



Пространственная верификация регионального ансамблевого прогноза ФГБУ «Гидрометцентр России»

Spatial verification of regional ensemble
forecast at the Hydrometcentre of Russia

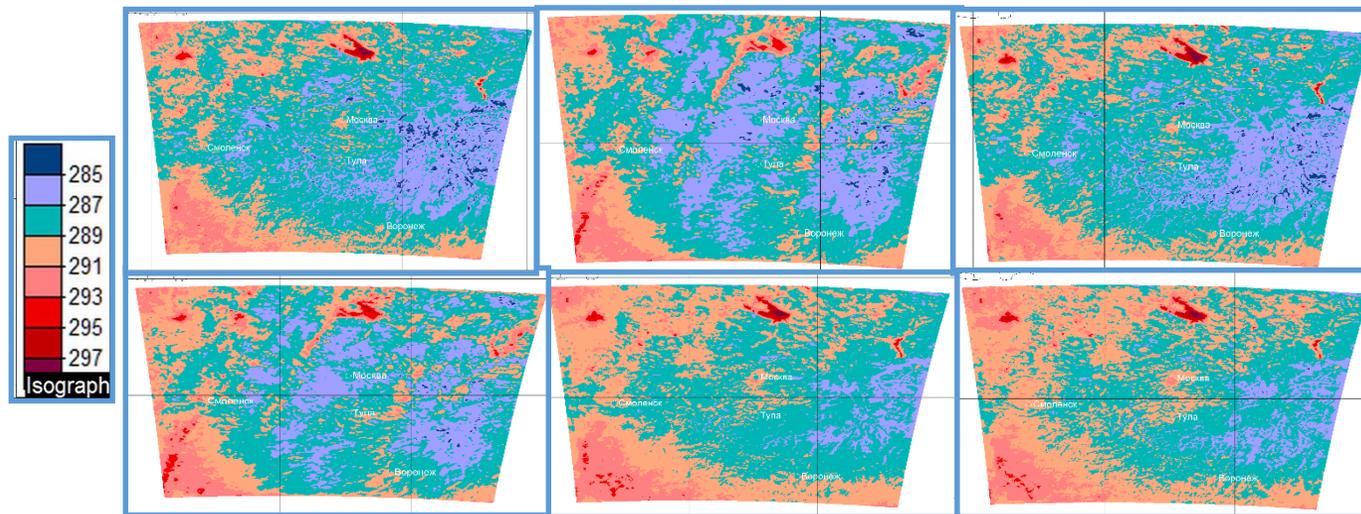
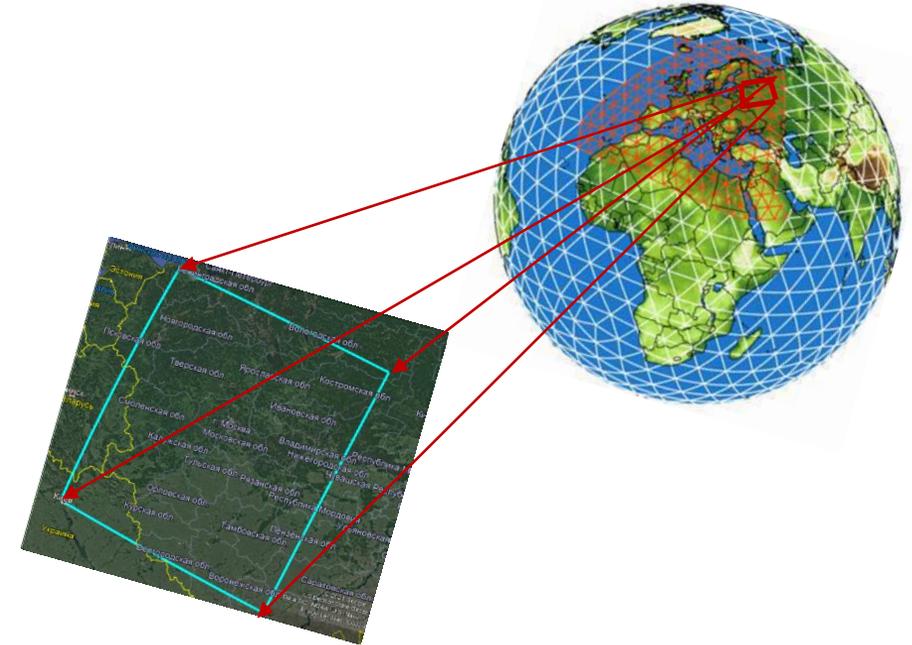
Е.Д. Ольховая¹, А.Ю. Бундель², Е.Д. Астахова², Д.Ю. Алферов²

Авторы благодарят А.А. Кирсанова за помощь в установке MET, в работе с данными
и за ценные обсуждения

1 РТУ МИРЭА, MIREA — RUSSIAN TECHNOLOGICAL UNIVERSITY, Проспект Вернадского 78, Москва, 119454, <https://english.mirea.ru/>
2 ФГБУ «Гидрометцентр России», Hydrometcentre of Russia, 123376, Россия, Москва, Большой Предтеченский переулок, д.13, строение 1,
<https://meteoinfo.ru/>

Исследовательская версия системы регионального ансамблевого прогнозирования высокой детализации ICON-Ru2-EPS

Область: Центральный федеральный округ
Модель: ICON-LAM v. 2.6.2.2
Сетка: повернутая,
~2.2 км (R9B8),
65 уровней по вертикали
Начальные условия: глобальный ICON (13/6.5 км)
Размер ансамбля: 11
Длина прогноза: 48 ч



Ансамбль прогнозов T2m на 48 часов (реализации 1-6) от 5.07.2021 демонстрирует различные возможные сценарии развития атмосферной ситуации

Время прогноза на 48 часов:
~1 часа для одной реализации на 128 ядрах (при использовании компилятора Intel и MPI)

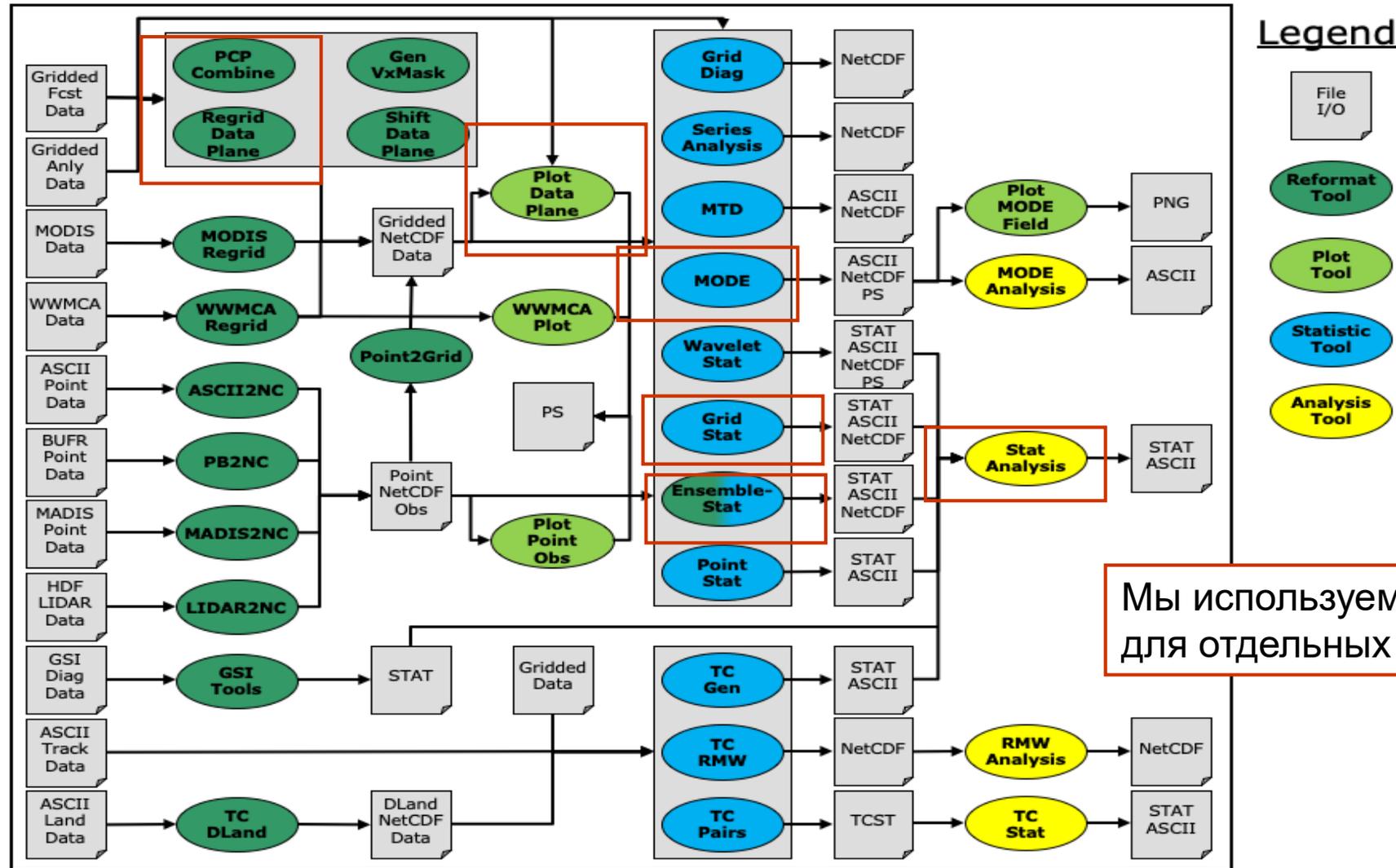
- Возмущения физических параметров
- Возможность расширение размера ансамбля за счет лагированных прогнозов

METplus – мотивация к использованию

(<https://dtcenter.org/community-code/metplus>)

- METplus – свободно распространяемый пакет для расчета оценок качества и их визуализации, разрабатывается и поддерживается Developmental Testbed Center (DTC) (NCAR/Research Applications Laboratory (RAL), NOAA/Earth Systems Research Laboratories (ESRL), NOAA/Environmental Modeling Center, EMC), США
- **MET включает практически все необходимые нам методы для верификации ансамблевых прогнозов:**
 - **PointStat** **точечные оценки**
 - **GridStat** **оценки с использованием сеточных данных наблюдений**
 - **EnsembleStat** **вероятностные оценки**
 - **Окрестные методы** (Ансамблевая вероятность в окрестности: Neighborhood ensemble probability, NEP, и Neighborhood maximum ensemble probability, NMEP, Schwartz and Sobash 2017)
 - **Объектно-ориентированный метод MODE**
- Хорошая оперативная поддержка пользователей разработчиками
- METplus – кандидат на мировой стандарт в качестве пакета верификации

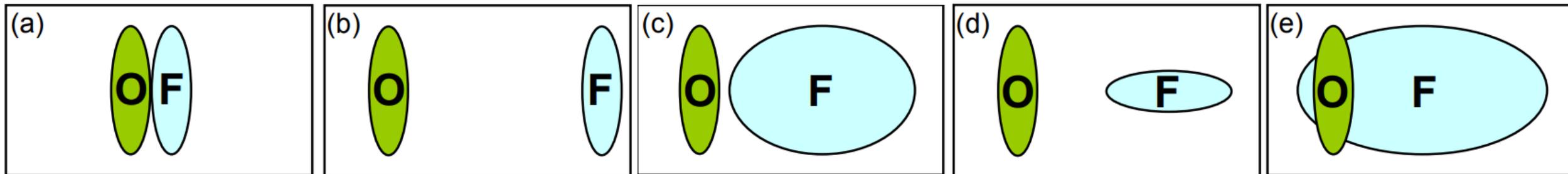
Программные модули MET v 9.0



Мы используем в настоящее время для отдельных тестовых случаев

Настройки пространственной верификации

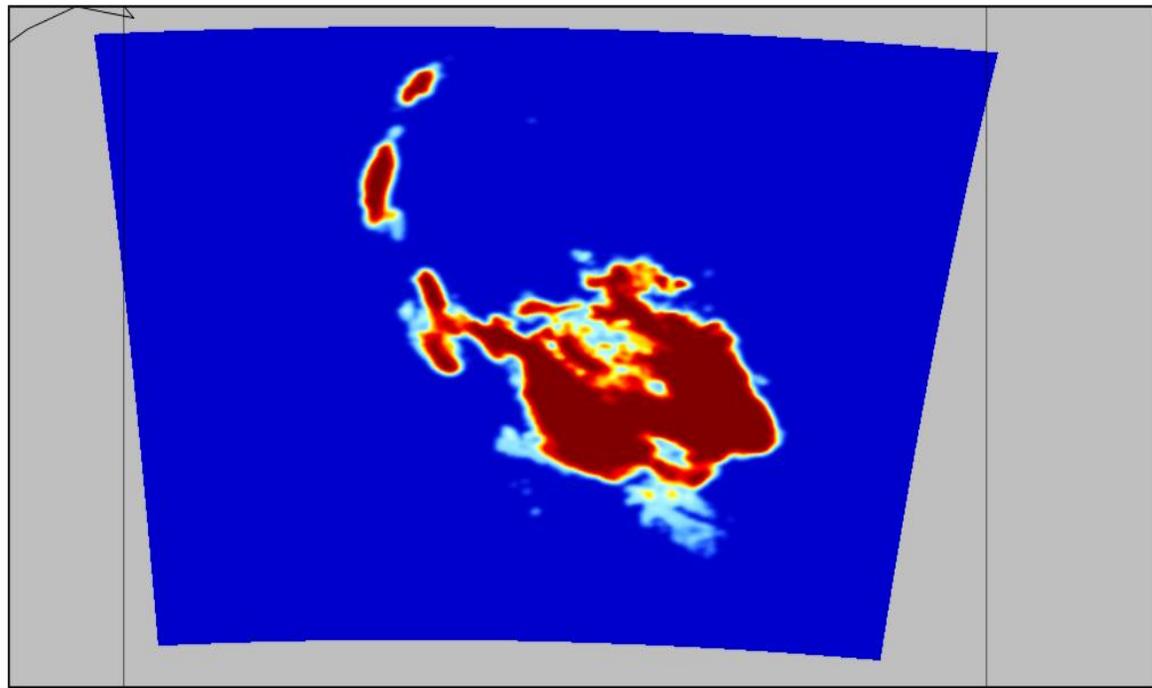
Иллюстрация проблемы двойного штрафа



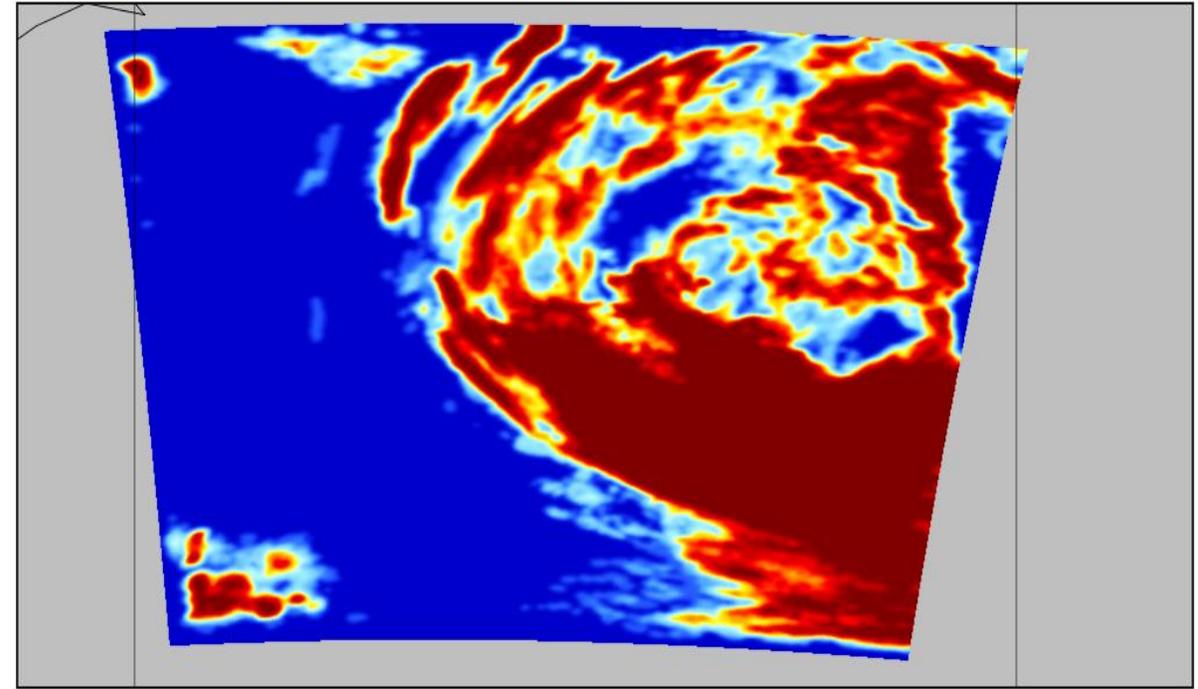
- Часовые накопления осадков
- Модель: ансамбль ICON-LAM v. 2.6.2.2, шаг по горизонтали ~2.2 км (R9V8), 65 уровней по вертикали, регион: Центральный федеральный округ (ЦФО)
- Наблюдения: данные радарного композита, предоставляемые ЦАО, проинтерполированные на сетку 2.2 км для ЦФО с помощью метода ближайшей точки

Ансамблевая максимальная вероятность в окрестности (Neighborhood maximum ensemble probability, NMEP)

Окрестность – 9 точек, порог количества осадков – 0.1 мм/ч, старт - 00 UTC, дата – 2021.07.01



Заблаговременность 02 ч



Заблаговременность 23 ч

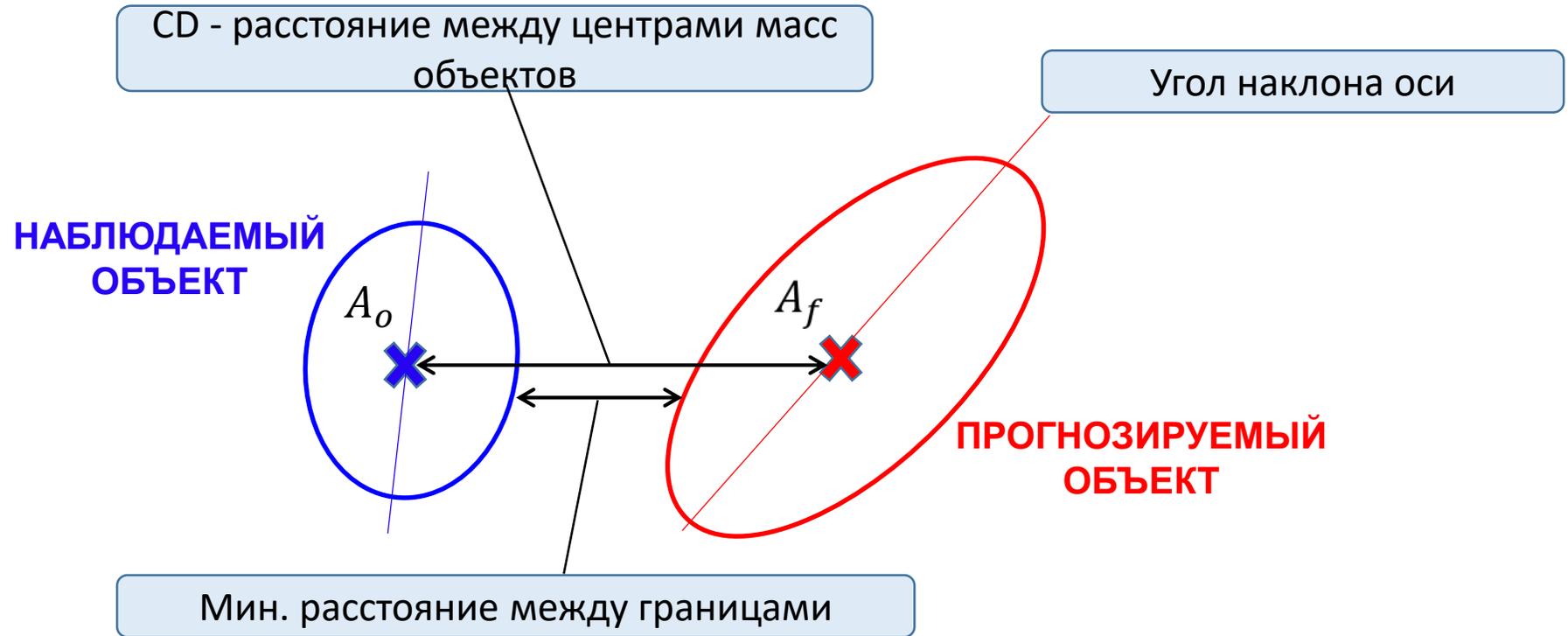


Разброс растет с заблаговременностью

Такие графики могут быть полезны синоптику (опыт DWD), но они наиболее информативны в комбинации с объектно-ориентированными продуктами (Johnson et al. 2020)

Метод MODE: Method for object-based diagnostic evaluation (Davis et al. 2009):

Вычисление атрибутов соответствия для пар объектов



$$\text{Соотношение площадей} = \frac{\min(A_o, A_f)}{\max(A_o, A_f)}$$

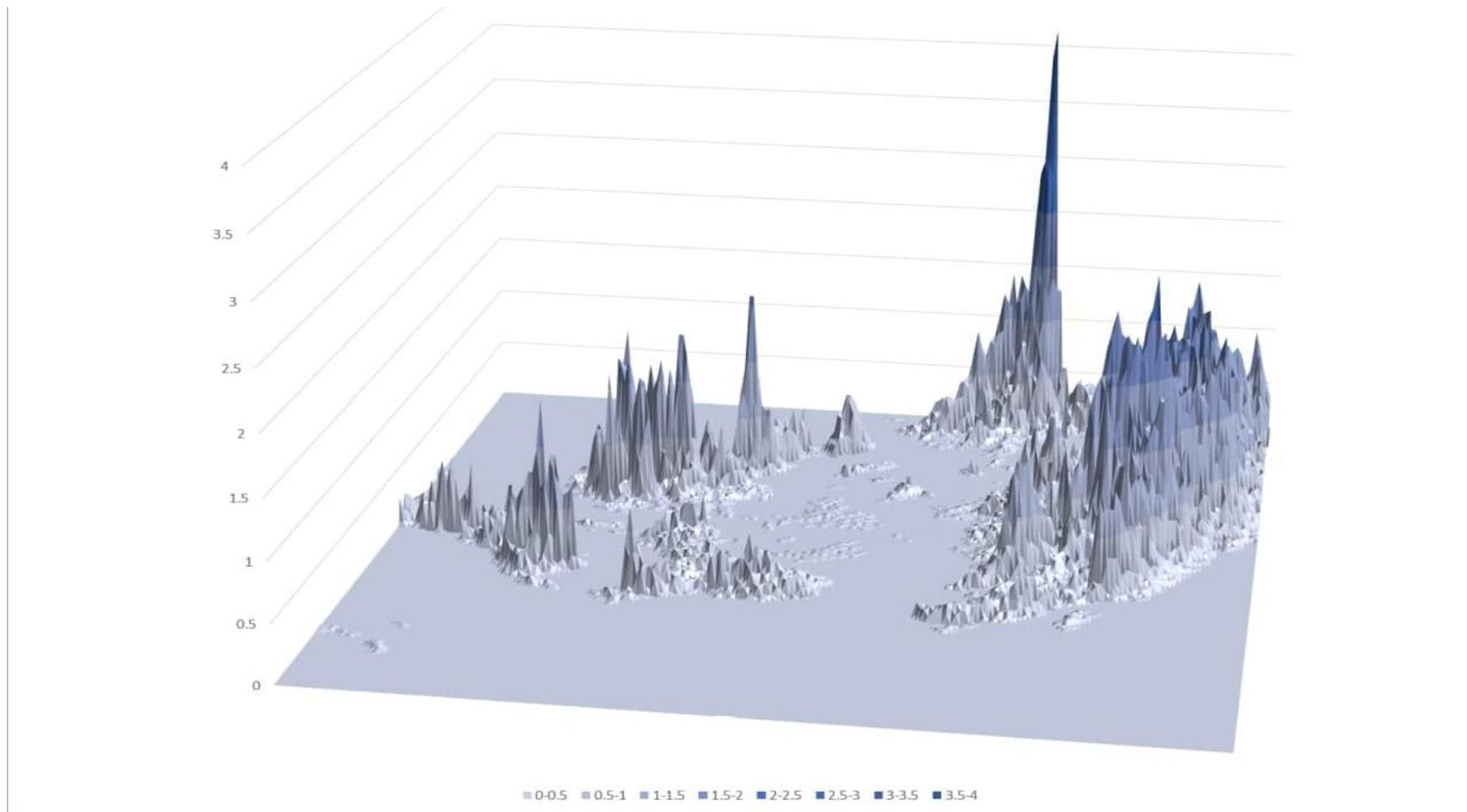
$$\text{Соотношение пересекающихся площадей} = \frac{A_{int}}{\text{mean}(A_o, A_f)} = 0$$

Выделение объектов

Объекты – смежные точки, в которых значение больше порога

Предварительно данные можно сгладить с помощью фильтра свёртки

В работе был использован фильтр с радиусом 5 точек



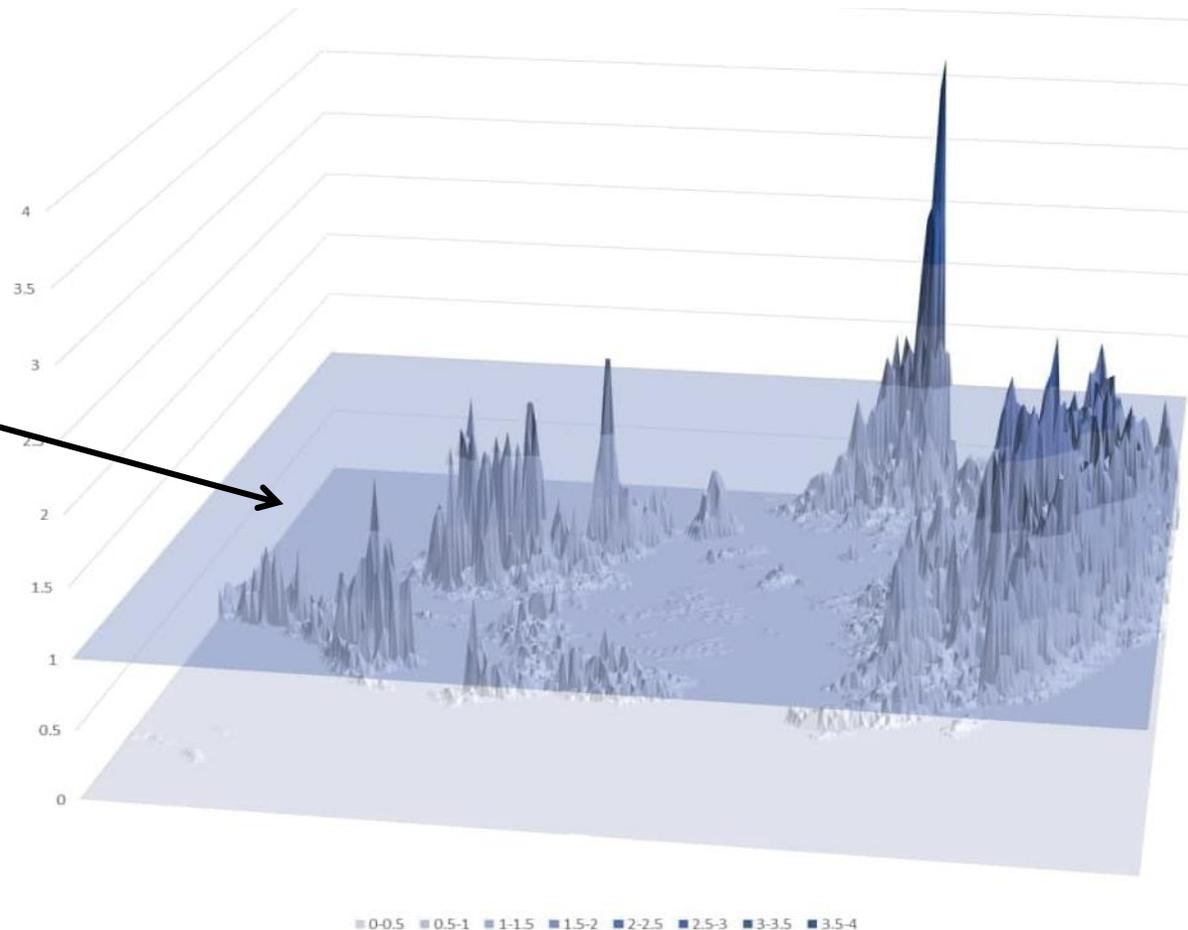
Выделение объектов

Объекты – смежные точки, в которых значение больше порога

Предварительно данные можно сгладить с помощью фильтра свёртки

В работе был использован фильтр с радиусом 5 точек

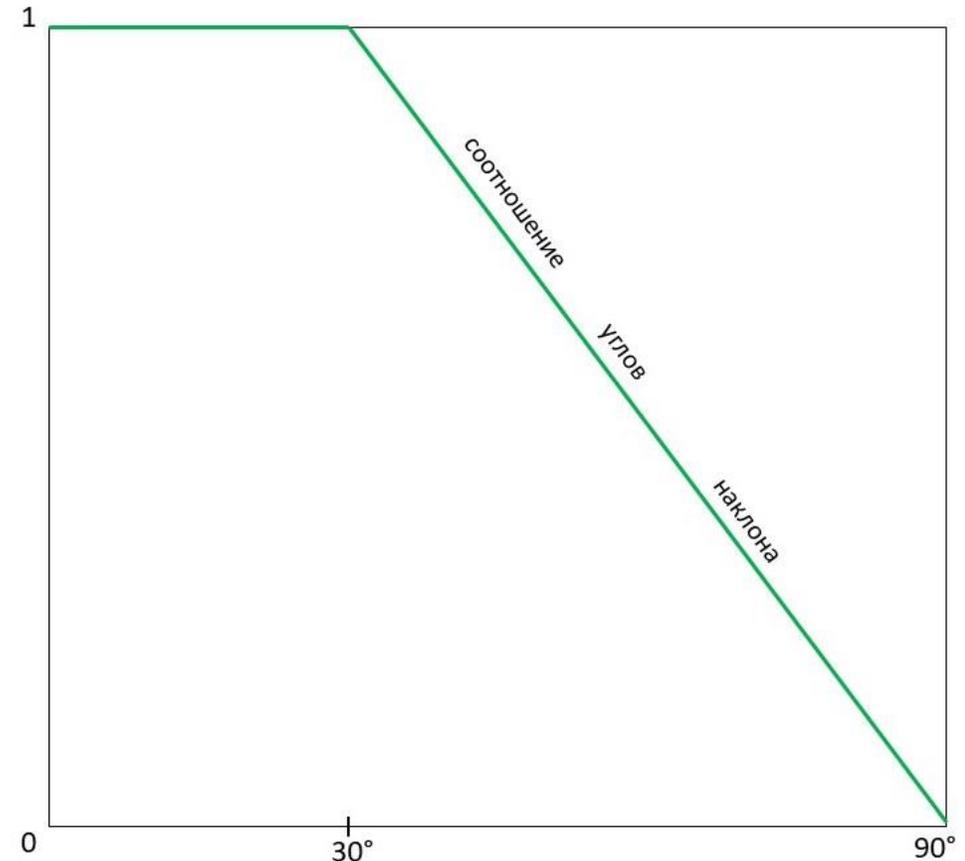
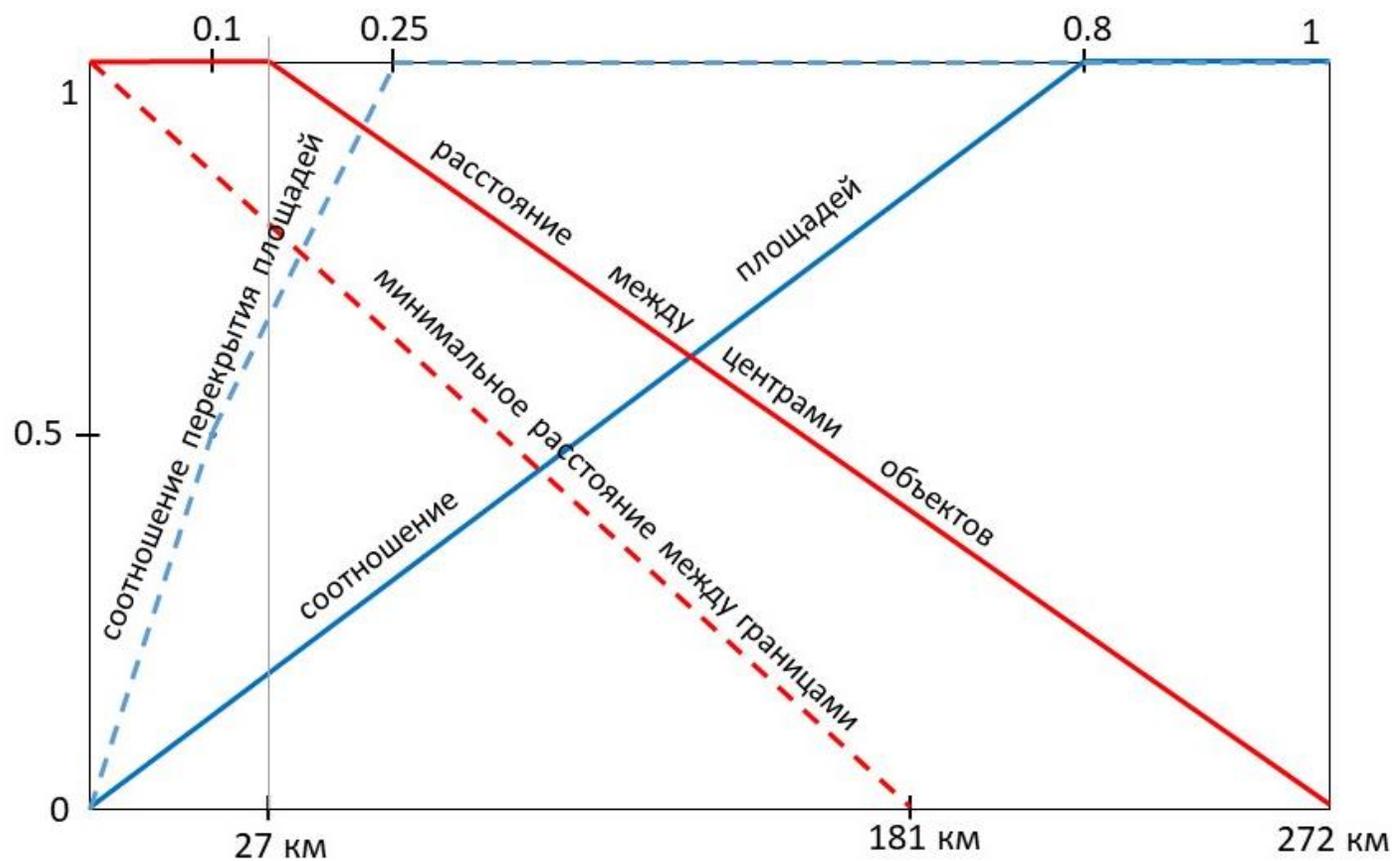
Пороговое значение
для выделения
объектов



Нечеткая логика (Fuzzy logic)

(Davis et al. 2009)

1. Для каждого атрибута i задается «функция нечеткой логики F », которая равна 1 при большом значении соответствия и уменьшается до нуля по мере уменьшения соответствия



Пример

При расстоянии между центрами масс $CD \leq 27$ км она равна 1, а затем линейно уменьшается до 0 при $CD \geq 272$ км)

Общий интерес (Total interest, TI)

(Davis et al. 2009)

2. Для каждого из атрибутов i задается вес w (например, мы можем придать больший вес расстоянию между центрами массы объектов, и меньший разнице углов наклона оси объектов)
3. Фактор надежности (c) – насколько мы уверены в определении значения атрибута (на практике редко отличается от 1)

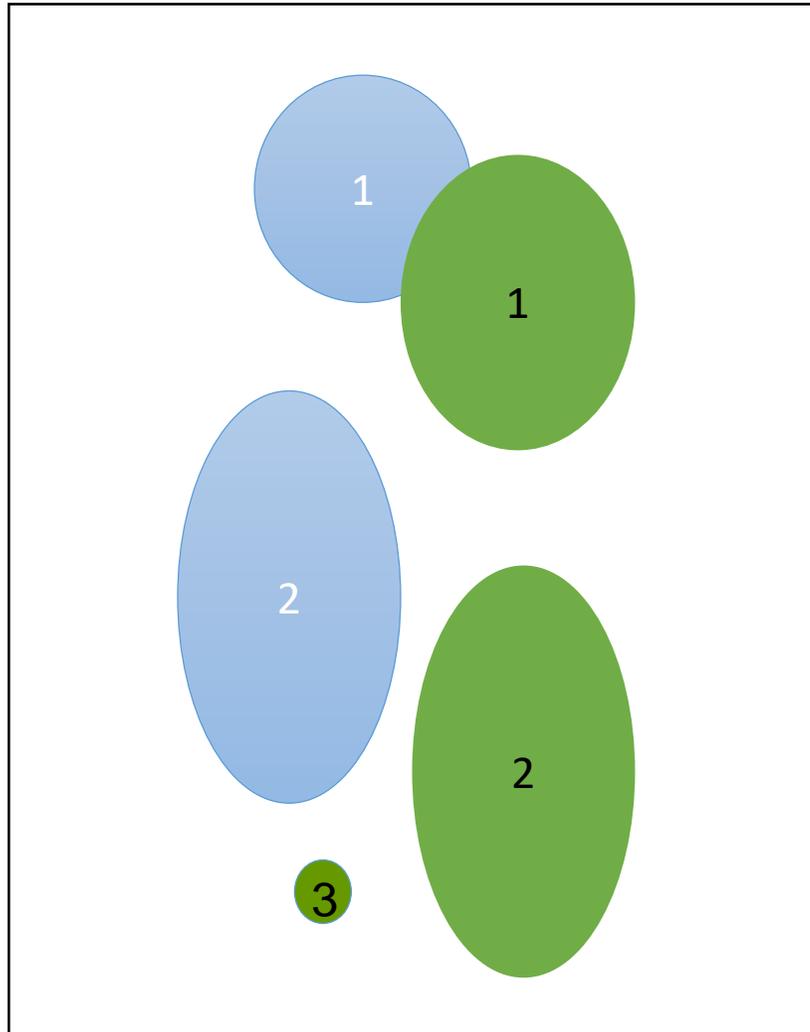
Общий интерес – мера сходства пары объектов j на основе выбранных атрибутов соответствия

$$I_{ij} = F_{ij}w_i c_i \quad TI_j = \frac{\sum_i I_{ij}}{\sum_i w_i c_i}$$

Fuzzy engine weights

```
weight = {  
    centroid_dist      = 2.0;  
    boundary_dist     = 4.0;  
    convex_hull_dist  = 0.0;  
    angle_diff        = 1.0;  
    aspect_diff       = 0.0;  
    area_ratio        = 1.0;  
    int_area_ratio    = 2.0;  
    curvature_ratio   = 0.0;  
    complexity_ratio  = 0.0;  
    inten_perc_ratio  = 0.0;  
    inten_perc_value  = 50;  
}
```

Медиана максимального интереса (MMI) (Davis 2009) – интегральный показатель качества MODE



Матрица интересов

		Наблюдение	
		1	2
Прогноз	1	0.90	0.55
	2	0.50	0.80
	3	0.40	0.55

max: 0.90
0.80 (MMIF)
0.55

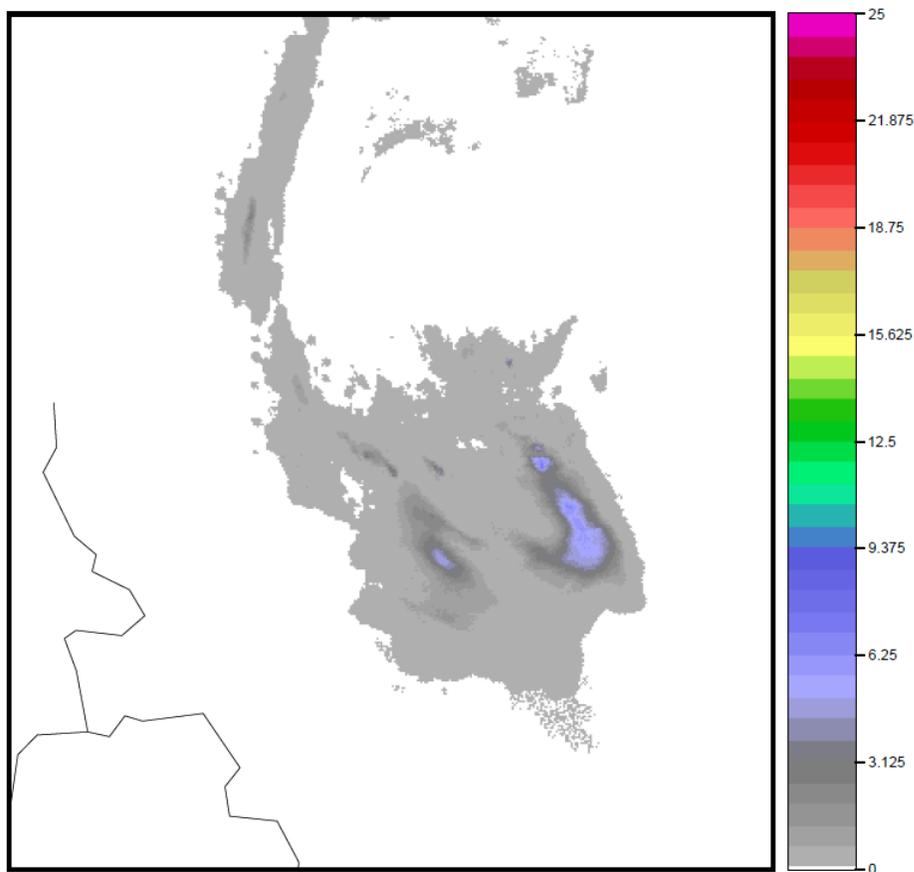
max: 0.90 0.80
0.85 (MMIO)

MMI = 0.83

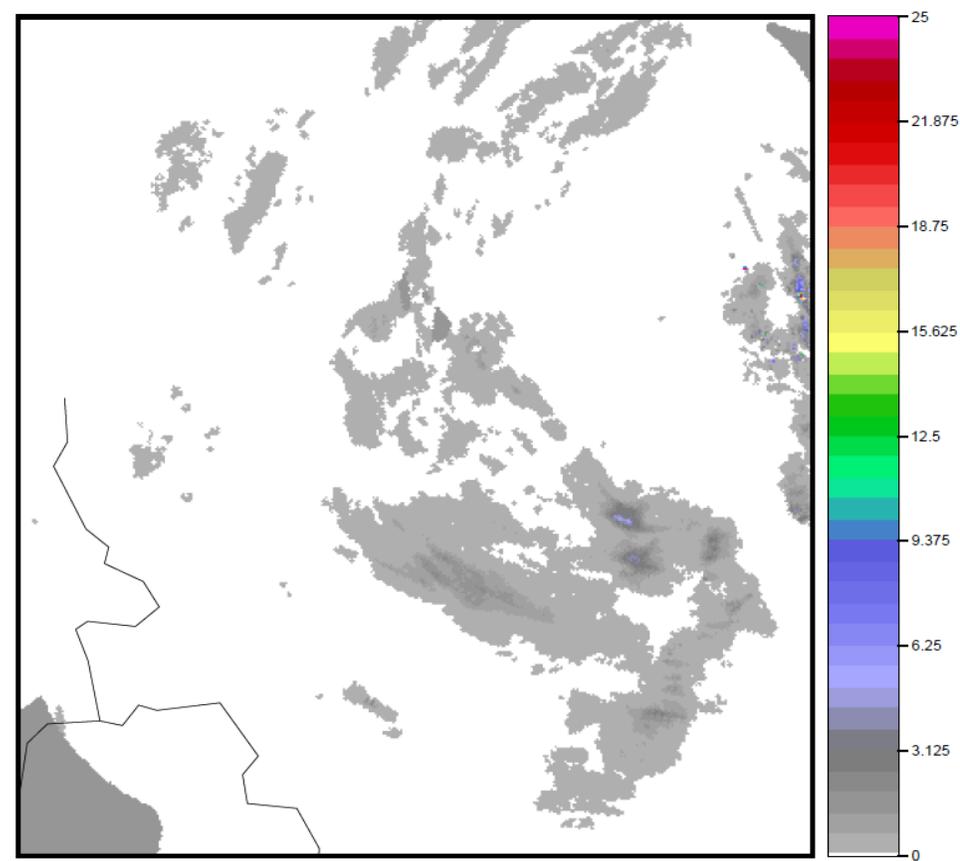
MMIF – медиана максимального интереса прогноза
MMIO – медиана максимального интереса наблюдений
MMI – медиана максимального интереса – медиана максимальных значений рядов и столбцов

Пример MODE: Исходные поля осадков

Контрольный член ансамбля



Данные радарного композита

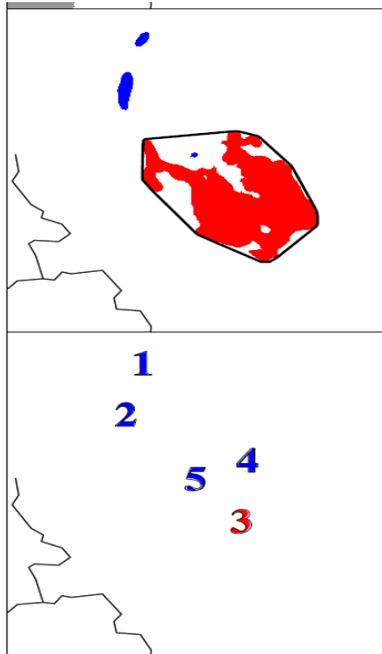


Накопленные за час осадки, в мм за 1 ч.
2021 01 июля, 01-02 UTC.
Центральный Федеральный округ.

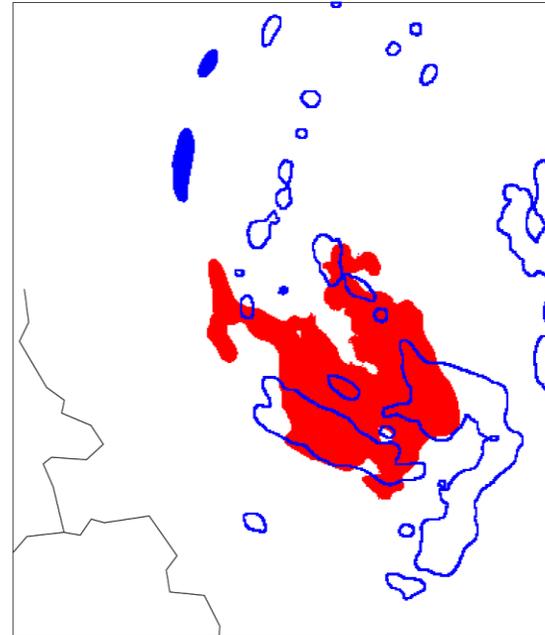
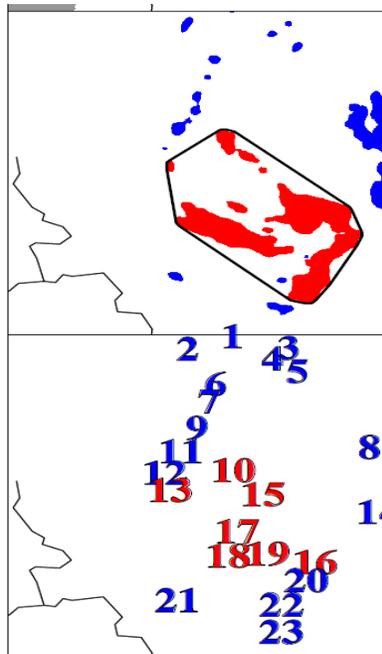
Пример результатов MODE

для порога часовых осадков > 0.1 мм/час

Контрольный член ансамбля



Радарные данные



Черным контуром выделены кластеры объектов.
 Номера соответствуют отдельным объектам.
 Центральный Федеральный округ.

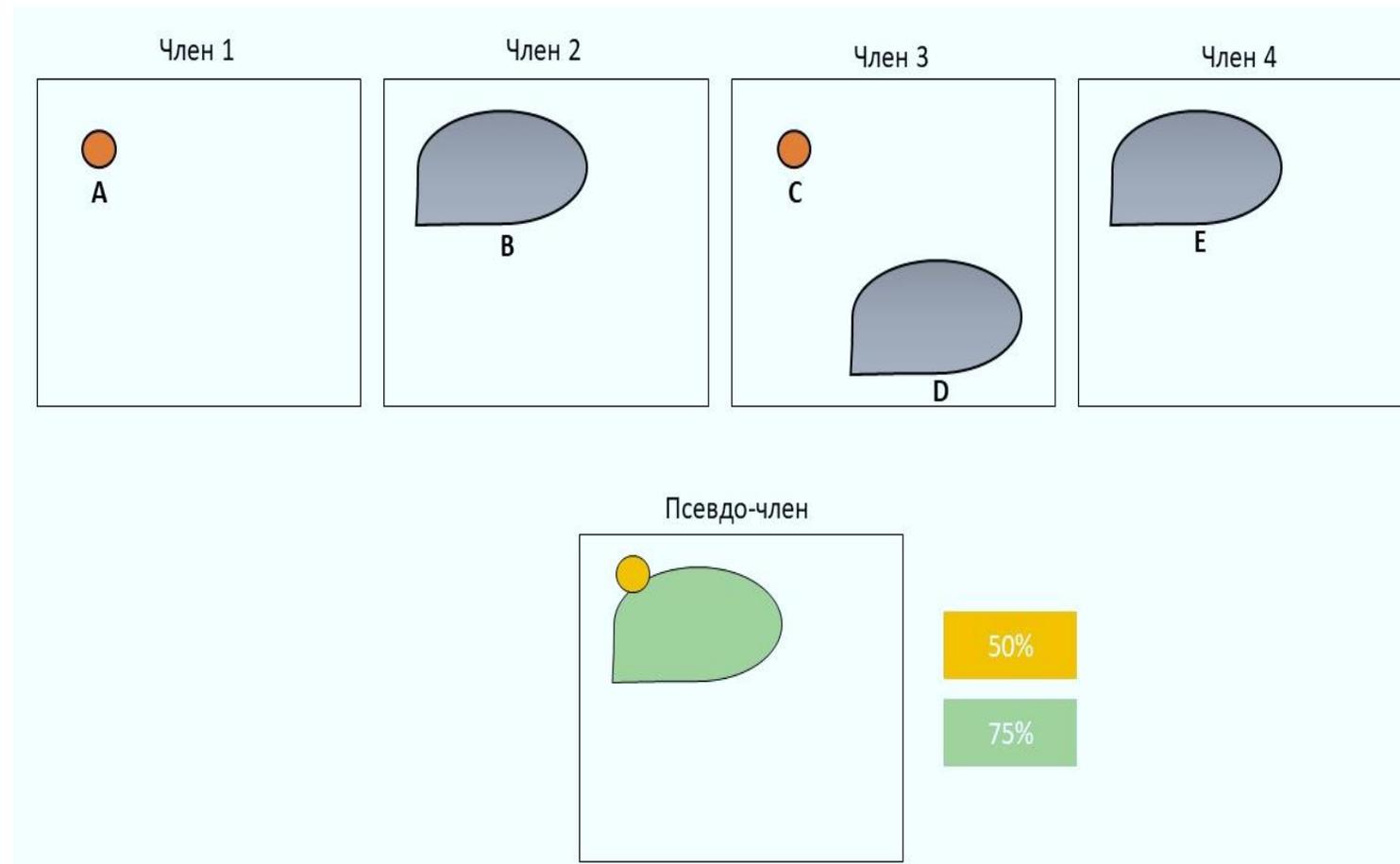
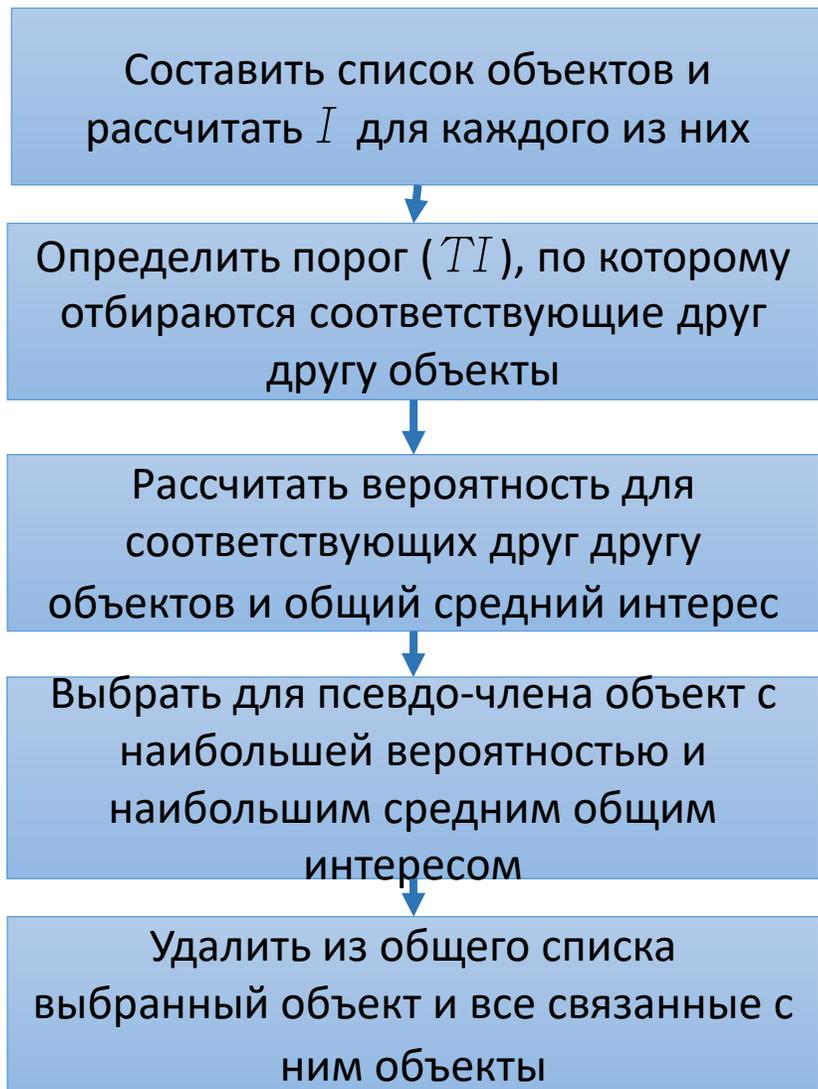
MMIF=0.64
MMIO=0.53
MMI=0.55

TI = 0.7
 порог для
 определения
 соответствия
 объектов

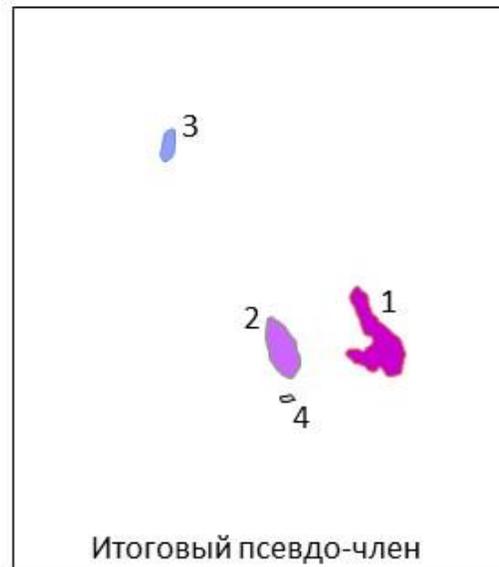
FCST	Obs	Interest
3	18	0.9079
3	16	0.8976
3	10	0.8751
3	17	0.8705
3	19	0.8662
3	15	0.8607
3	13	0.8492
1	2	0.6905
5	12	0.6439
5	13	0.5915
3	12	0.5748
2	11	0.5689
5	11	0.5432
1	9	0.5378
4	10	0.5341
5	15	0.5289
3	22	0.5266
3	20	0.5263
2	9	0.5257
1	6	0.5050
5	10	0.4962
3	11	0.4638
2	10	0.4570
5	7	0.4566
4	15	0.4490
3	9	0.4489
3	23	0.4483
3	21	0.4461
5	9	0.4454

CLUS PAIR	CEN DIST	ANG DIFF	FCST AREA	OBS AREA	INTER AREA	UNION AREA	SYMM DIFF	FCST INT 50	OBS INT 50	FCST INT 90	OBS INT 90	TOT INTR
1	53.73	1.43	15354	11255	5495	21114	15619	0.37	0.32	2.58	1.29	0.9730

Метод пространственной верификации на основе MODE для ансамблевого прогноза (по Johnson et al. 2020)



Пример результата алгоритма



MODE плюсы и минусы

- Может применяться в режиме спаривания объектов и нет
- Разработан, чтобы симитировать суждение синоптика
- На выходе дает единый показатель качества прогноза (MMI)
- Дает информацию о пропусках и ложных тревогах
- Много настроечных параметров

Выводы

- Определены требования к системе верификации регионального ансамблевого прогноза высокого разрешения и начата ее разработка
- На основе анализа современных методов верификации прогнозов высокого разрешения было решено использовать пакет MET в качестве основного компонента разрабатываемой системы
- Пакет верификации MET установлен на ЭВМ CRAY XC40-LC в ФГБУ "Гидрометцентр России"
- Проведена верификация ансамблевых прогнозов с помощью MET для тестовых случаев

Планы

- Завершить разработку алгоритма MODE для ансамблевого прогноза
- Обеспечить работу метода для большого количества случаев
- Провести эксперименты с настроечными параметрами



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

Ссылки

- Davis, C. A., Brown, B. G., Bullock, R., and Halley-Gotway, J.: The Method for Object-Based Diagnostic Evaluation (MODE) Applied to Numerical Forecasts from the 2005 NSSL/SPC Spring Program, *Weather and Forecasting*, 24, 1252 – 1267, <https://doi.org/10.1175/2009WAF2222241.1>, 2009
- Johnson, A., Wang, X., Wang, Y., Reinhart, A., Clark, A. J., and Jirak, I. L.: Neighborhood- and Object-Based Probabilistic Verification of the OU MAP Ensemble Forecasts during 2017 and 2018 Hazardous Weather Testbeds, *Weather and Forecasting*, 35, 169 – 191, <https://doi.org/10.1175/WAF-D-19-0060.1>, 2020
- Schwartz C.S. and R. A. Sobash, Generating Probabilistic Forecasts from Convection-Allowing Ensembles Using Neighborhood Approaches: A Review and Recommendations, *Monthly Weather Review*, DOI: <https://doi.org/10.1175/MWR-D-16-0400.1> Page(s): 3397–3418, 2017