

Двадцать вторая международная конференция
"СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ИЗ КОСМОСА"
11 - 15 ноября 2024 г. Москва, ИКИ РАН

Методы и алгоритмы обработки спутниковых данных

Построение композиционных карт температуры поверхности океана (ТПО) по спутниковым данным открытых международных архивов

Дьяков С.Е.¹, Алексанина М.Г.^{1,2}

sergdkv@gmail.com

¹Институт автоматизи и процессов управления ДВО РАН,

²Дальневосточный федеральный университет

Владивосток, Россия

Проблема построения высокоточных композиционных карт ТПО по спутниковым данным

- размытие фронтов ТПО

1) Построение композиционных карт ТПО по стандартным алгоритмам NASA **размывает фронты** **из-за облачности**, которую не удалось отфильтровать

2) **Перемещение вихрей, струй, появление апвеллингов** «размывает» линии термических фронтов на композиционных картах ТПО

3) В безветренных условиях солнечный прогрев верхнего слоя океана может достигать 3° - 4° , а в некоторых случаях и 10° , что не соответствует температуре на глубине в 1 метр и должно быть отфильтровано

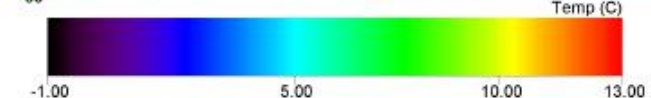
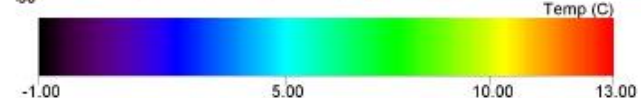
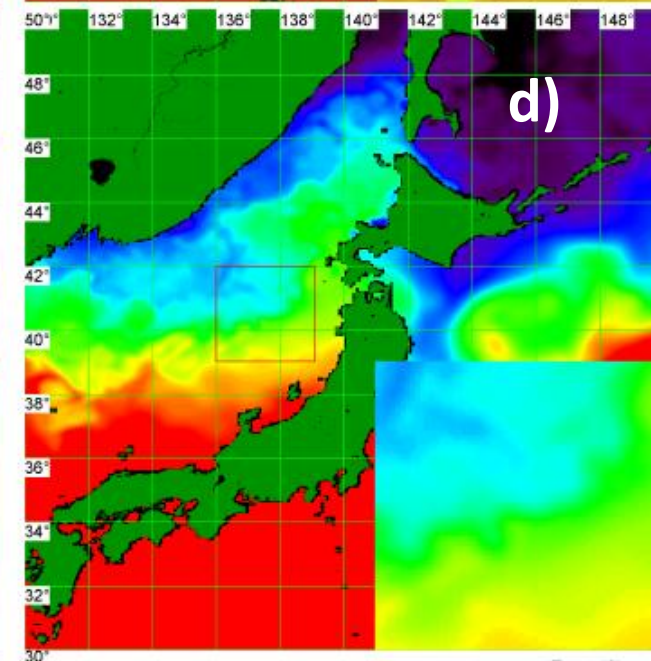
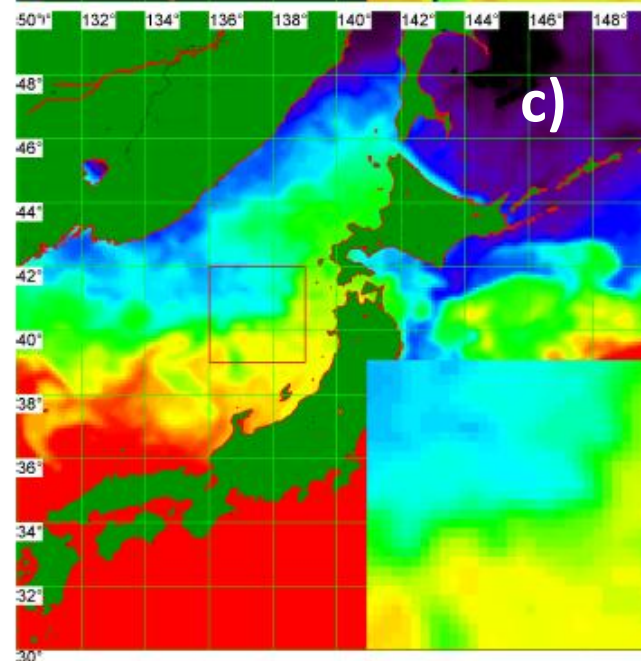
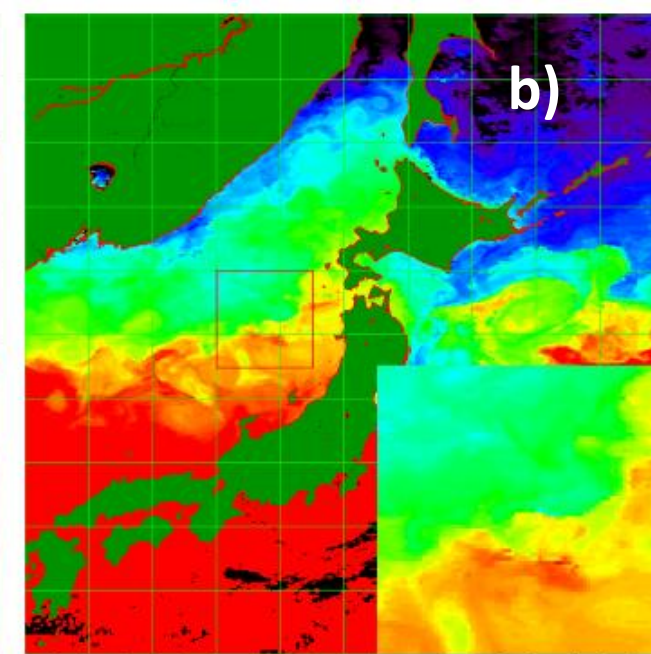
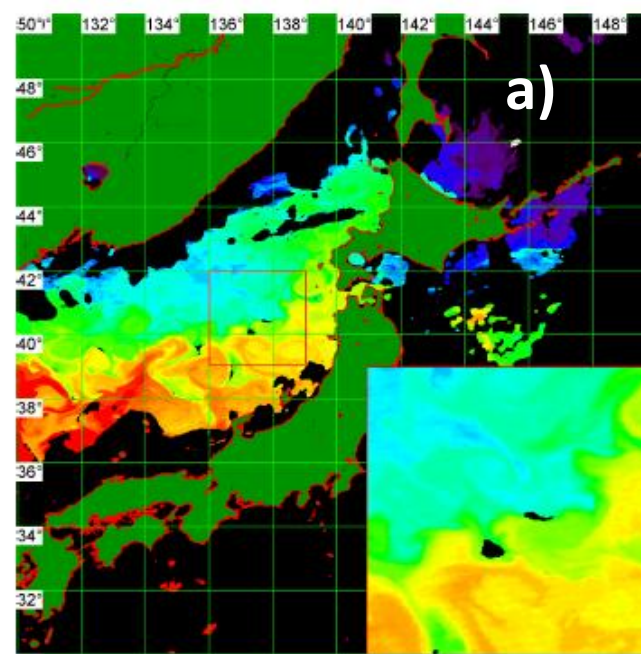
Сравнение построения композиционных карт температуры поверхности океана (ТПО) разными алгоритмами

a) Композиционная карта ТПО за 2022-04-13 --- 2022-04-18
(Спутниковый центр Дальневосточного отделения Российской академии наук)

b) Карта SST (ТПО) за 2022-04-15 – 2022-04-22
(NASA OBPG/OB.DAAC по данным MODIS/AQUA)

c) Карта SST (ТПО) GHRSSST 20220416000000-NAVO-L4_GHRSSST-SST1m-K10_SST-GLOB-v02.0-fv01.0
(NAVOCEANO -Министерство обороны США)

d) Карта GHRSSST 20220418000000-DMI-L4_GHRSSST-SSTfnd-DMI_OI-GLOB-v02.0-fv01.0.
(Карта подготовлена NASA PO.DAAC.)



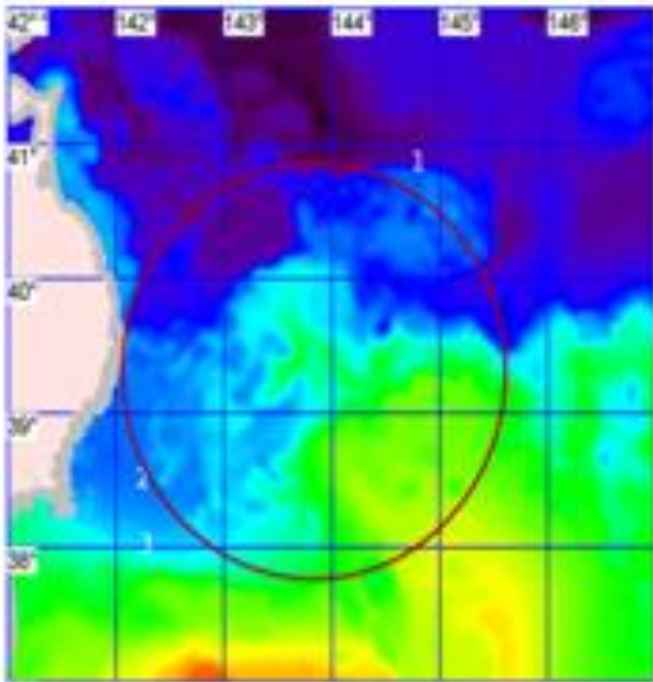
Новый принцип алгоритма построения композиционных карт ТПО для получения достоверных оценок

Оценка в каждой точке океана
не среднего
значения температуры за интервал времени,
а наиболее вероятного

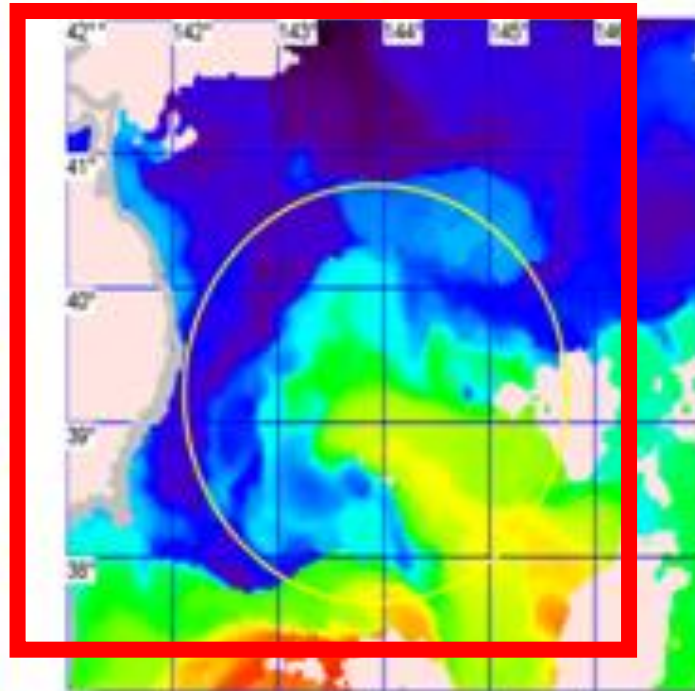
Достигаемое преимущество :
стабильность = в меньшей степени
подверженность случайным
колебаниям, вызванными влиянием
атмосферы и недостаточно
отфильтрованной облачностью

Результат нового подхода,
когда ищется оценка не среднего за интервал времени значения ТПО, а наиболее вероятного,
= сохранение пространственной структуры ТПО

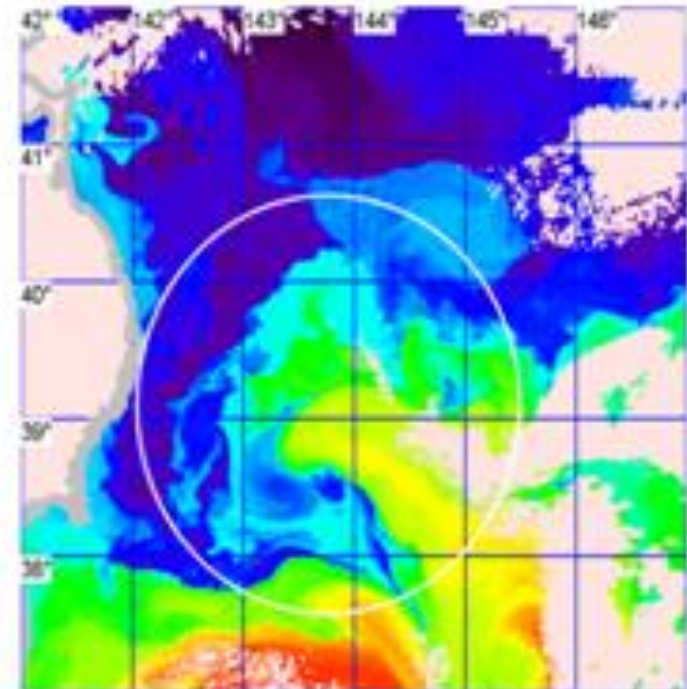
$$T_{MTSAT-1R\ SST}^j < med\{T_{MTSAT-1R\ SST}^j : i \in 1 \dots N, h_{sun}^i \in [0^\circ, 29^\circ]\} + 2^\circ\text{C},$$
$$\|T_{SST}^{xy} - T_{\text{эталон}}^{xy}\| > \Delta\tilde{T},$$
$$|T_{SST}^{xy} - T_{\text{эталон}}^{xy}| > \alpha\tilde{T}_{\text{простр}}^{xy} + \beta\tilde{T}_{\text{врем}}^{xy} + \chi,$$



ТПО NASA 2013/03/15

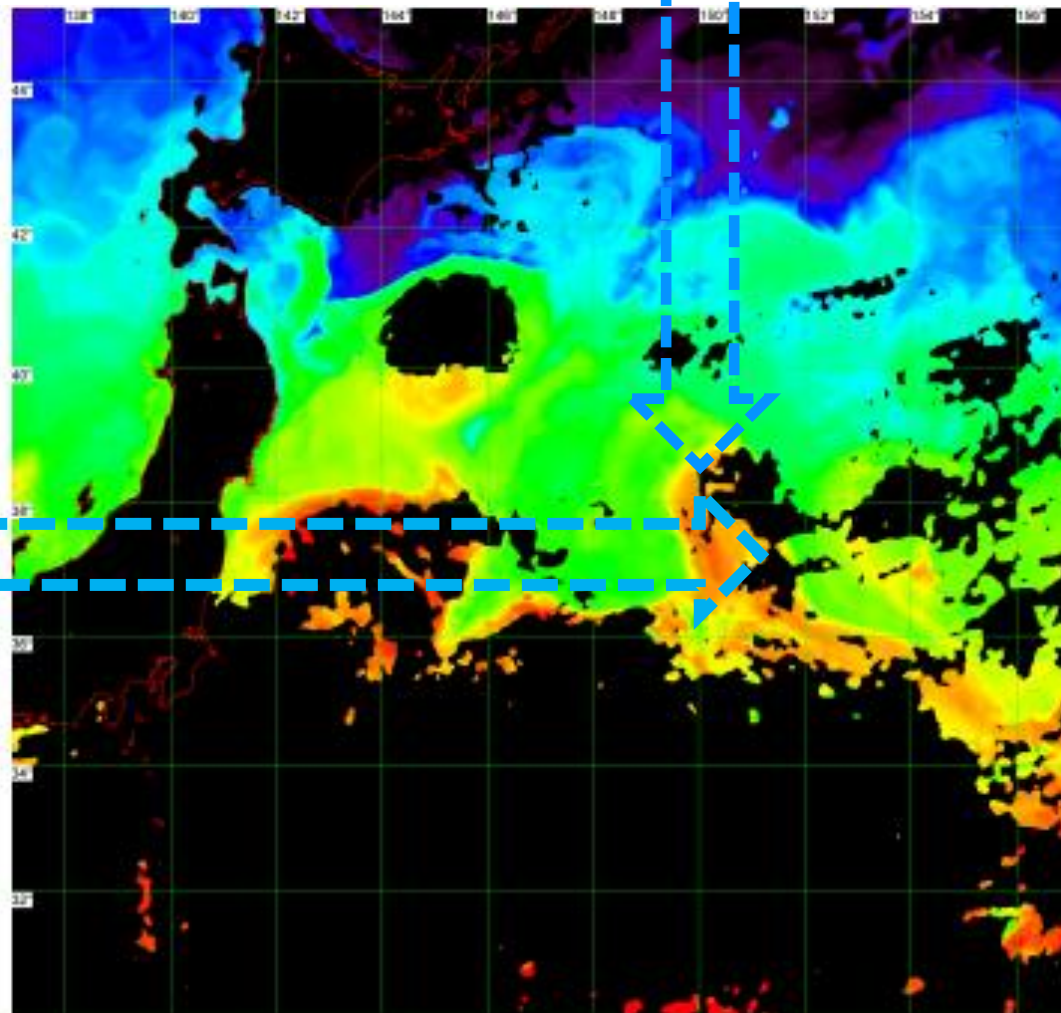
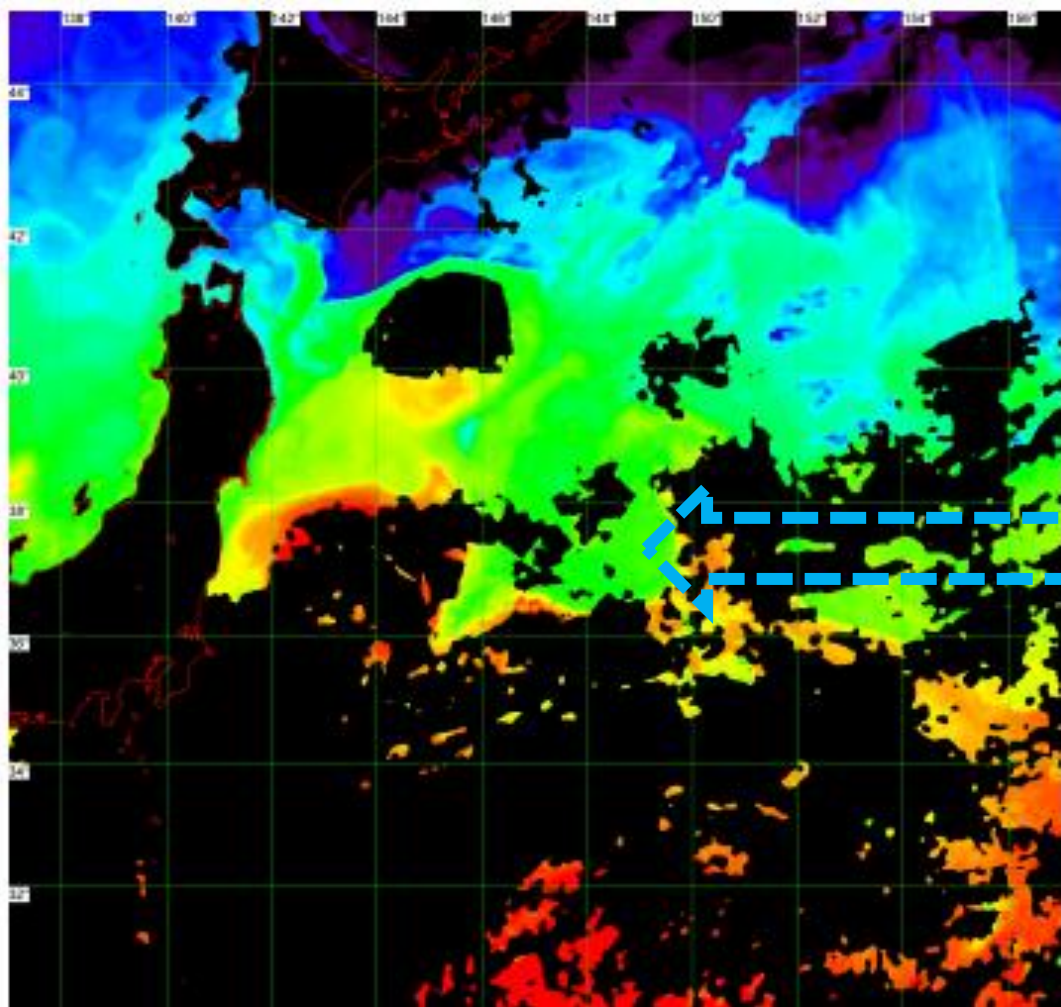


Композиционное ТПО
Спутникового центра ДВО РАН



Одиночное спутниковое
изображение ТПО

Результат использования дополнительных облачных фильтров для построения композиционных карт ТПО (2024-05-18, остров Хоккайдо в Японском море)



Методика Спутникового центра ДВО РАН построения композиционных карт ТПО по данным метеорологических спутников Земли

Выбор данных по дате:

по заданному диапазону дат берутся карты ТПО [https://oceancolor.gsfc.nasa.gov], построенные по одиночным мультисканальным изображениям радиометров MODIS и VIIRS спутников EOS Aqua, EOS Terra, Suomi NPP, NOAA 18-20

Приведение к единому виду:

карты ТПО преобразуются к единому виду, в соответствии с указанными пользователем параметрами. При построении карт используется стандартная фильтрация облачности

Построение эталонных карт и карт изменчивости:

строятся композиционные изображения (карты-эталон) за значительный (10 суток) период времени, и, одновременно с этим, создаются отдельно карты временной и пространственной изменчивости

Обнаружение экстремальных значений:

для обнаружения случаев экстремального поверхностного прогрева создаются утренние и вечерние карты-эталон.

Фильтрация:

одиночные карты ТПО проходят дополнительную фильтрацию по картам-эталонам с использованием карт временной и пространственной изменчивости.

Выходной результат:

по полученным картам отфильтрованных значений ТПО создаются утренние, вечерние, дневные, ночные и общие композиции. Если исходные спутниковые данные имеют шумы случайного характера, то выбирается медианное значение ТПО по пикселям, расположенным внутри бегущего окна размером до 5X5 пикселей.

Разрабатываемый сервис Спутникового центра ДВО РАН построения композиционных карт ТПО по данным метеорологических спутников Земли

RK composition prototype (JUPITER)

Start Date:

End Date:

Name:

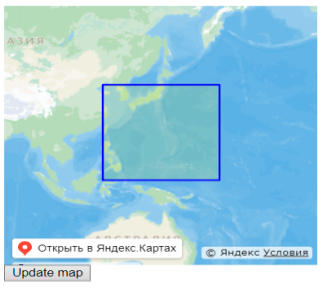
north

west east

south

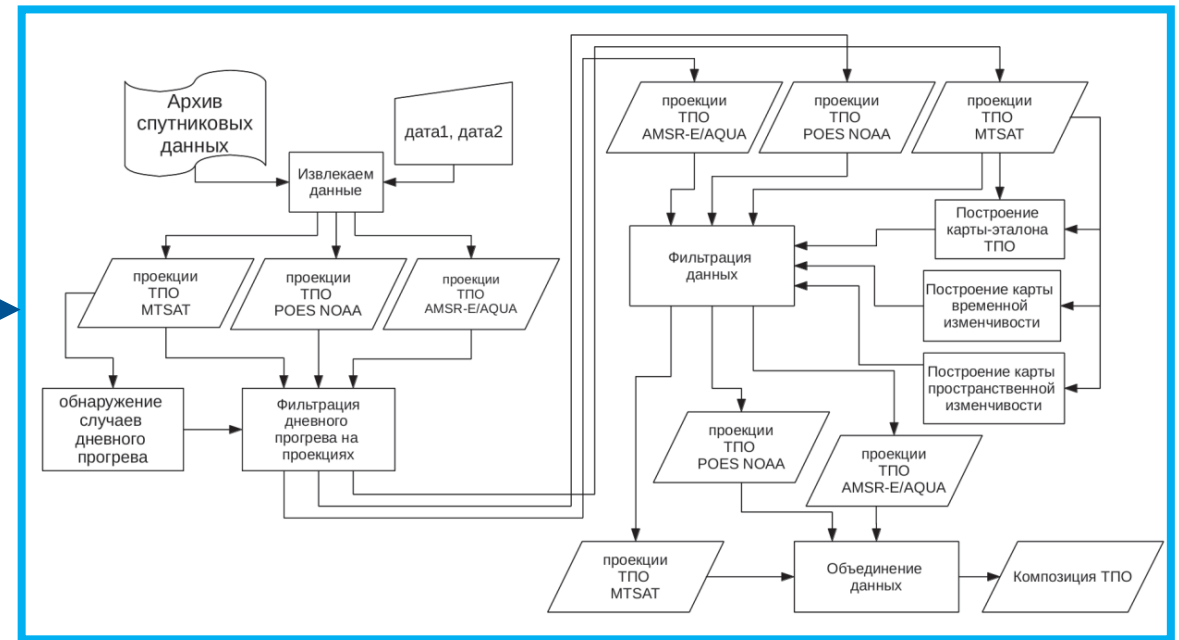
projection type:

resolution (seconds):



Regions:

order_id	order params	order status/status
<input type="button" value="delete"/> <input type="button" value="restart"/>	jtask00155 dates: 2023-12-09 2023-12-10 Region name: TEST_SST Region coords: 2 40 162 120 res=45 type=1(merk)	STARTED 2024-05-01_13_10_02 COMPLETE 2024-04-27_15_24_44 results_dir
<input type="button" value="delete"/> <input type="button" value="restart"/>	jtask00154 dates: 2023-12-09 2023-12-10 Region name: TEST_SST Region coords: 2 40 162 120 res=45 type=1(merk)	STARTED 2024-04-27_15_10_02 COMPLETE 2024-04-27_15_24_44 results_dir
<input type="button" value="delete"/>	jtask00153 dates: 2023-04-24 2023-04-28 Region name: NORD10	STARTED 2024-04-15_12_00_02 COMPLETE 2024-04-15_12_28_40



Пользовательский интерфейс

Схема функционирования

На выходе 4 продукта :

композиция ТПО, эталон ТПО , дневная ТПО, ночная ТПО

Созданная технология интегрируется виде сервиса

в Государственную информационную систему оперативной поставки данных дистанционного зондирования Земли (ГИС ОПД ДЗЗ) Роскосмоса.

Это требует быстрого и массового скачивания данных, что является проблемой

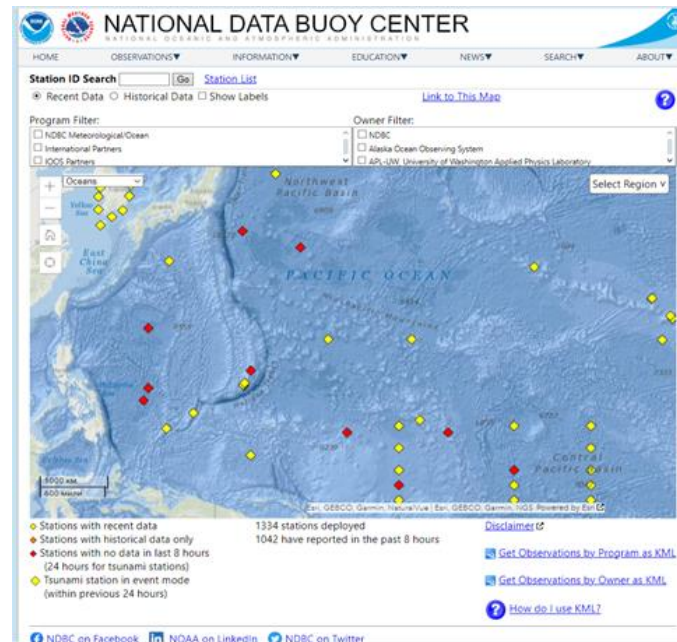
Оценки точности нового подхода на основе сравнения композиционных карт ТПО, построенных по спутниковым данным, с данными непосредственного измерения ТПО

В качестве тестовой акватории была
выбрана северо-западной область
Тихого океана.

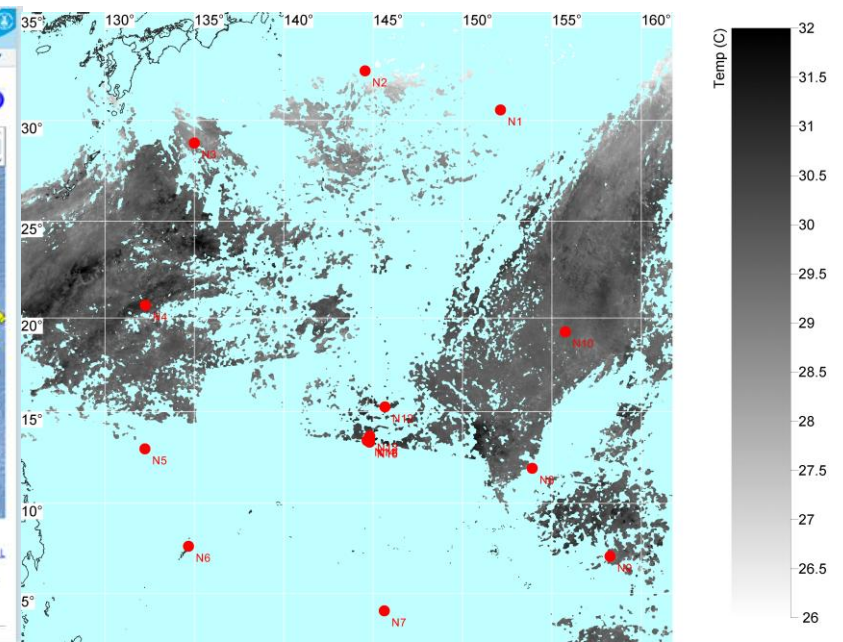
Данные in situ измерений брались из
открытых зарубежных баз данных о
температуре поверхности океана с
буйков и судовых CTD-измерений.

Анализировалась невязка между ТПО по
спутниковым и in situ данным.

Анализ проводился в зависимости времени
года, географического положения,
скорости ветра и других природных
явлений, влияющих на ТПО океана.



<https://www.ndbc.noaa.gov>



Композиционная карта ТПО
с нанесенными буйками

Анализ сравнения невязок ТПОin situ – ТПОsat_comp/etaln/day/night по месяцам - средняя невязка

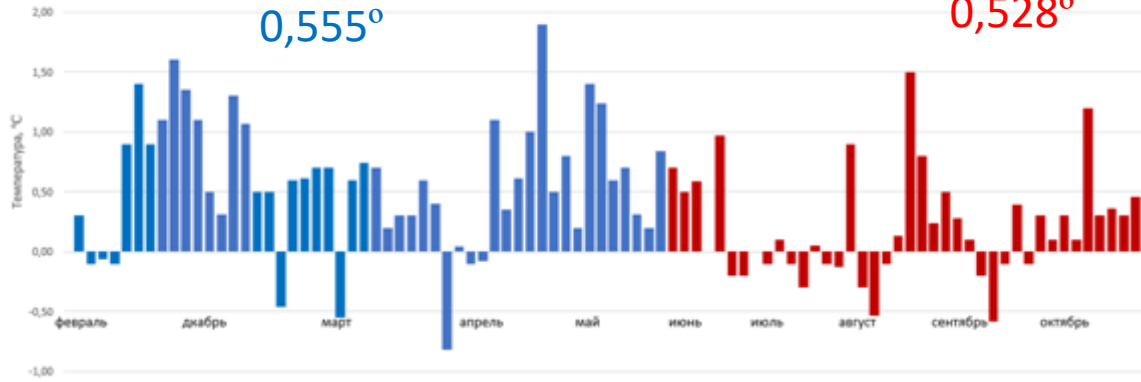
comp

0,58°

0,29°

0,555°

0,528°



day

0,45°

0,31°

0,623°

0,540°



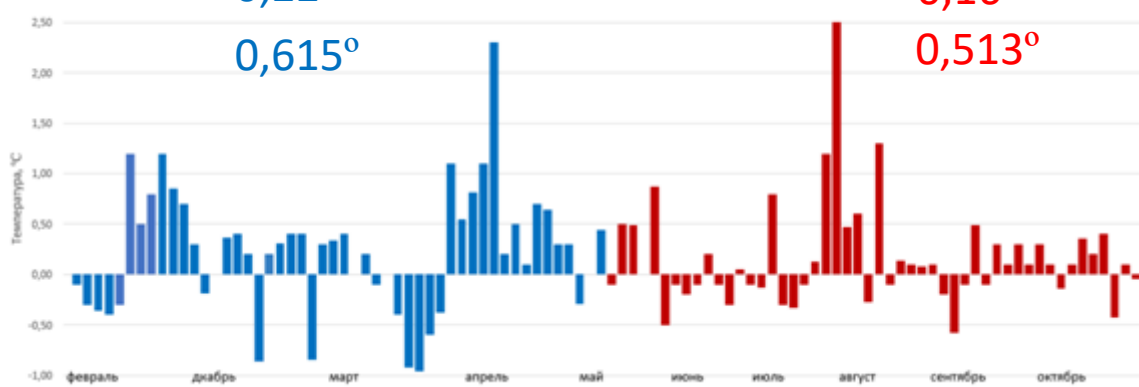
etalon

0,22°

0,16°

0,615°

0,513°



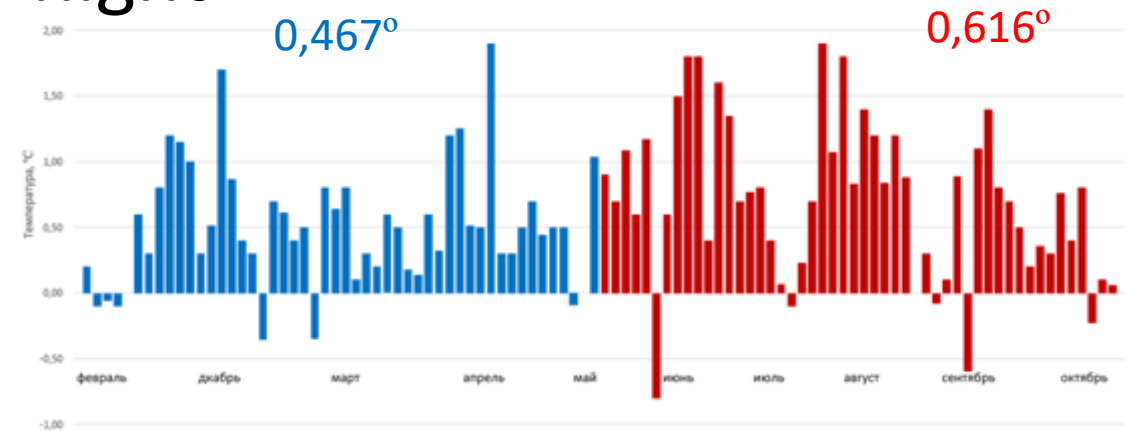
night

0,51°

0,71°

0,467°

0,616°



Анализ средних невязок ТПОin situ-ТПОsat/comp/etaln/day/night

Средняя невязка, все сезоны

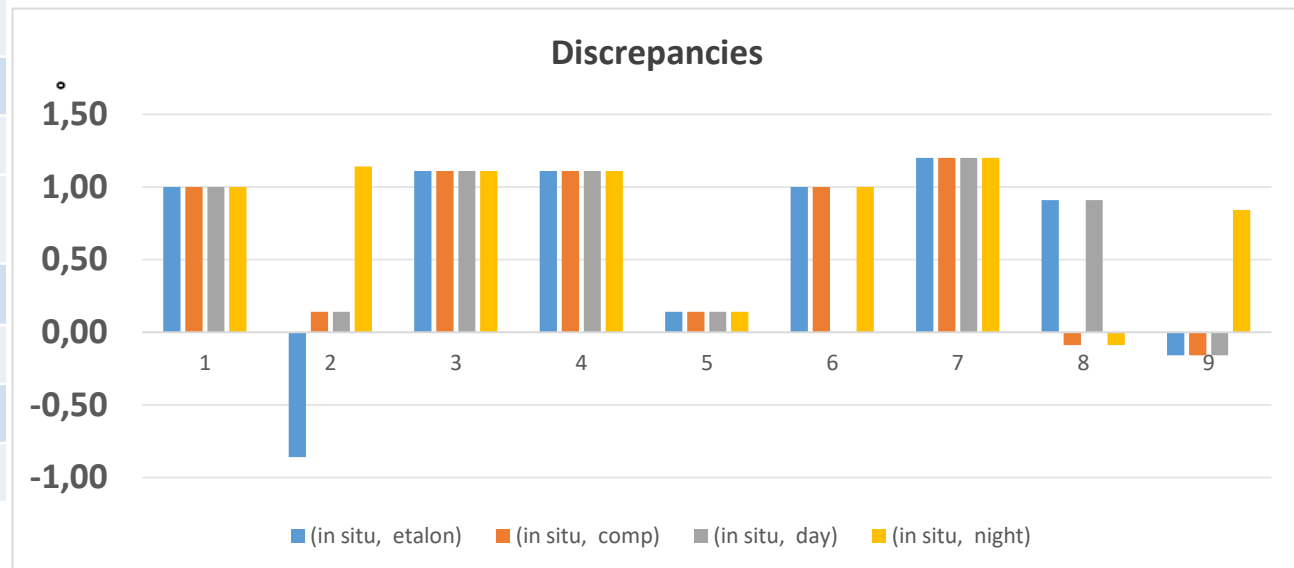
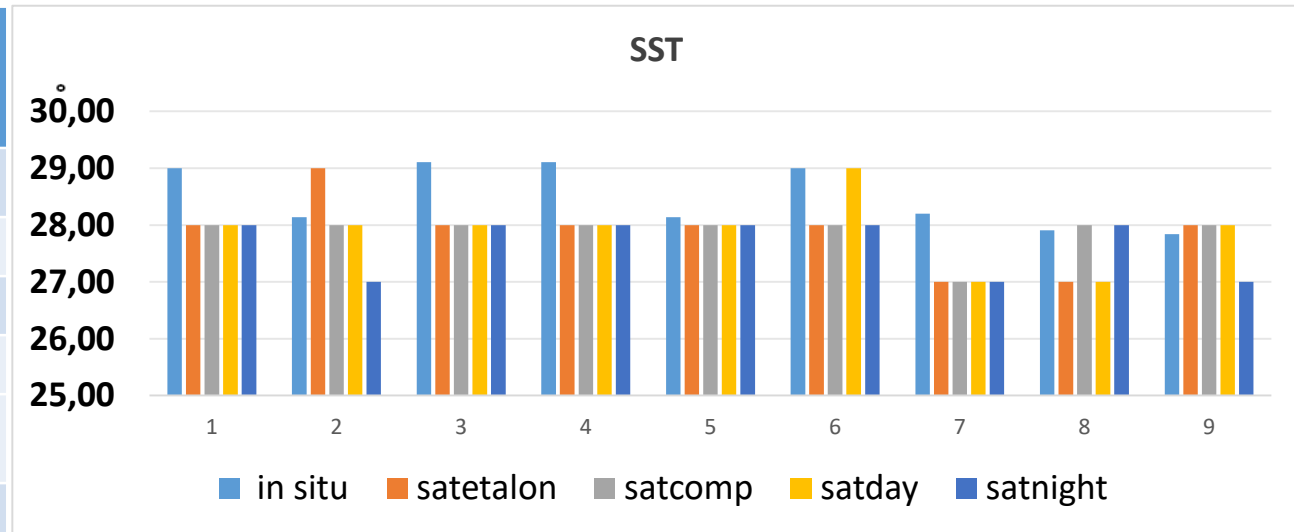
comp	etalon	day	night
0,43°	0,19°	0,38°	0,61°
Оценка точности среднего			
0,056°	0,056°	0,058°	0,055°

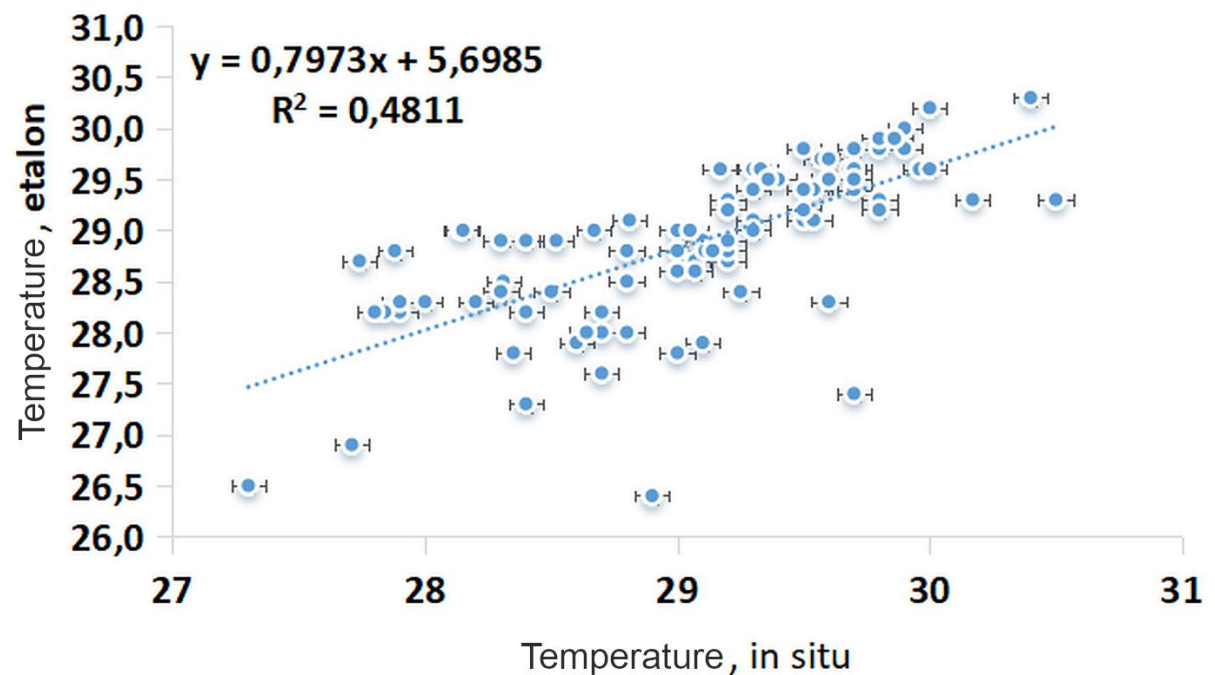
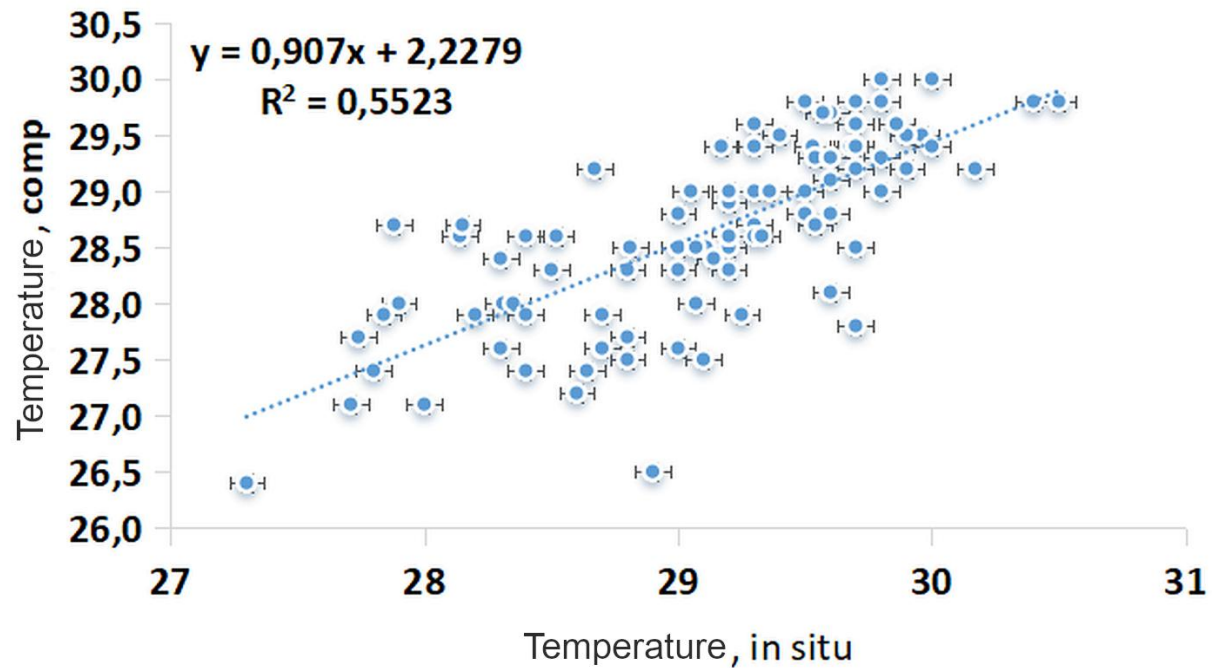
Средняя невязка, зима-весна

comp	etalon	day	night
0,58°	0,22°	0,45°	0,51°
Оценка точности среднего			
0,078°	0,087°	0,088°	0,066°

Средняя невязка, лето-осень

comp	etalon	day	night
0,29°	0,16°	0,31°	0,71°
Оценка точности среднего			
0,075°	0,073°	0,076°	0,087°





Корреляция спутниковых
композиционных и
эталонных значений ТПО
с измерениями ТПО с
буев

Анализ полученных невязок показал

1. Эталонная (за 10 дней) и композиционная (за 3 дня) карта ТПО наиболее близки по значениям к непосредственным измерениям с буйков.
2. Среднеквадратичное отклонение для невязок во все сезоны лежит в пределах от $0,5^{\circ}\text{C}$ до $0,7^{\circ}\text{C}$, что является хорошим показателем при точности расчетов, лежащей в диапазоне от $0,05^{\circ}\text{C}$ до $0,1^{\circ}\text{C}$.
3. Коэффициент регрессии композиционной ТПО с измерениям ТПО in situ составляет 0.9, а у эталонной ТПО - 0.8.
4. Средняя невязка для композиционной ТПО лежала в диапазоне $0.2 - 0.46^{\circ}\text{C}$. *(Данная точность является достаточной для потребителей, связанных с рыболовством)*

Развитие нового подхода к построению композиционных карт ТПО по спутниковым данным

В настоящее время проводятся работы по использованию значений ТПО, восстановленных по измерениям микроволновых радиометров AMSR-2 и WindSat, для получения ежедневных всепогодных композиционных карт ТПО.

Однако, значения ТПО, получаемые из микроволновых данных, существенно отличаются по пространственному разрешению, что может приводить к появлению на композиционных картах ТПО ложных фронтов.