облачности.

В каждом пикселе спутникового снимка производится расчет вероятности наличия следующих атмосферных явлений:

- гроза
- дождь
- морось
- зерна снежные
- снег
- снег мокрый
- дождь ливневый слабый
- дождь ливневый умеренный
- дождь ливневый сильный
- снег ливневый
- ледяная крупа
- крупа снежная
- снег ливневый мокрый
- отсутствие явлений.

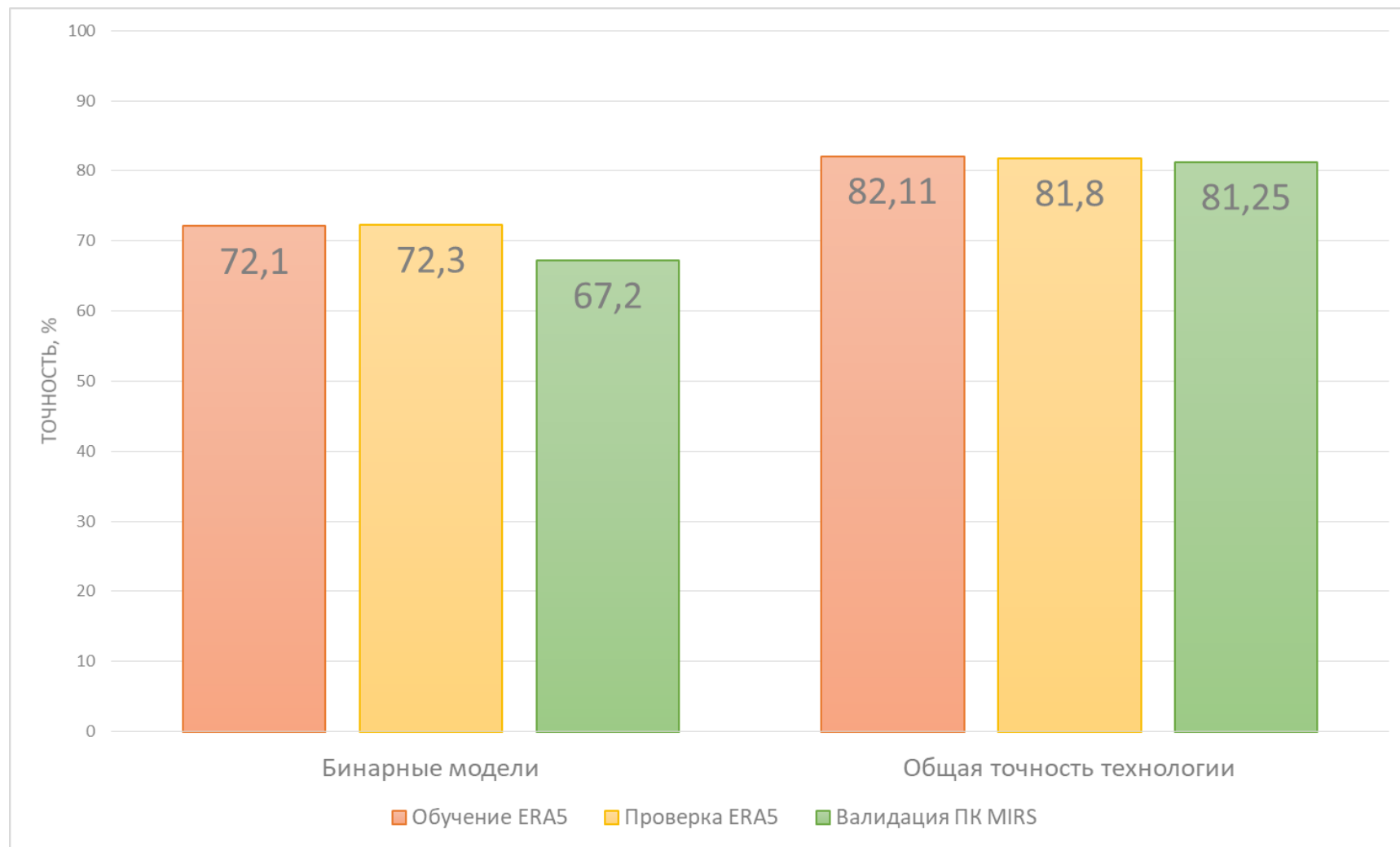
3. Использование данных ДЗЗ в ИНС

Этапы проверки моделей

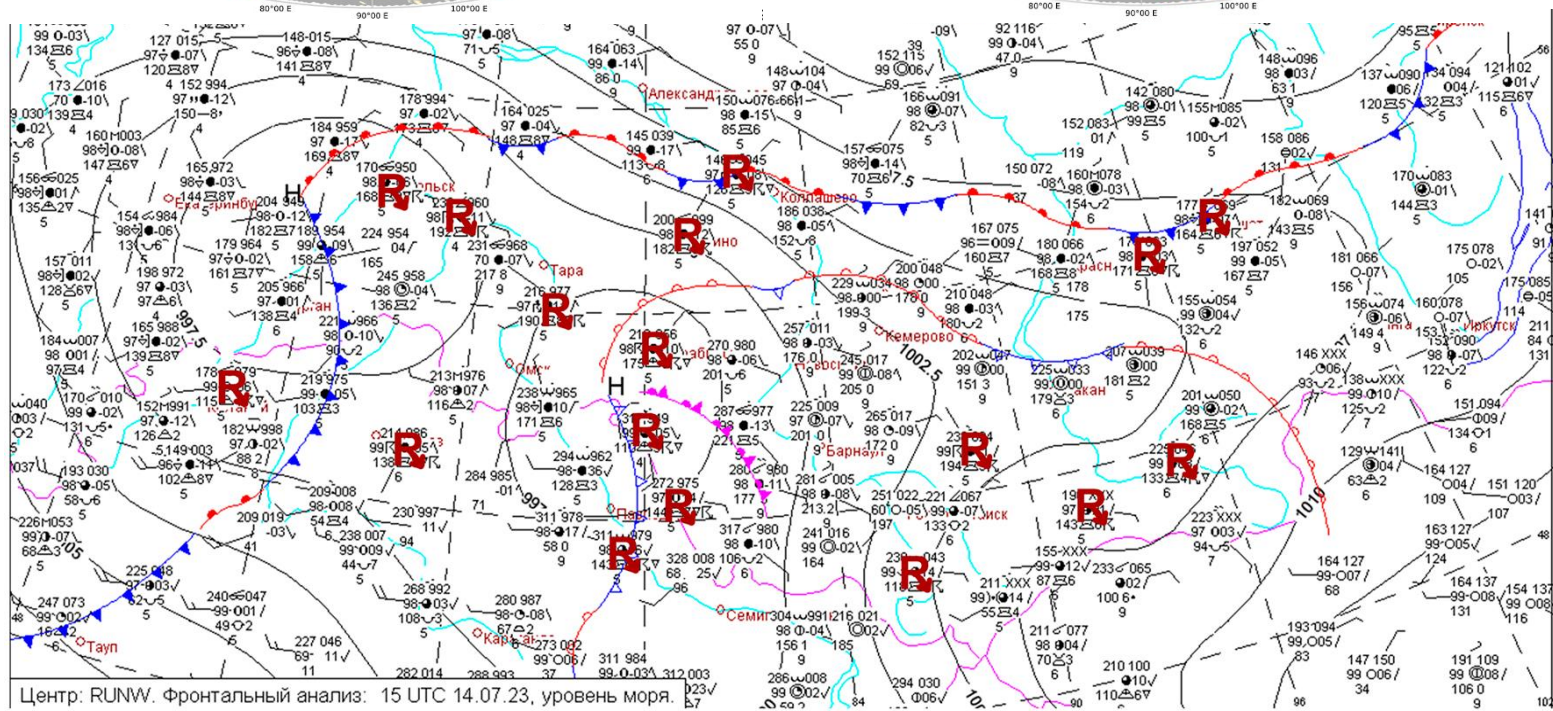
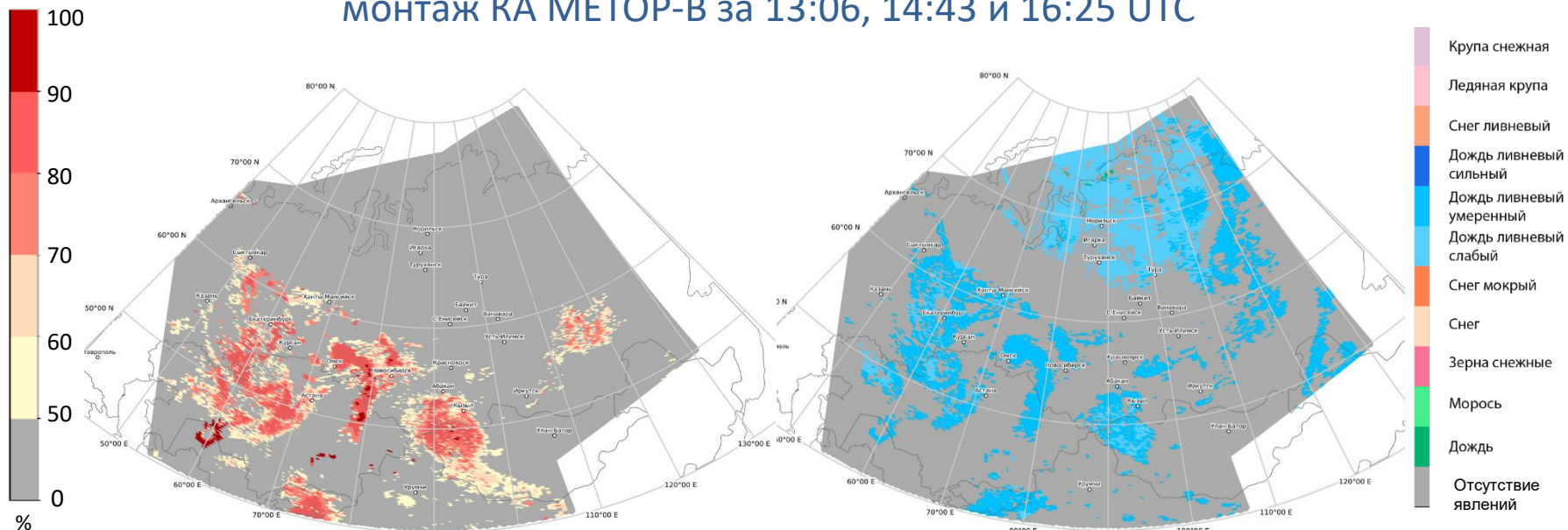


3. Использование данных ДЗЗ в ИНС

Результирующая точность моделей



Карты вероятных зон гроз и атмосферных осадков, монтаж КА МЕТОР-В за 13:06, 14:43 и 16:25 UTC





Благодарю за внимание

г.Новосибирск , ул.Советская 30

Телефон: (383) 363-46-05

kav@rcpod.siberia.net , sol@rcpod.ru