

**Прогноз сезонных аномалий
метеорологических полей на основе
модели SL-AV и результаты исторических
сезонных прогнозов по данным реанализа
NCER/NCAR**

19.10.2006

ВСЕМИРНАЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ

НАСТАВЛЕНИЕ ПО ГЛОБАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ТОМ 1 ГЛОБАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ВМО-№ 485

1.3 Ответственность ММЦ

1.3.1 Выходная продукция

1.3.1.1 Каждый ММЦ, применяющий сложные глобальные модели ЧПП высокого разрешения, включая системы ансамблевого предсказания, должен подготавливать для распространения среди стран-членов и других центров ГСОД следующую продукцию, основываясь на перечне в пунктах 1.1–1.1.3 выше:

- a) продукцию глобального (для полушария) анализа;
- b) кратко-, средне-, увеличенной заблаговременности и долгосрочные прогнозы погоды на основе применения детерминистических и ансамблевых систем ЧПП с глобальным охватом, но предоставляемые, если это необходимо, отдельно для:
 - i) тропического пояса;
 - ii) средних и высоких широт или любого другого географического района в соответствии с потребностями стран-членов;
- c) диагностическую продукцию, относящуюся к климату, в особенности для тропических регионов;
- d) продукцию мониторинга качества окружающей среды, анализа, прогнозы и предсказания ее состояния.

1.3.1.2 Продукция глобальных моделей, требующаяся для удовлетворения нужд всех программ ВМО, должна предоставляться национальным и региональным центрам с наивысшим возможным разрешением с учетом технологических и других ограничений.

Исторические сезонные прогнозы на основе модели SL-AV

Период экспериментов – 1979-2003

Продолжительность прогностического периода – 4 месяца;

Оцениваемые сезоны – 4 сезона: зима, весна, лето, осень

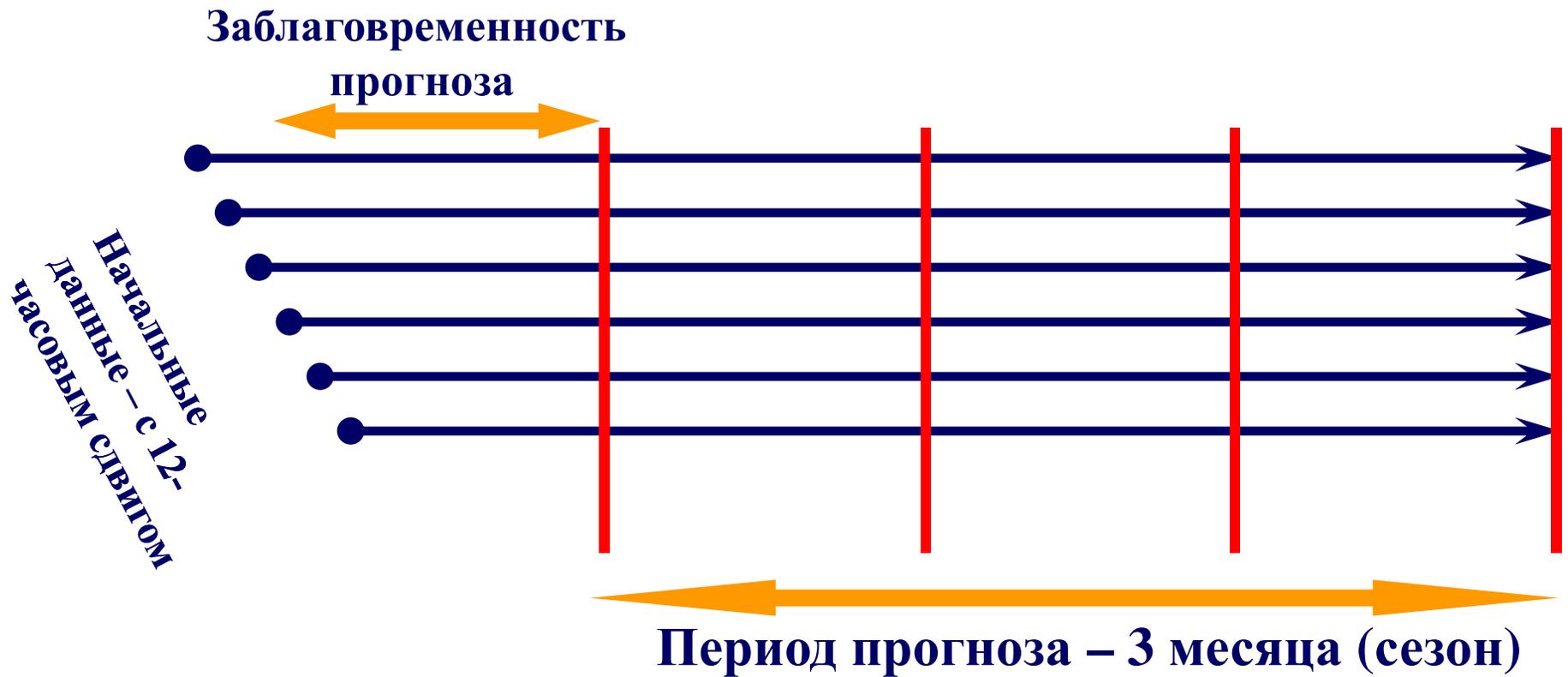
Потенциальная предсказуемость

- **План экспериментов - SMIP-2**
- **Размер прогностического ансамбля – 6 (по начальным данным реанализа NCEP/NCAR с 12-часовым сдвигом);**
- **Эталонный набор данных – реанализ NCEP/NCAR**

Практическая предсказуемость

- **План экспериментов - SMIP-2/HFR;**
- **Размер прогностического ансамбля – 10 (по начальным данным реанализа-2 NCEP/NCAR с 12-часовым сдвигом);**
- **Граничные условия – сохранение начальных аномалий ТПО;**
- **Эталонный набор данных – реанализ-2 NCEP/NCAR**

Схема построения ансамбля прогнозов



Оценки успешности детерминированных сезонных прогнозов

$$r = \frac{\overline{af}}{\sigma_a \sigma_f} \Big|_{l=l_0}$$

- Локальный коэффициент временной корреляции аномалий

a и f – фактическая и соответствующая прогностическая сезонные аномалии в фиксированном узле сетки $l=l_0$;

σ_a, σ_f – стандартные отклонения, характеризующие межгодовую изменчивость фактических и прогностических сезонных аномалий в узле $l=l_0$;

Горизонтальной чертой обозначено статистическое осреднение за годы, для которых были рассчитаны прогнозы.

$$\rho = \frac{\langle AF \rangle}{\sigma_A \sigma_F} \Big|_{j=j_0}$$

- Коэффициент пространственной корреляции аномалий

A, F – поля отклонений фактических и прогностических аномалий для года $j=j_0$ от их пространственных средних величин;

σ_A, σ_F – стандартные отклонения, характеризующие пространственную изменчивость фактических и средних по ансамблю прогностических сезонных аномалий для года $j=j_0$;

$\langle .. \rangle$ – пространственное осреднение.

Потенциальная предсказуемость

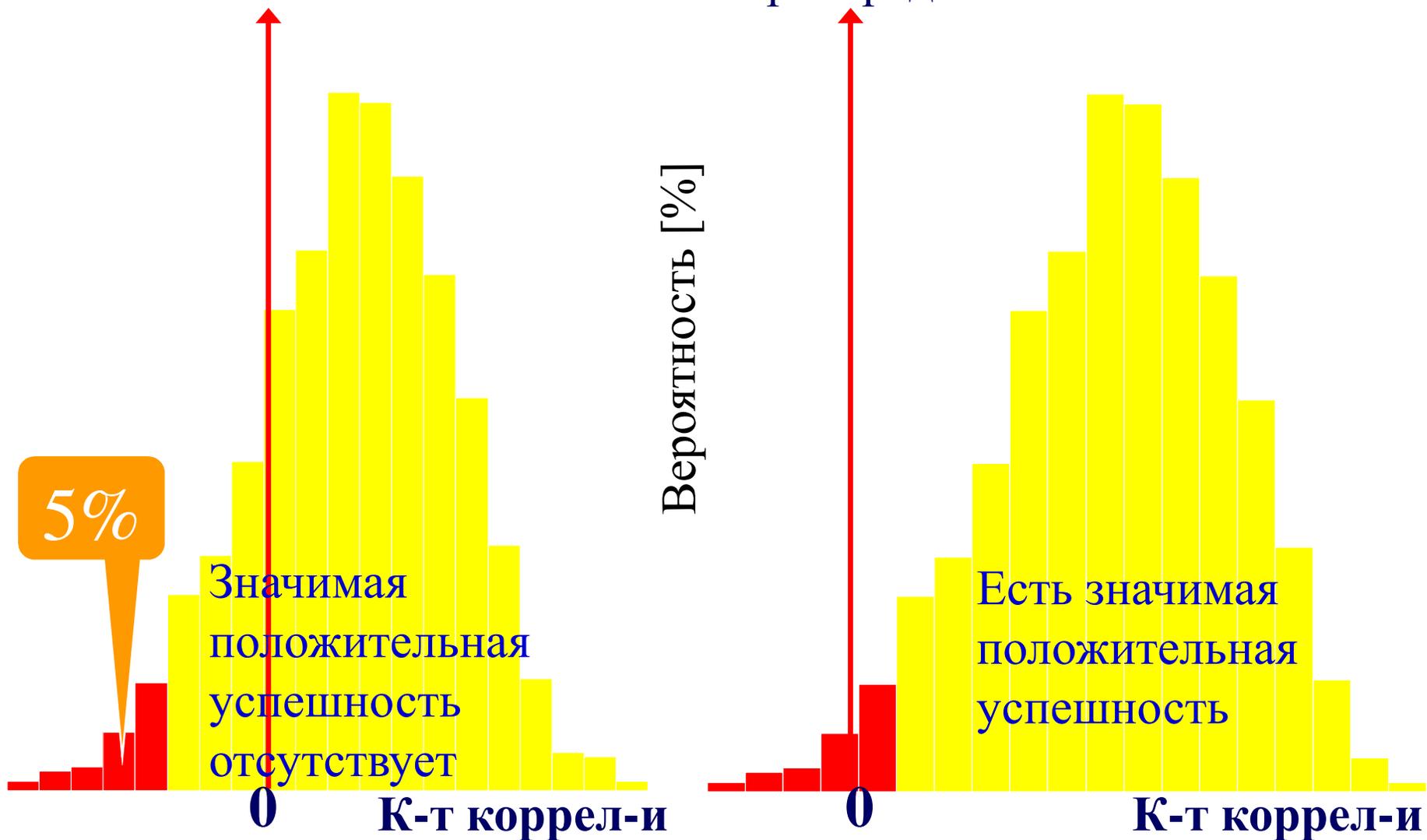
SMIP-2

**Средние коэффициенты корреляции $\langle r \rangle / \bar{\rho}$ для 3 регионов :
 20°N-90°N (верхний ряд в ячейке), 20°S-20°N (средний ряд),
 90°S-20°S (нижний ряд). Период: 1979-2003. Протокол: SMIP-2**

	ЗИМА	ВЕСНА	ЛЕТО	ОСЕНЬ
T850	0.296 / 0.228	0.200 / 0.258	0.272 / 0.155	0.301 / 0.170
	0.597 / 0.447	0.335 / 0.395	0.505 / 0.392	0.461 / 0.364
	0.292 / 0.282	0.226 / 0.296	0.393 / 0.377	0.352 / 0.361
H500	0.260 / 0.191	0.124 / 0.167	0.231 / 0.069	0.171 / 0.003
	0.730 / 0.204	0.459 / 0.094	0.502 / 0.047	0.533 / 0.154
	0.324 / 0.228	0.196 / 0.181	0.235 / 0.190	0.274 / 0.271
SLP	0.196 / 0.168	0.105 / 0.222	0.089 / 0.063	0.081 / -0.062
	0.511 / 0.473	0.333 / 0.501	0.457 / 0.507	0.457 / 0.485
	0.235 / 0.186	0.154 / 0.147	0.131 / 0.10	0.240 / 0.202
PREC	0.154 / 0.245	0.089 / 0.127	0.004 / -0.009	0.031 / 0.047
	0.252 / 0.264	0.228 / 0.234	0.247 / 0.243	0.243 / 0.220
	0.059 / 0.127	0.112 / 0.130	0.147 / 0.147	0.139 / 0.140

Проверка статистической значимости коэффициентов корреляции на основе техники бутстрепа. $H_0: \neg(r > 0)$.

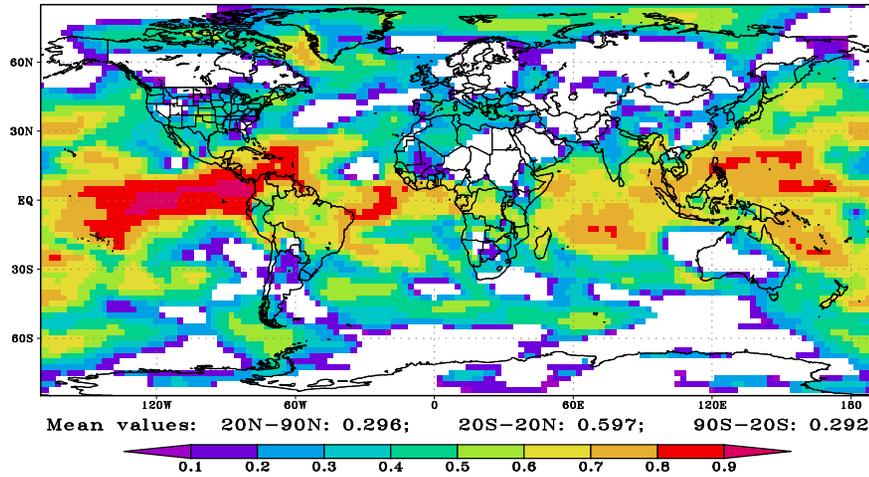
Попадает ли нулевое значение корреляции в левый 5%-й хвост распределения?



T850. ACC. SL-AV model. Months 2-4. Potential predictability. 1979-2002.

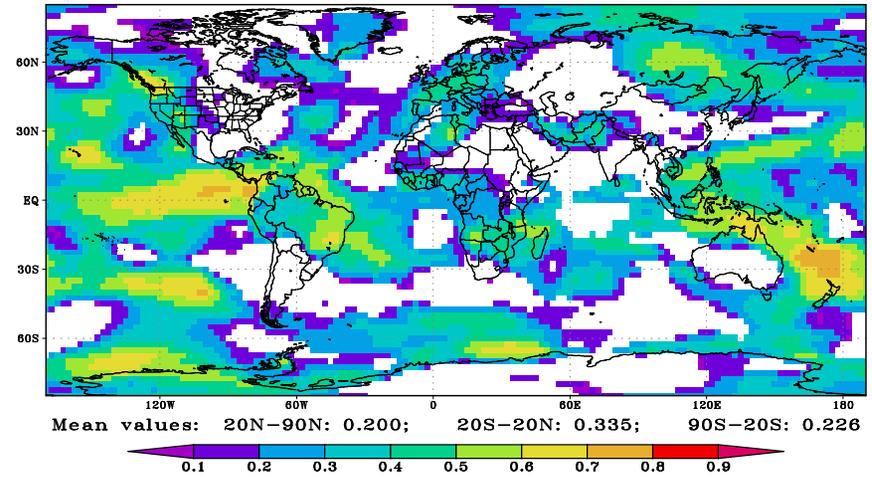
DJF

T850. DJF (Months 2-4). ACC. 1979-2002



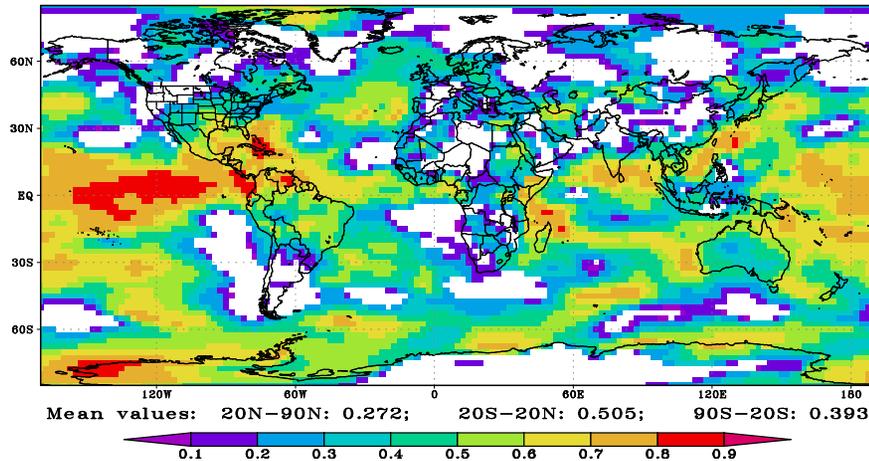
MAM

T850. MAM (Months 2-4). ACC. 1979-2002



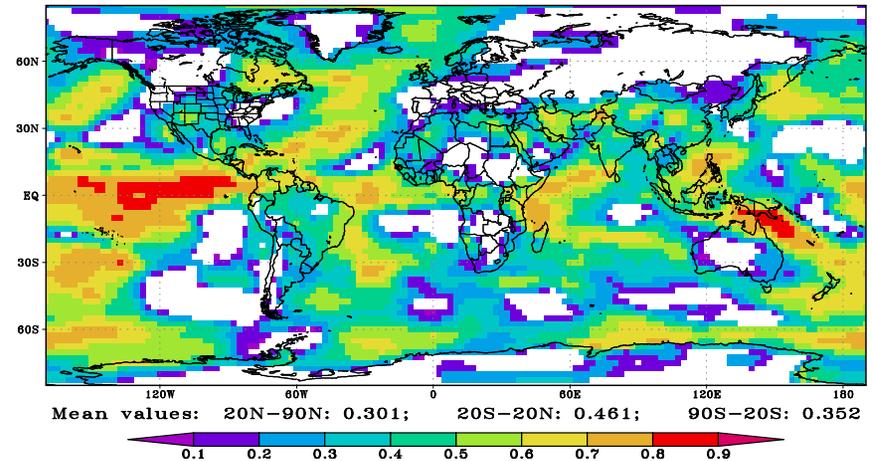
JJA

T850. JJA (Months 2-4). ACC. 1979-2002



SON

T850. SON (Months 2-4). ACC. 1979-2002



Сравнительная оперативная характеристика *ROC*

(*Relative Operating Characteristic*)

Пусть N - число вероятностных диапазонов, используемых при составлении прогноза, формулируемого в терминах M градаций аномалий.

Для каждого вероятностного диапазона n можно определить относительные доли случаев совпадений прогноза с фактом *HR* (*Hit Rate*)

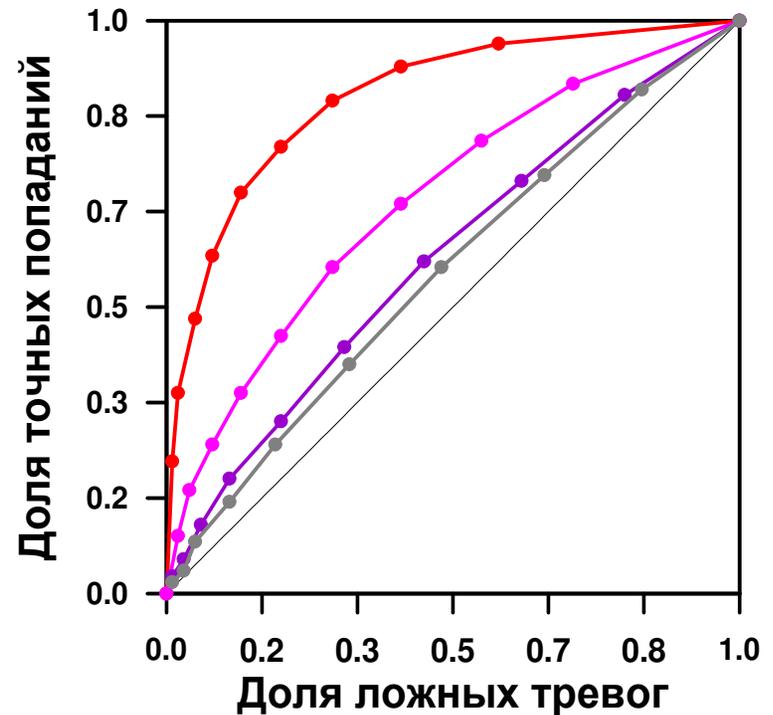
$$HR_n = \frac{\sum_{i=n}^N s_i^+}{\sum_{i=1}^N s_i^+}$$

и относительные доли ложных тревог *FAR* (*False Alarm Rate*)

$$FAR_n = \frac{\sum_{i=n}^N s_i^-}{\sum_{i=1}^N s_i^-}$$

где s_i^+ и s_i^- - общее количество попаданий и, соответственно, промахов при прогнозах некоторой градации (или градаций) в i -м вероятностном диапазоне.

Расчет s_i^+ и s_i^- проводится по данным всех членов прогностических ансамблей за весь период исторических прогнозов. Если полученные значения представить в виде графика соответствия *FAR* (по оси абсцисс) и *HR* (по оси ординат) для различных прогностических вероятностных градаций, дополнив график точками (0,0) и (1,1), то интегральный показатель *ROC* определяется как площадь под кривой этого графика.



Оценки ROC для исторических сезонных прогнозов модели SL-AV

Протокол: SMIP-2.

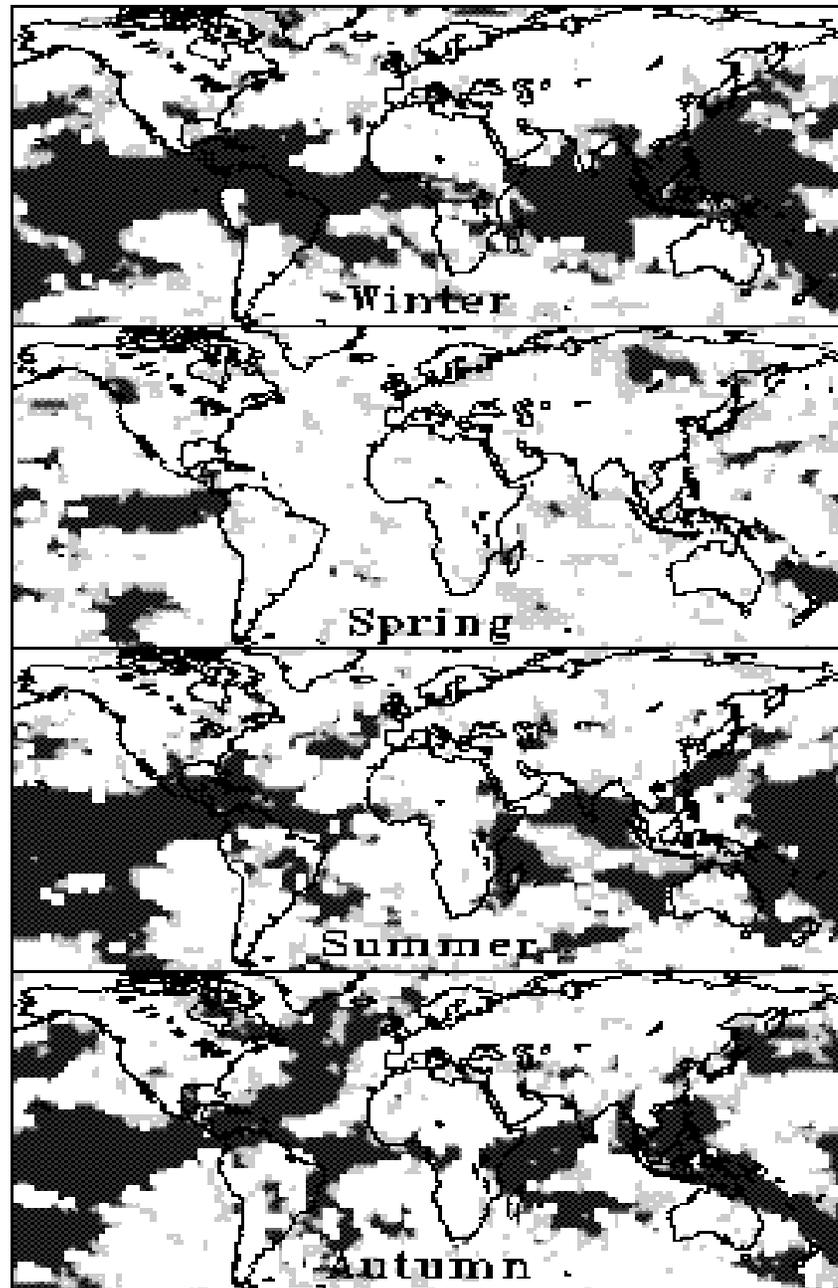
Период: 1979-2003.

Параметер: T850.

Месяцы: 2-4

Области с ROC < 0.55
показаны белым.

Области со
статистически
значимым полезным
сигналом выделены
черным цветом ($\alpha=0.05$)



**Т850. Оценки ROC для модели SL-AV.
Регион: 20N-90N. Месяцы: 2-4. 1979-2002.**

Сезон	Ниже нормы	Норма	Выше нормы	Все категории
ЗИМА	0.624	0.517	0.619	0.588
ВЕСНА	0.604	0.507	0.618	0.560
ЛЕТО	0.611	0.517	0.613	0.583
ОСЕНЬ	0.628	0.529	0.628	0.597

**T850. Оценки ROC для модели SL-AV.
Регион: 20S-20N. Месяцы: 2-4. 1979-2002.**

Сезон	Ниже нормы	Норма	Выше нормы	Все категории
ЗИМА	0.762	0.625	0.769	0.724
ВЕСНА	0.606	0.569	0.686	0.608
ЛЕТО	0.712	0.584	0.740	0.683
ОСЕНЬ	0.701	0.569	0.713	0.665

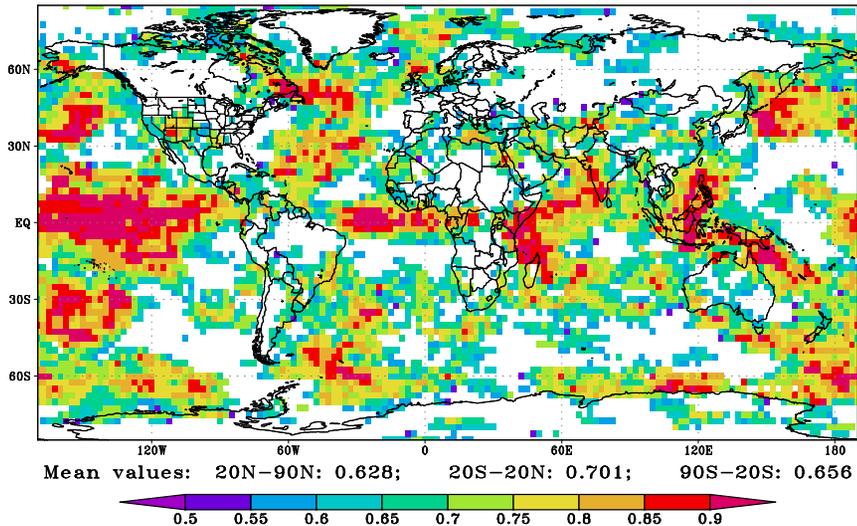
T850. ROC scores for the 3 categories

Period: DJF (Months 2-4)
1979-2002

Potential predictability

Below Normal

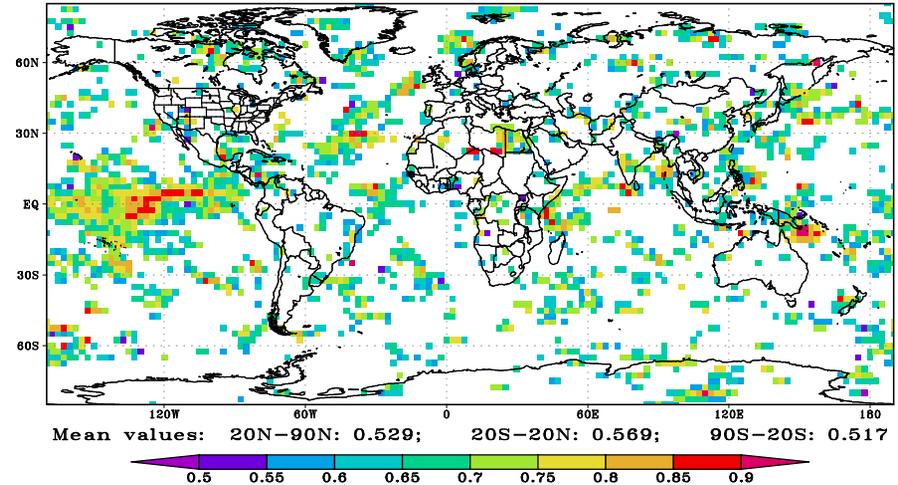
T850. SON (Months 2-4). ROC - Below Normal. 1979-2002



SL-AV Model

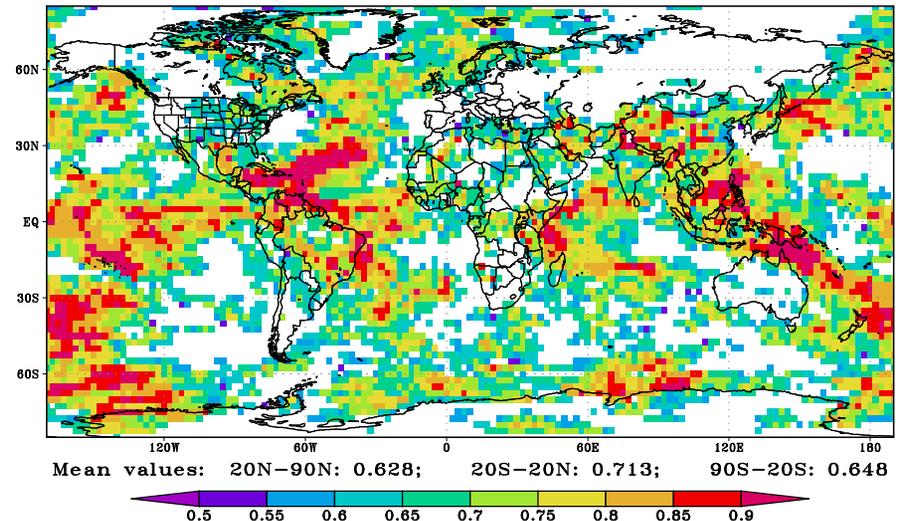
Normal

T850. SON (Months 2-4). ROC - Normal. 1979-2002



Above Normal

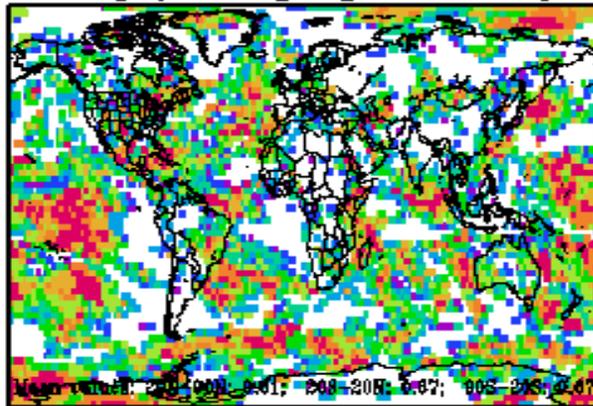
T850. SON (Months 2-4). ROC - Above Normal. 1979-2002



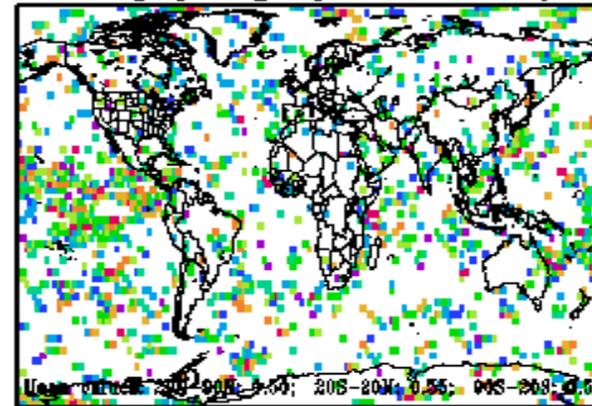
ROC, T850, JJA (Months 2-4)

00 00 0000

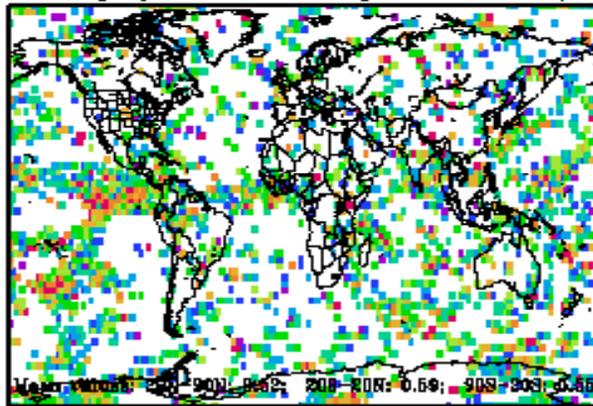
Category: Strong negative anomaly



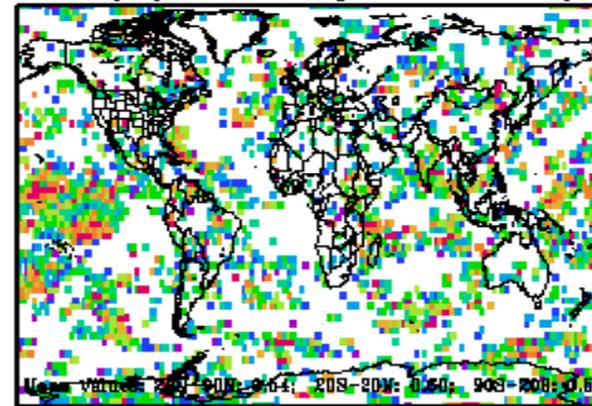
Category: Slight positive anomaly



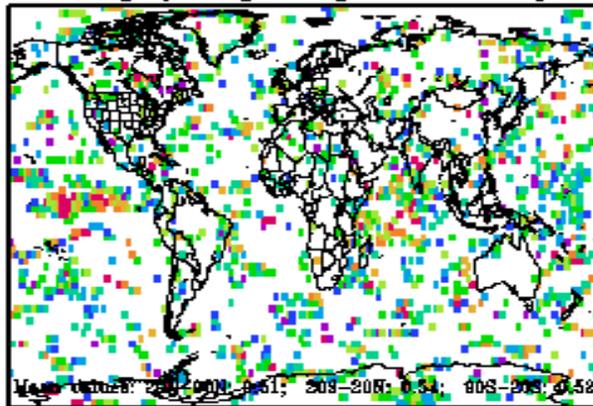
Category: Moderate negative anomaly



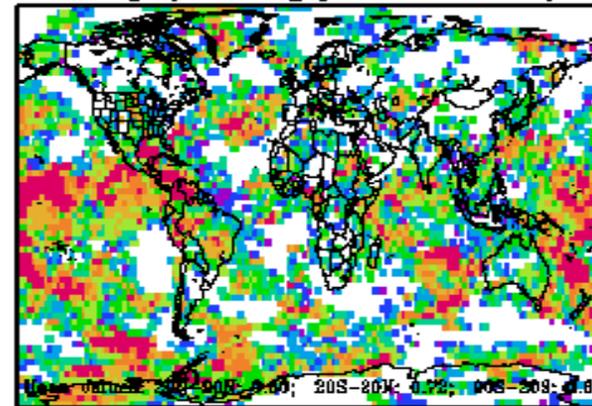
Category: Moderate positive anomaly



Category: Slight negative anomaly



Category: Strong positive anomaly



Интерпретация

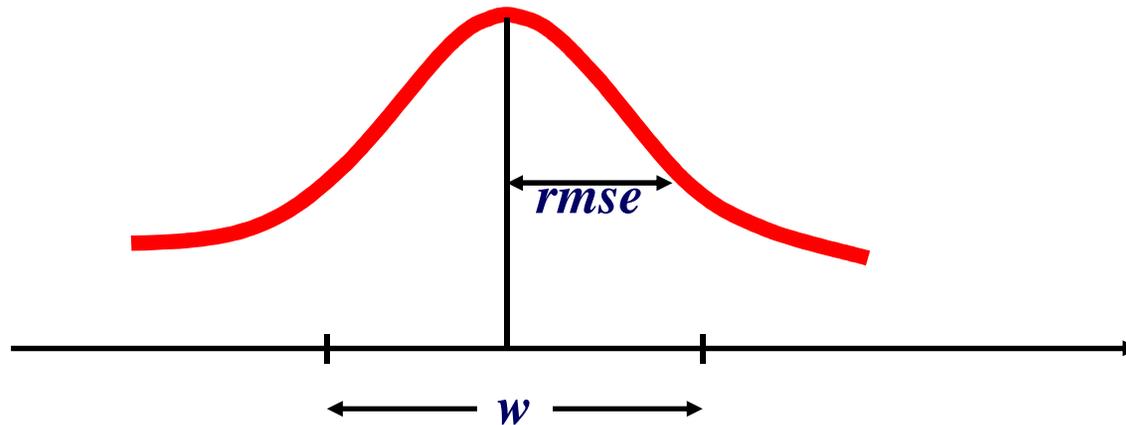
- **Эффект сильного внешнего воздействия на атмосферу;**
- **Особенности используемых характеристик успешности категорических прогнозов**

Н. Van den Dool and Z. Toth: Why do forecasts for “Near Normal” often fail?, Weather and Forecasting, Vol.6, p.76-85

Интерпретация-2

Пусть f и o – прогностическая и соответствующая фактическая аномалии;
<..<> - осреднение по совокупности прогнозов, предсказывающих аномалию f ;
 $mse = \langle (f-o)^2 \rangle$ - «локальная» квадратичная ошибка прогноза
($rmse$ – локальная среднеквадратическая ошибка прогноза);
 w – ширина прогностической категории (для категориального прогноза)

Условное распределение вероятностей соответствия факта прогнозу i -й категории в случае отсутствия в категориальных прогнозах систематического смещения ($\langle f-o \rangle = 0$)

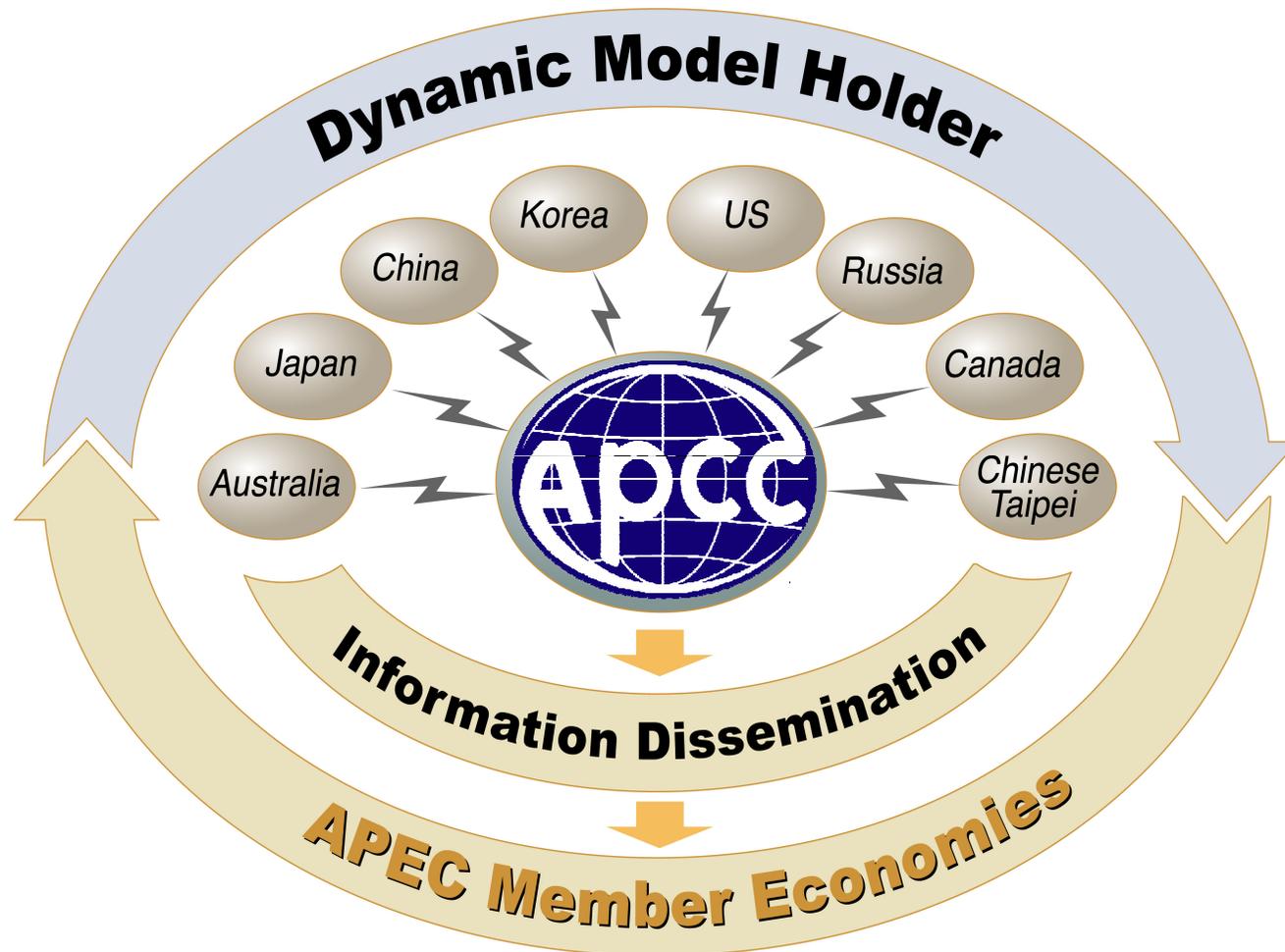


Соотношение $rmse/w$ уменьшается с увеличением величины аномалии $f \Rightarrow$
вероятность прогностического «промаха» снижается для более широких категорий

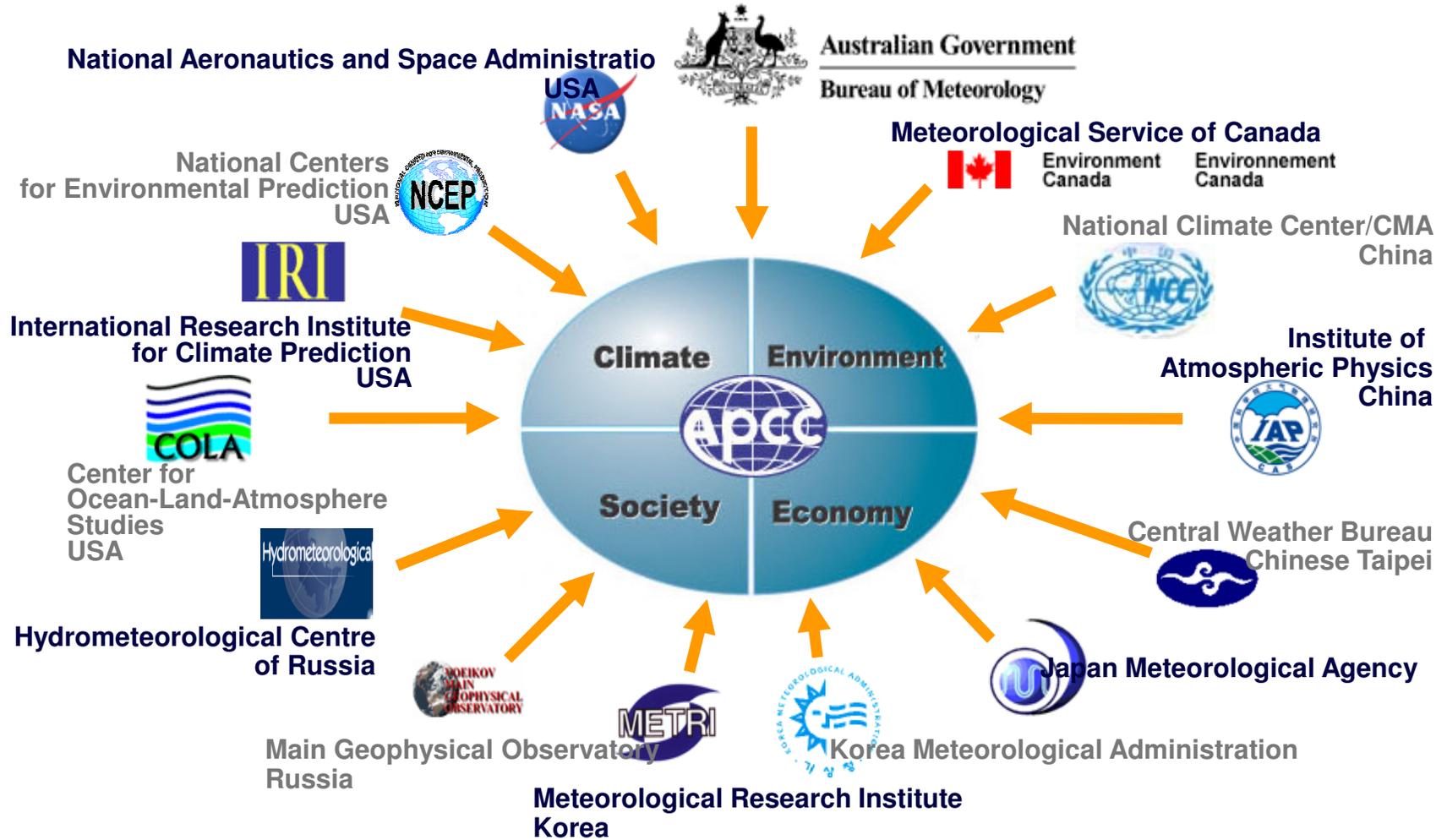
Практическая предсказуемость

SMIP-2/HFP

International Cooperation

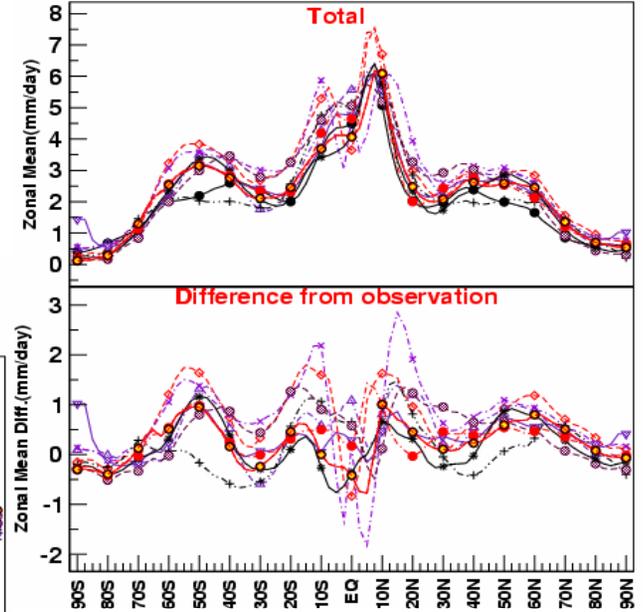


Multi-Institutional Cooperation



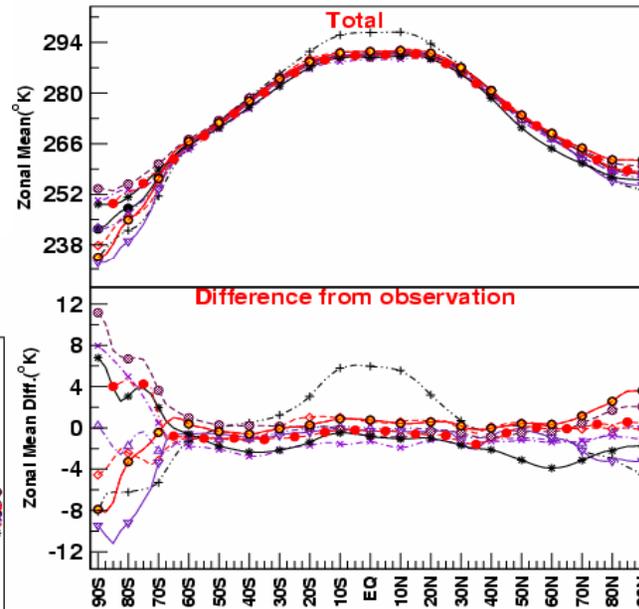
Zonal Distribution: ANN

Precipitation



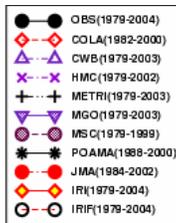
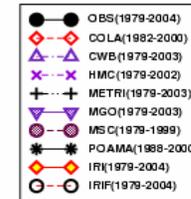
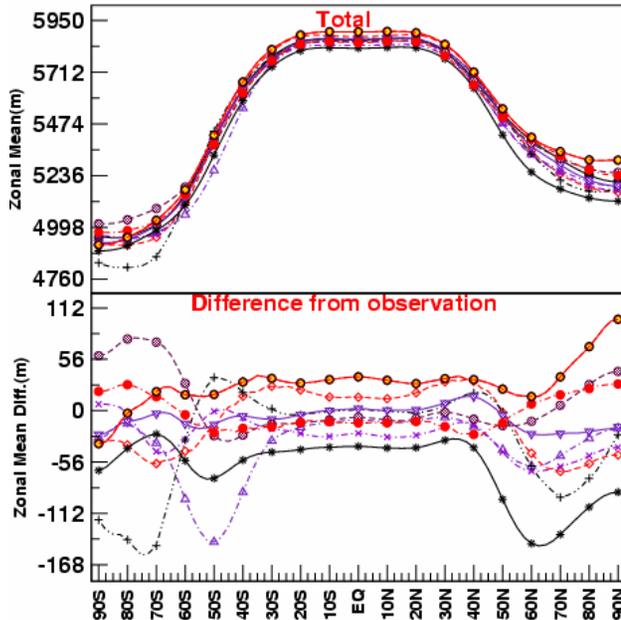
Zonal Distribution: ANN

Temperature at 850hpa

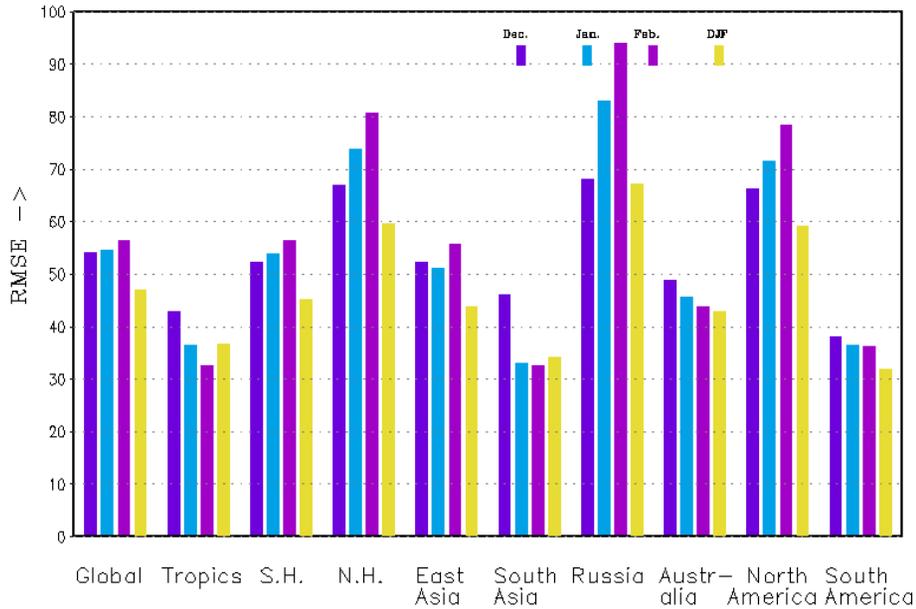


Zonal Distribution: ANN

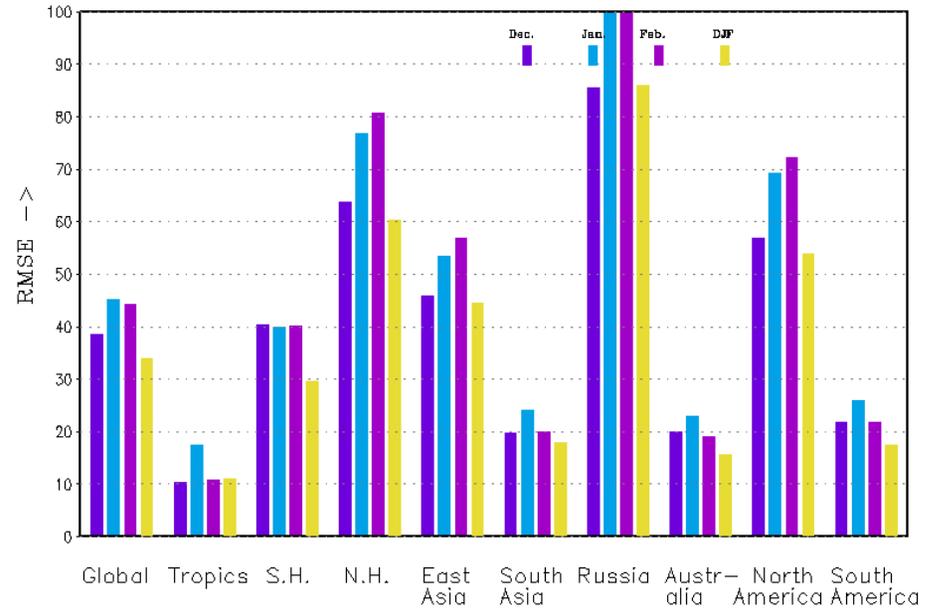
Geopotential Height at 500hpa



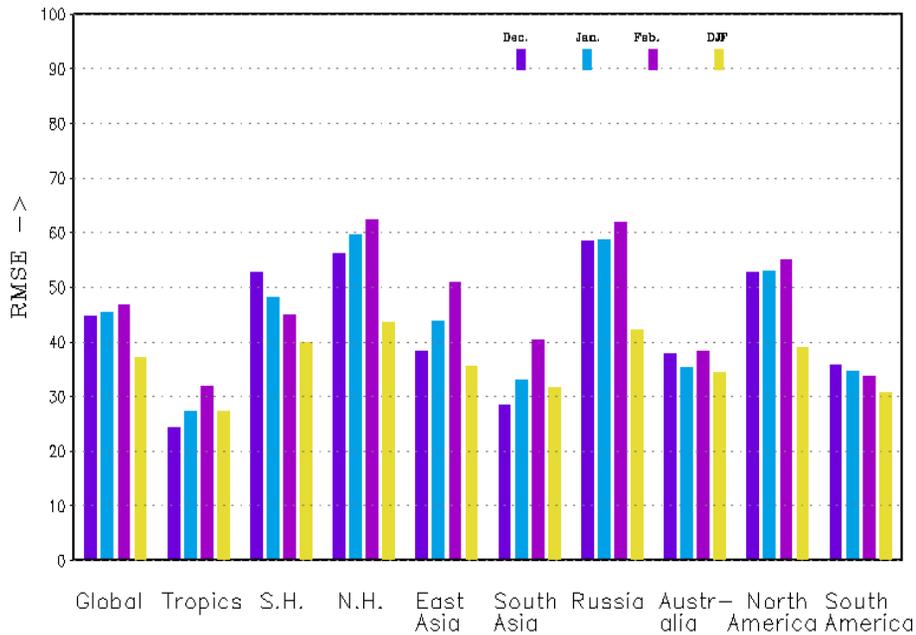
Root Mean Square Score HMC z500 DJF
Hindcast 1979-99



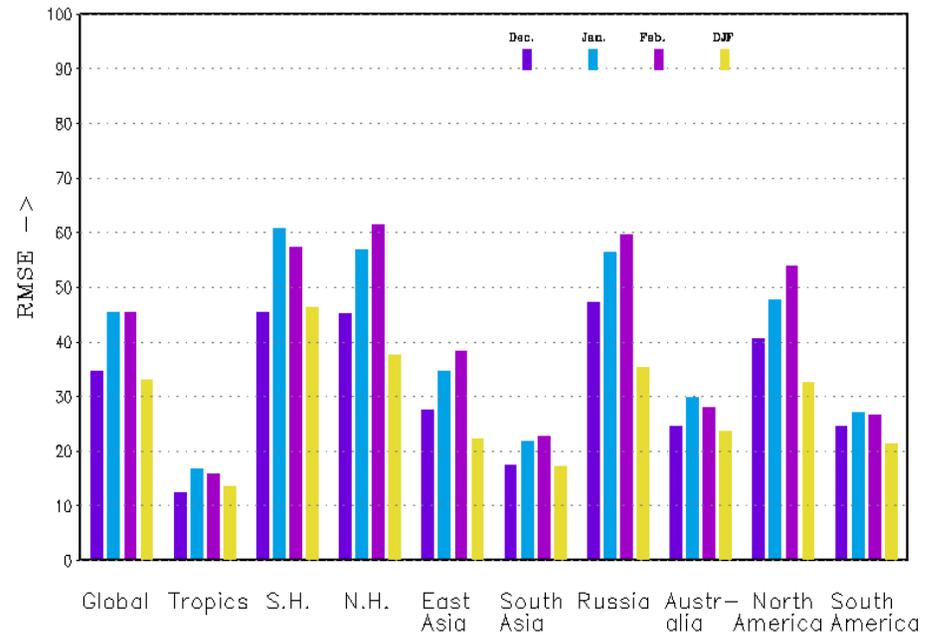
Root Mean Square Score MGO z500 DJF
Hindcast 1979-99



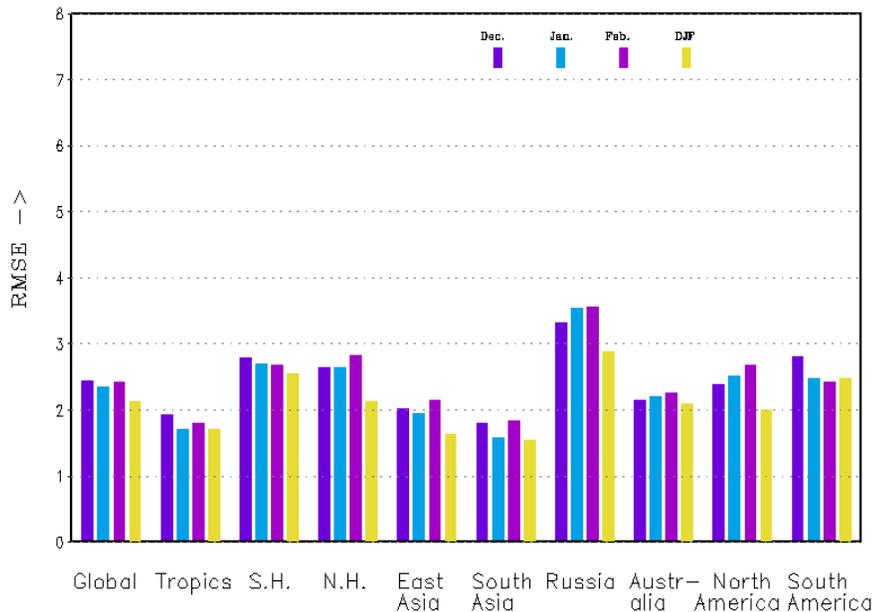
Root Mean Square Score IRI z500 DJF
Hindcast 1979-99



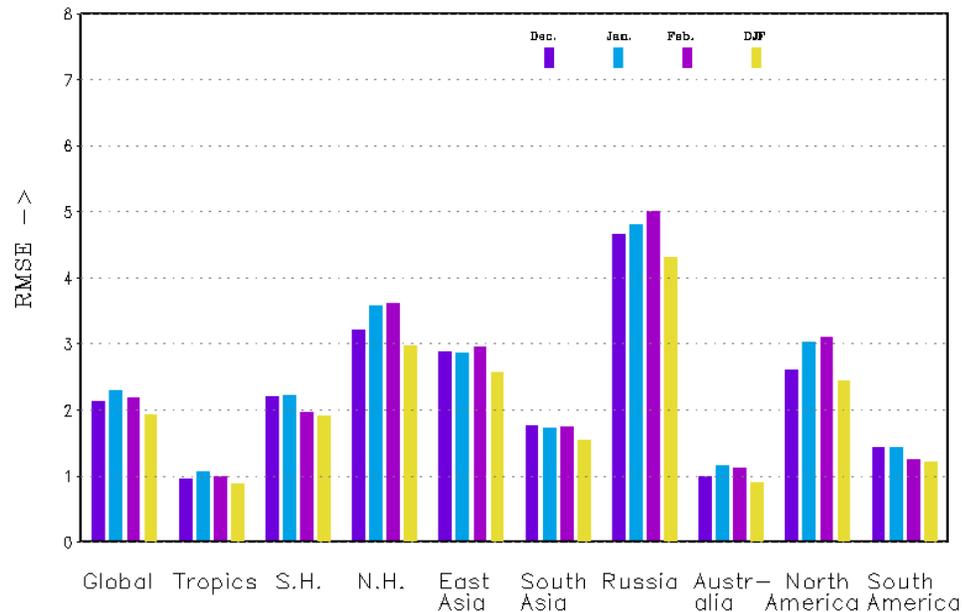
Root Mean Square Score JMA z500 DJF
Hindcast 1979-99



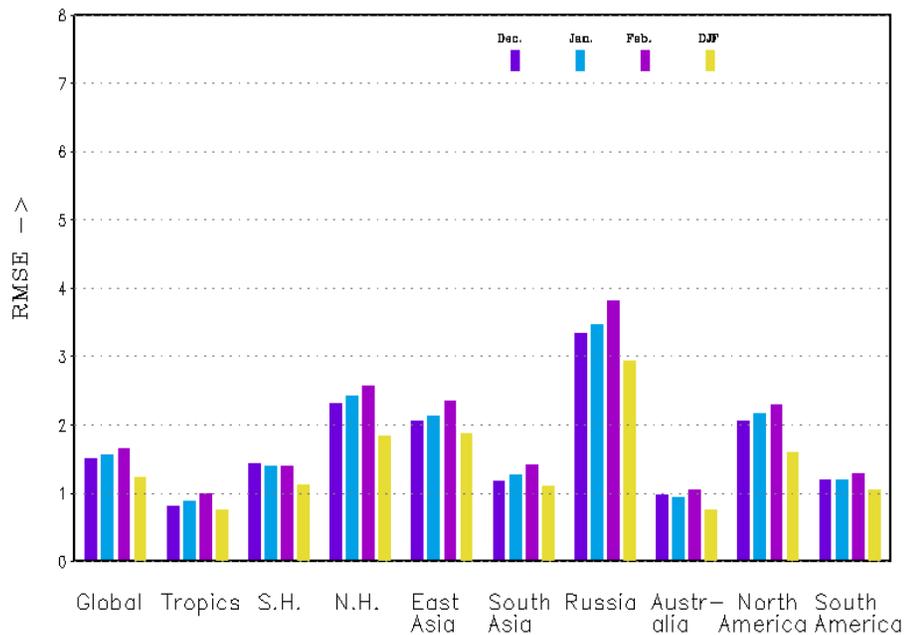
Root Mean Square Score HMC t850 DJF
Hindcast 1979-99



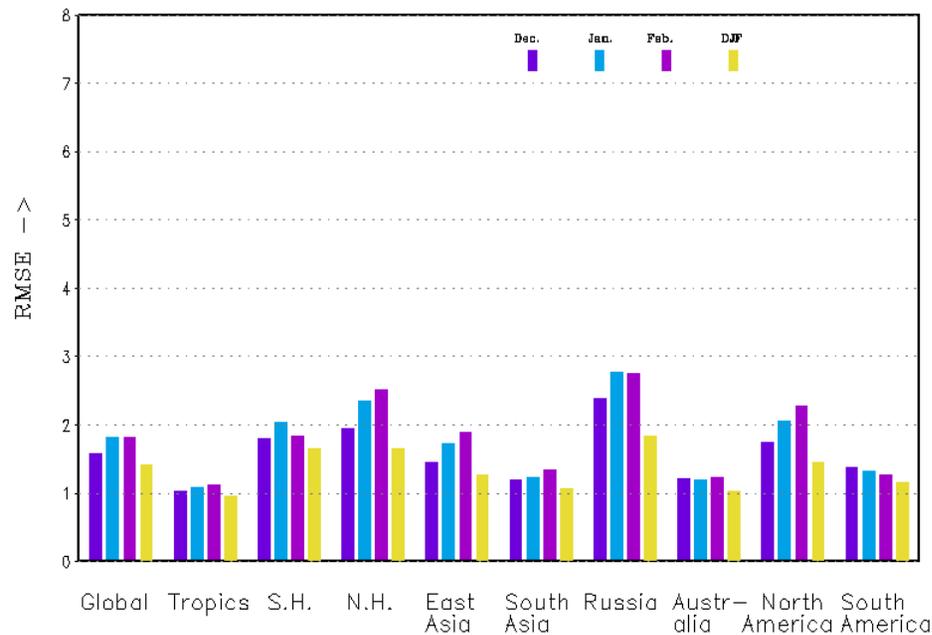
Root Mean Square Score MGO t850 DJF
Hindcast 1979-99



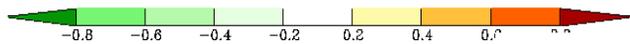
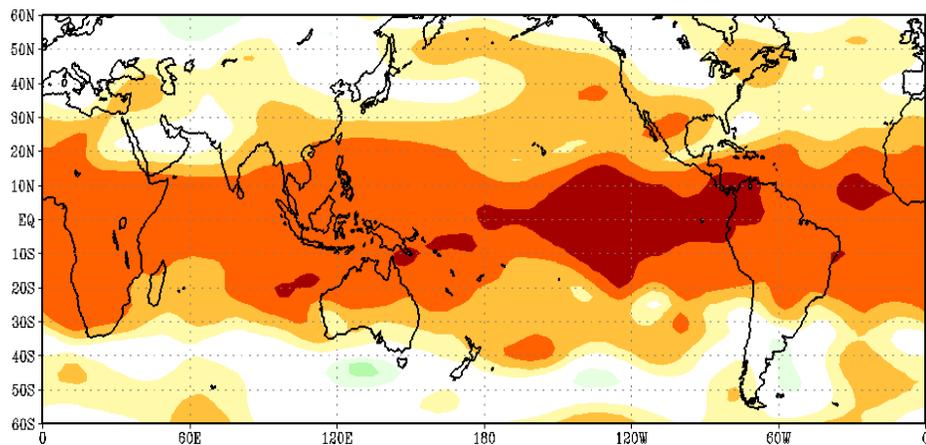
Root Mean Square Score IRI t850 DJF
Hindcast 1979-99



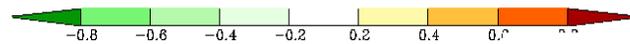
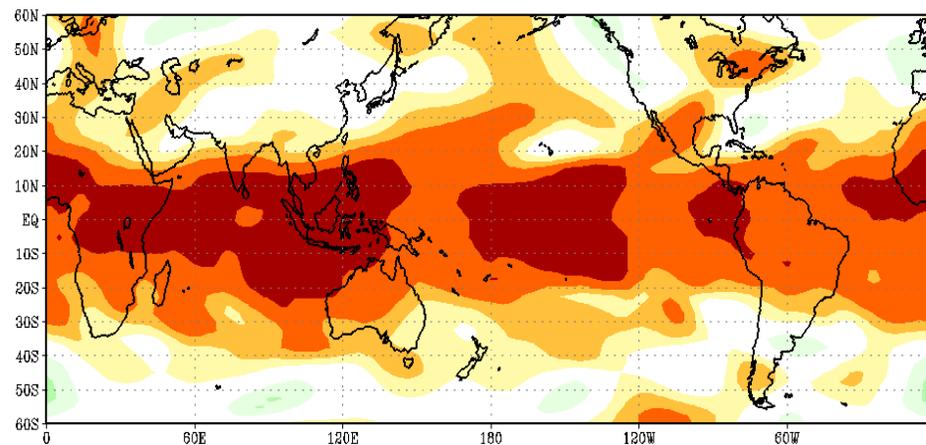
Root Mean Square Score JMA t850 DJF
Hindcast 1979-99



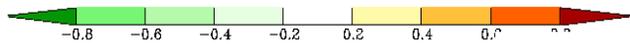
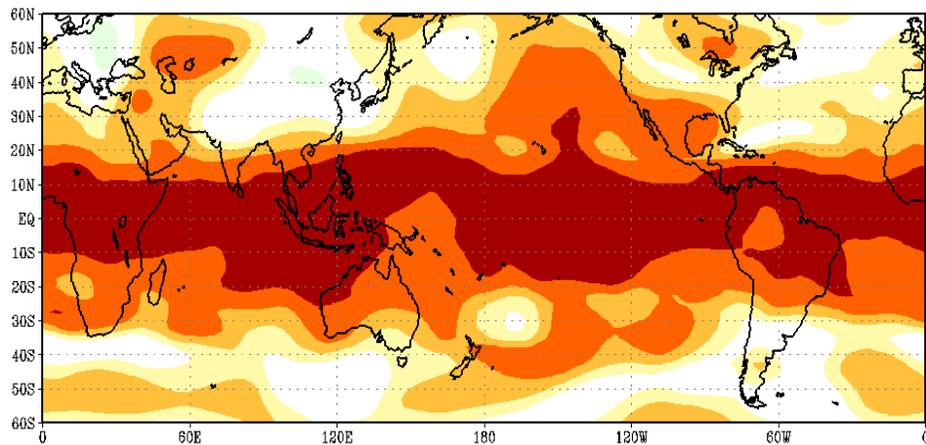
Total Correlation Coeff. HMC z500 DJF



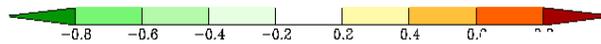
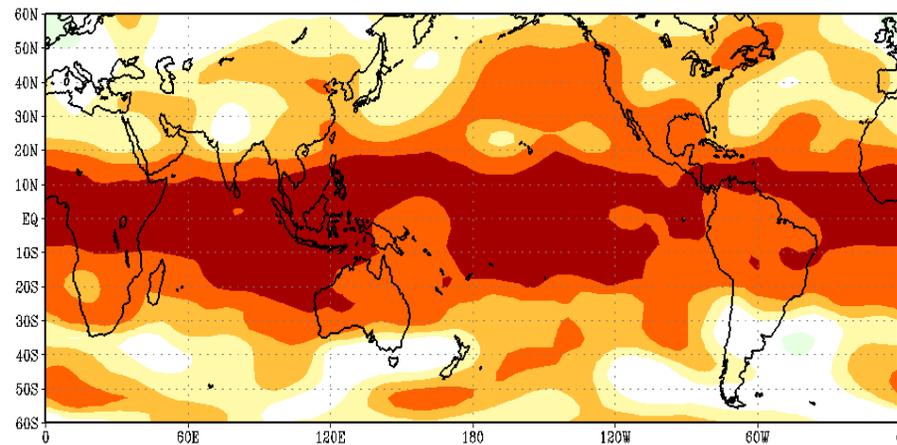
Total Correlation Coeff. MGO z500 DJF



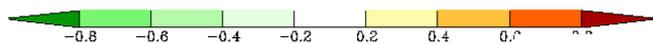
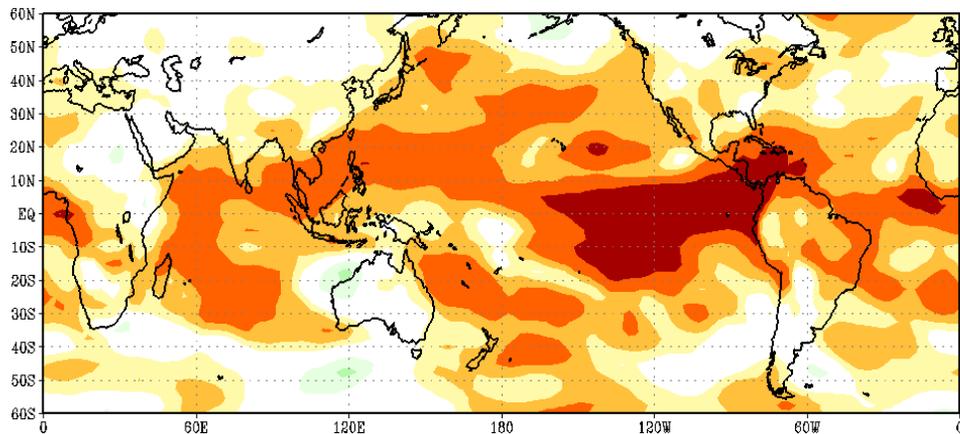
Total Correlation Coeff. IRI z500 DJF



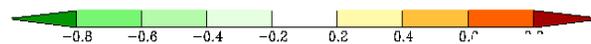
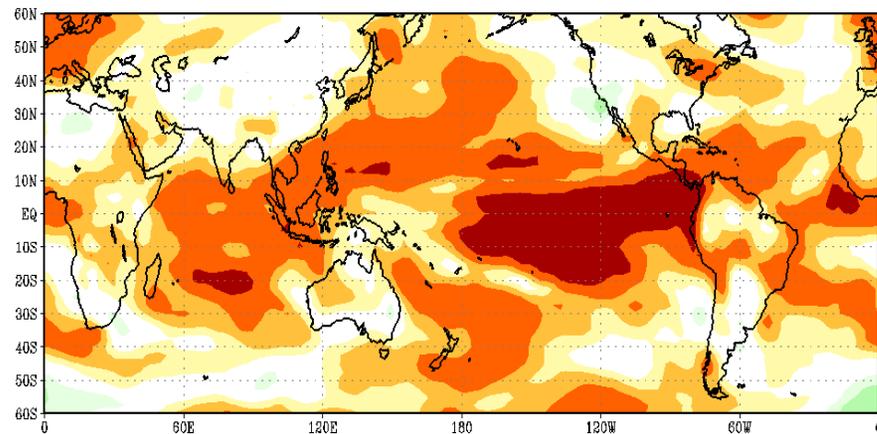
Total Correlation Coeff. JMA z500 DJF



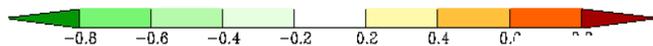
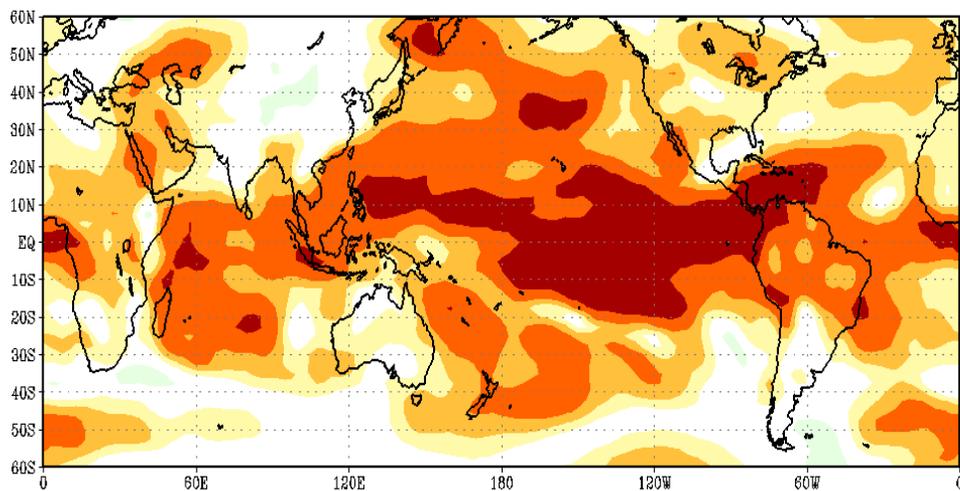
Total Correlation Coeff. HMC t850 DJF



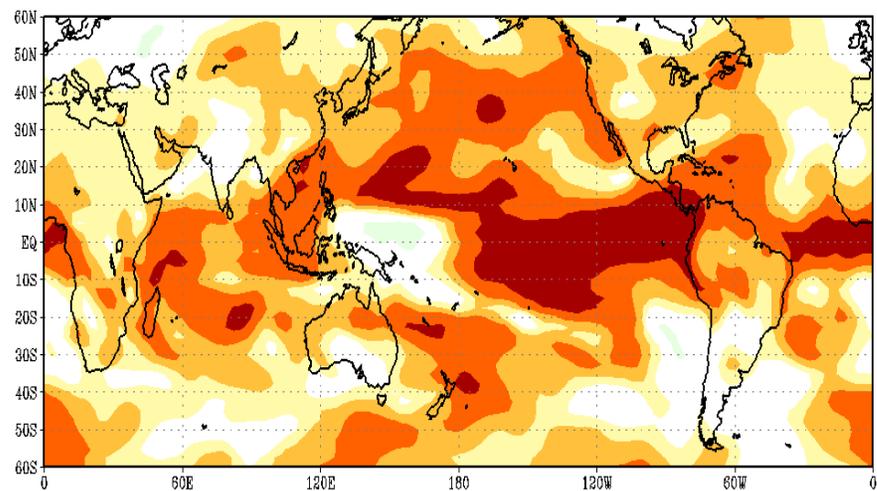
Total Correlation Coeff. MGO t850 DJF



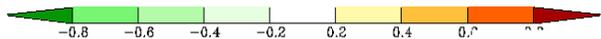
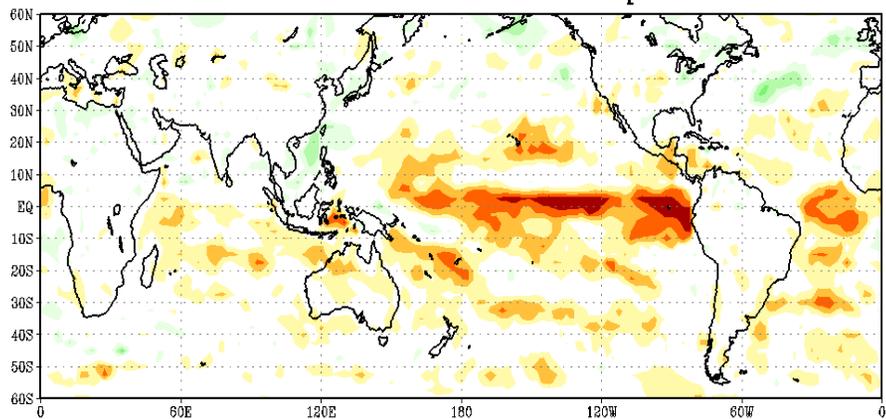
Total Correlation Coeff. IRI t850 DJF



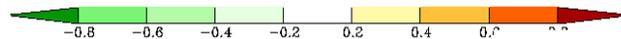
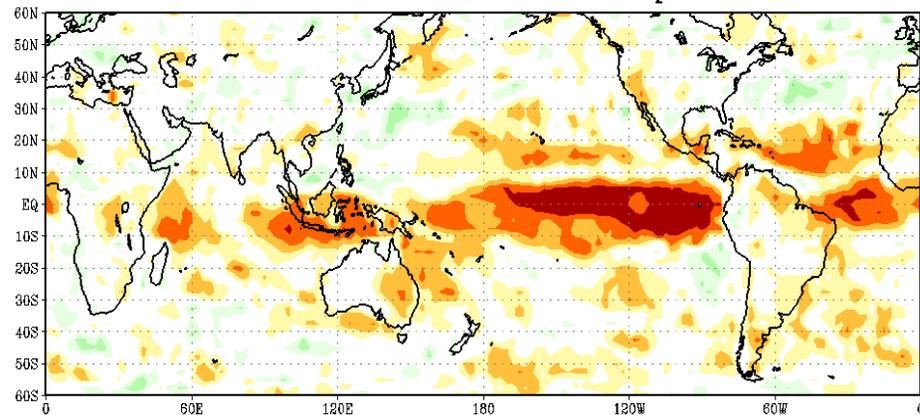
Total Correlation Coeff. JMA t850 DJF



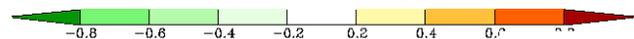
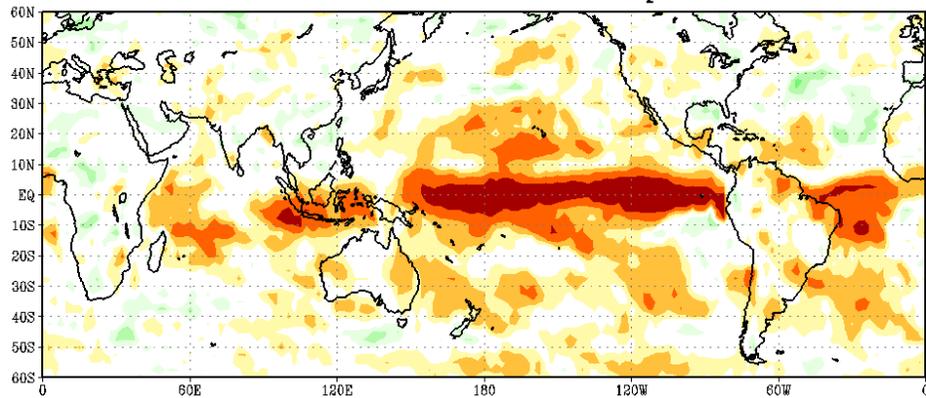
Total Correlation Coeff. HMC prec JJA



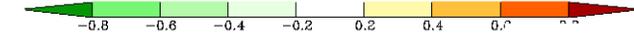
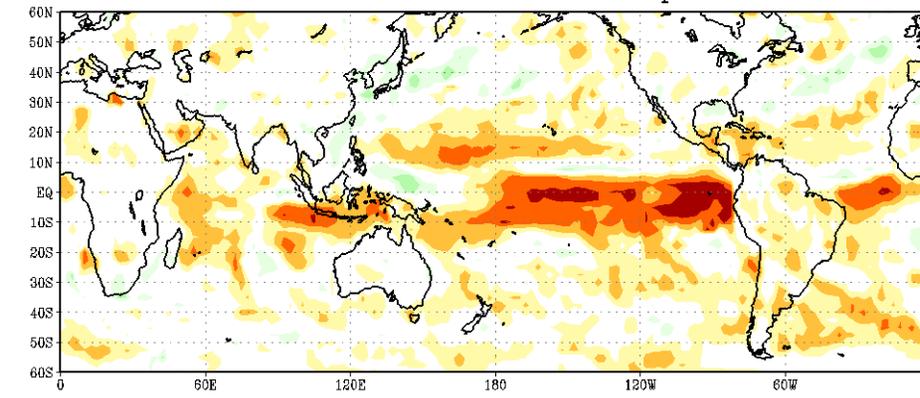
Total Correlation Coeff. MGO prec JJA



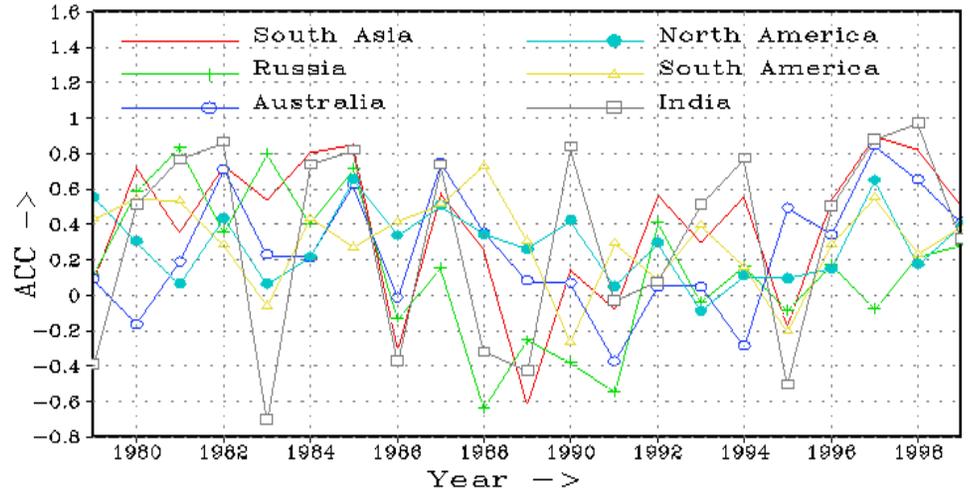
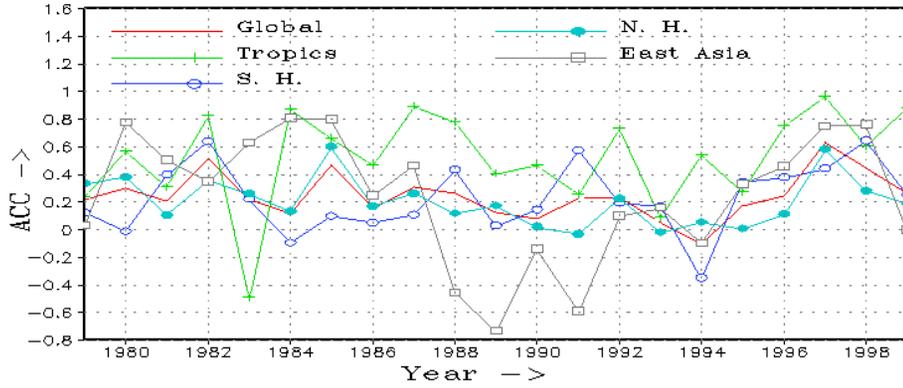
Total Correlation Coeff. IRI prec JJA



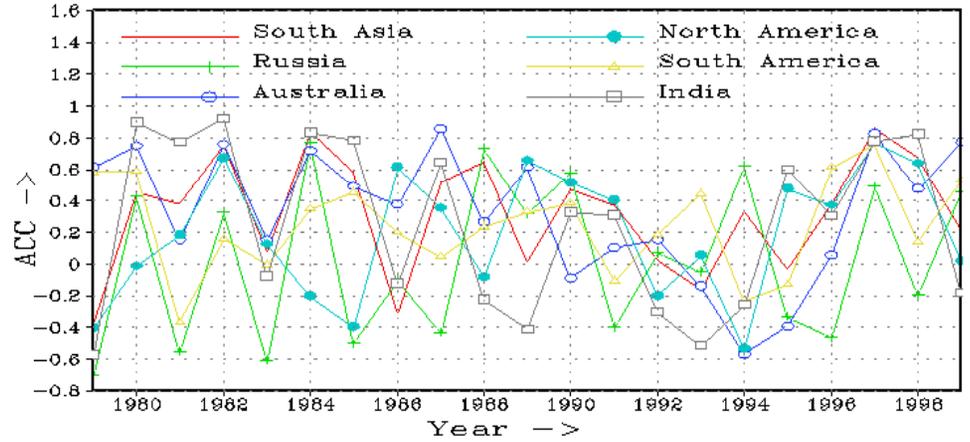
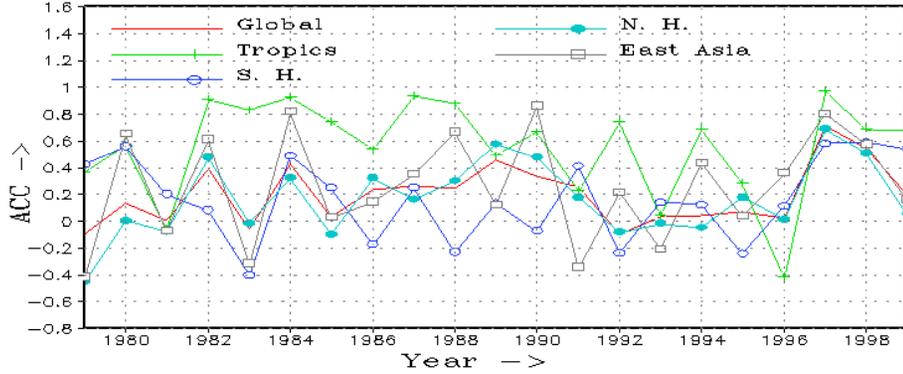
Total Correlation Coeff. JMA prec JJA



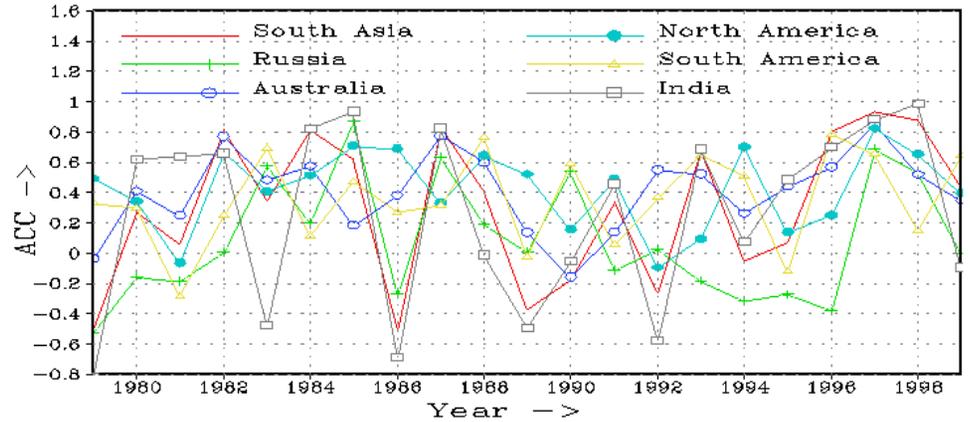
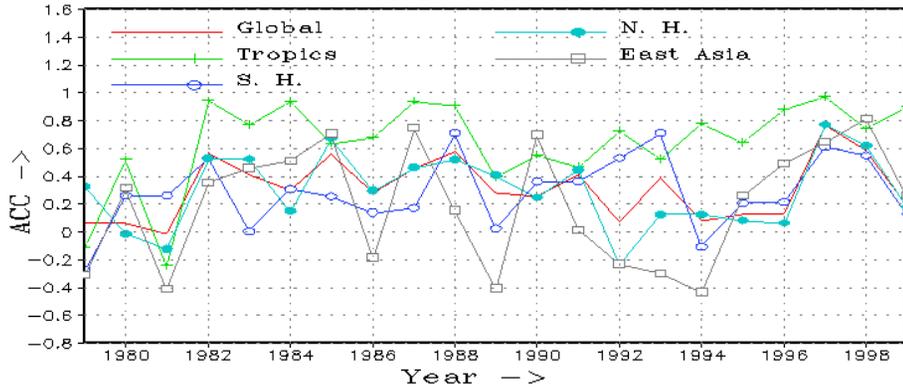
Ano. Corr. Coeff. HMC z500 DJF



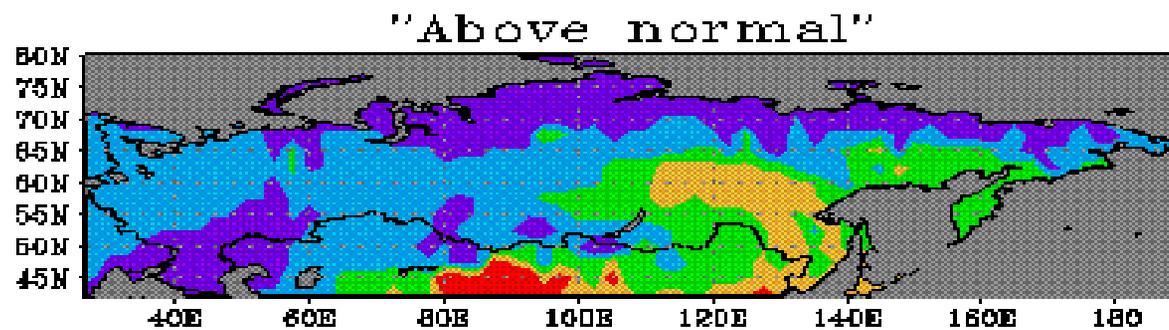
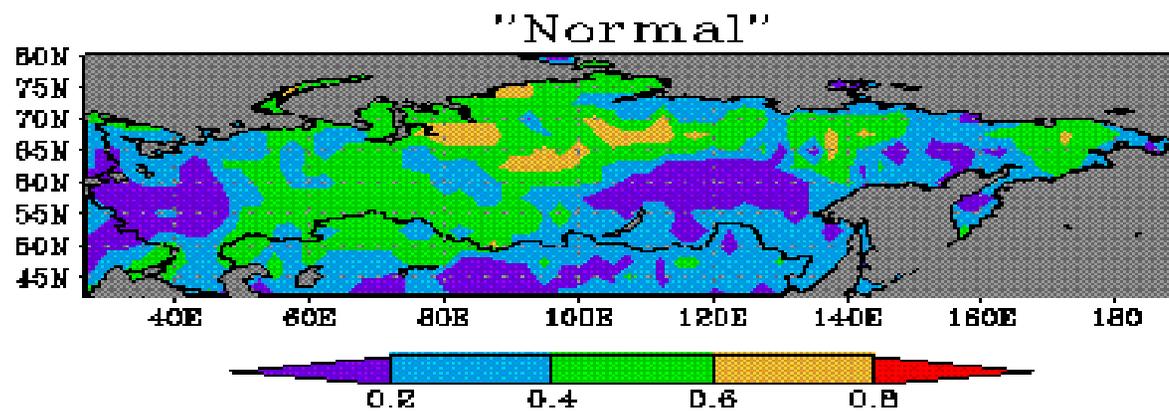
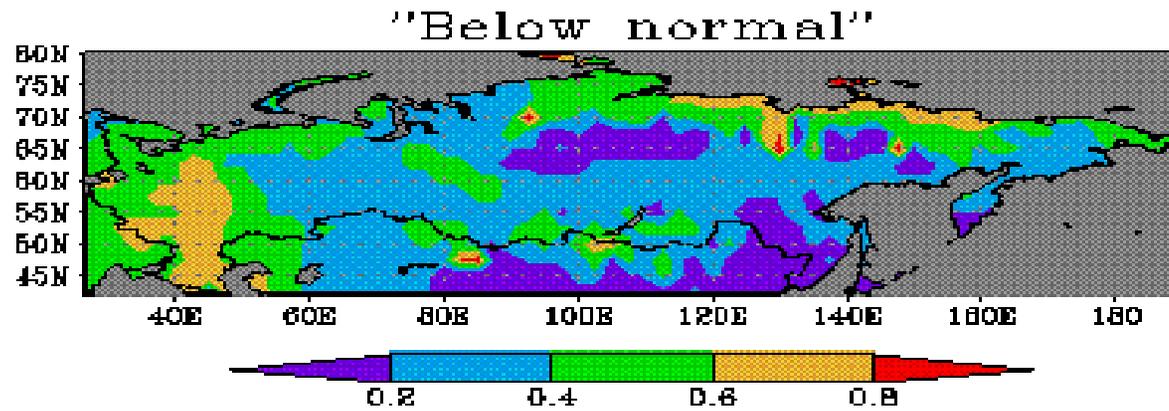
Ano. Corr. Coeff. MGO z500 DJF



Ano. Corr. Coeff. IRI z500 DJF



T850 anomalies. Period: Winter 2005–2006
Probabilities of tercile categories.



[POTENTIAL SEASONAL PREDICTABILITY - RESULTS OF SMIP-2 EXPERIMENTS](#)

[SKILL MAPS - ACTUAL PREDICTABILITY FOR THE FORECAST SEASON](#)

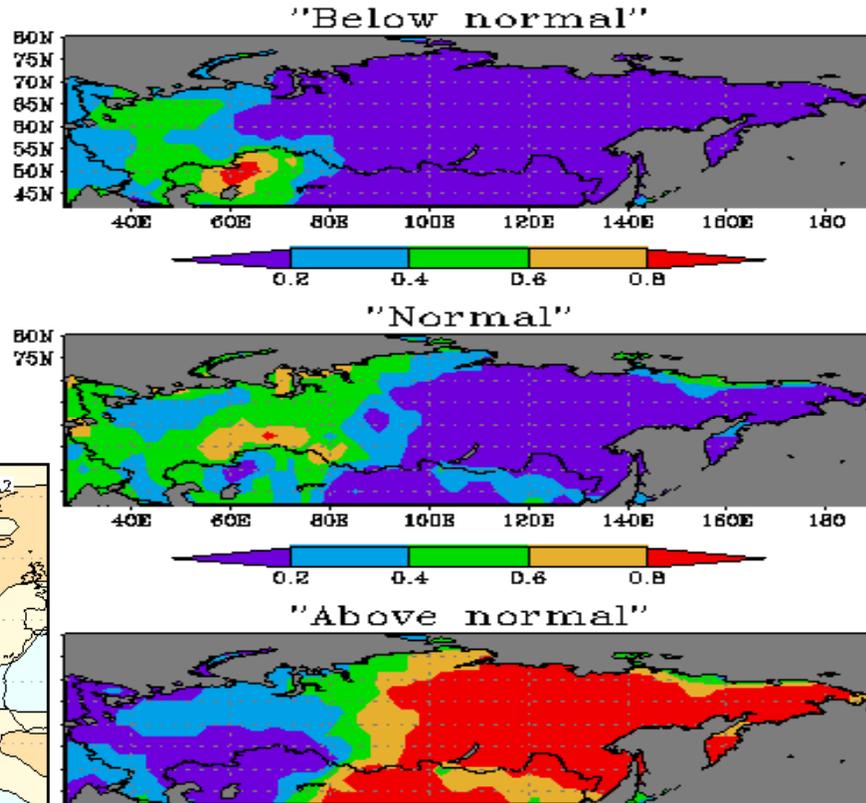
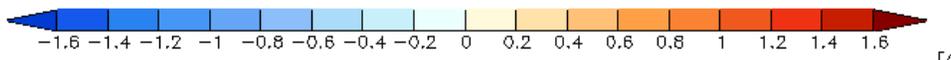
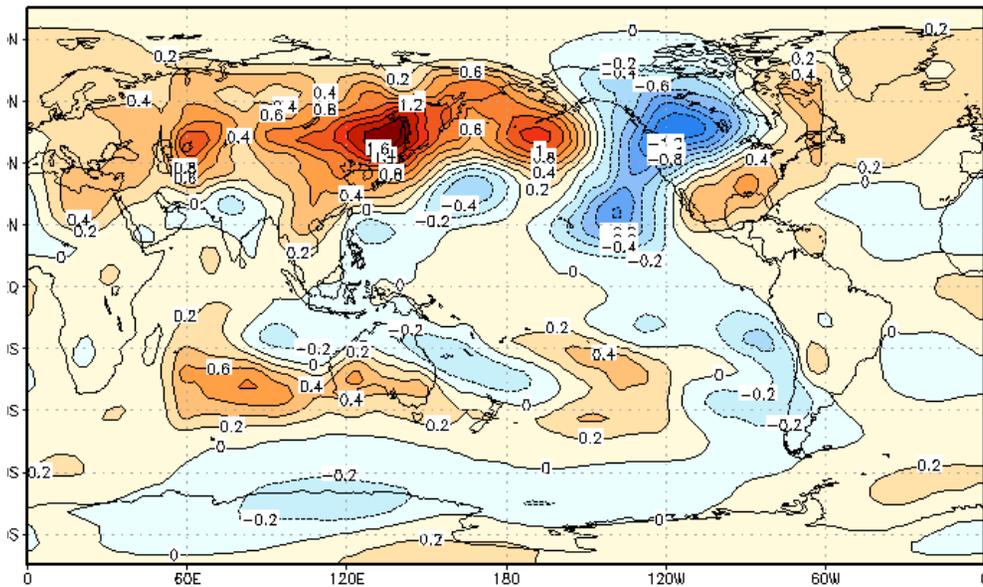
[LONG RANGE FORECAST VERIFICATION METHODOLOGY](#)

[Forecast model description](#)

! This product is considered to be EXPERIMENTAL. It is important to be aware of its imperfection. Please take into account the skill maps to understand this forecast limitations.

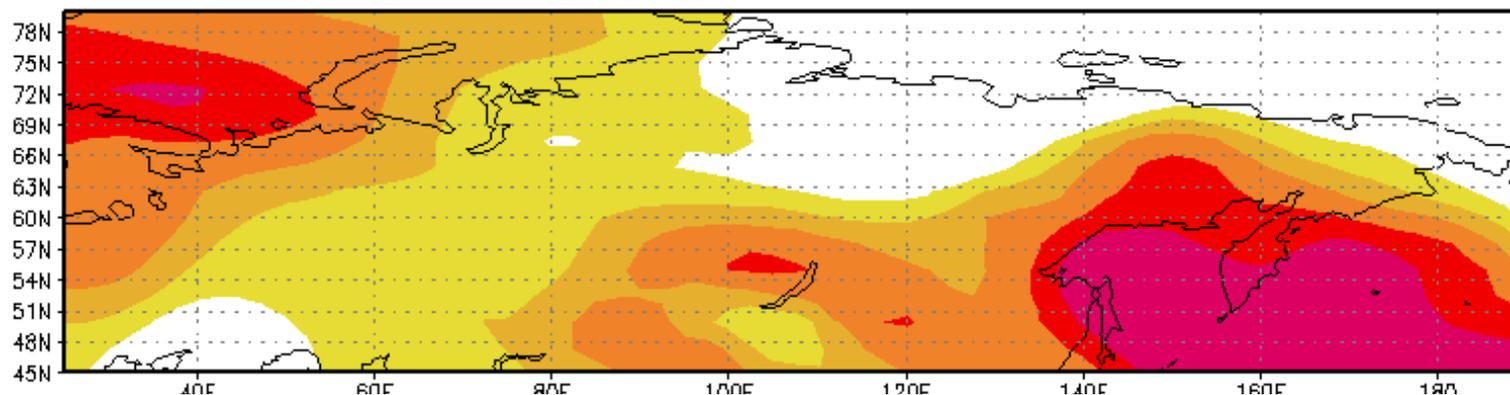
T850 anomalies. Period: Autumn 2006
Probabilities of tercile categories.

850 hPa Temperature Anomaly
APCC_MME, SON 2006

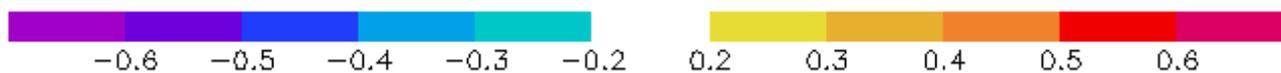
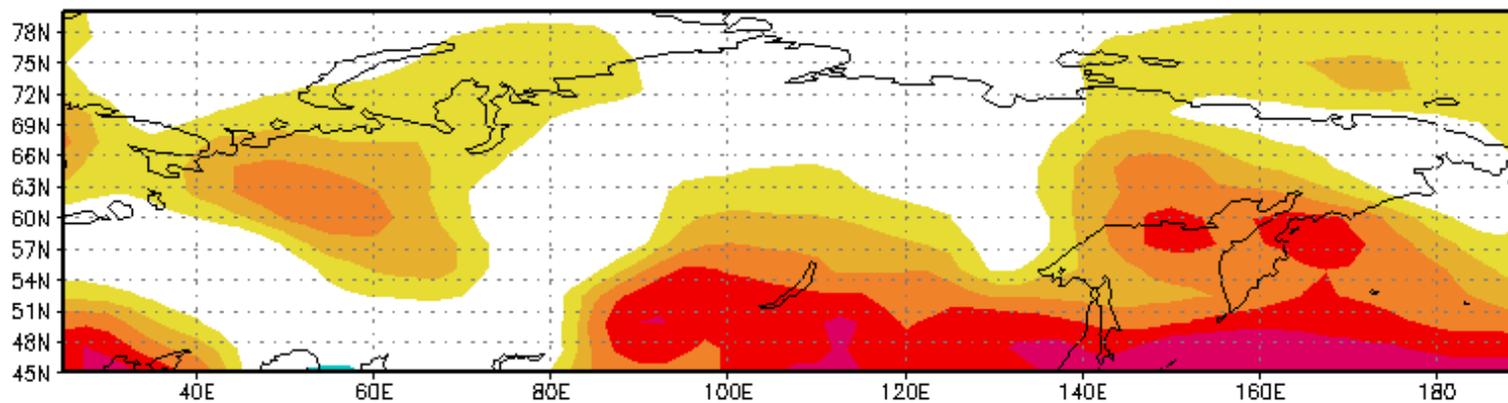


Коэффициенты корреляции для мульти- модельного ансамбля АРСС (по данным исторических прогнозов)

Correlation



Correlation



Т850, зима (вверху), лето (внизу)

Резюме

- **Представлены результаты экспериментов с моделью SL-AV по исследованию предсказуемости средних сезонных аномалий метеорологических параметров. Полученные предварительные оценки можно рассматривать как отсчетный уровень для дальнейшего развития технологии гидродинамико-статистического долгосрочного прогноза.**
- **Оценки свидетельствуют о наличии значимой успешности сезонных прогнозов крупномасштабной циркуляции в тропиках. Для большей части территории России для рассматриваемых временных масштабов результаты оценки успешности прогнозов нельзя назвать оптимистичными. Тем не менее, на этом фоне имеются регионы, периоды и метеорологические параметры, для которых есть надежда на получение полезного прогностического сигнала.**
- **Предварительные оценки не позволяют рассчитывать на скорое достижение высокого качества результатов сезонных прогнозов. Однако сезонные прогнозы являются естественным полигоном для испытания и совершенствования гидродинамических моделей и для улучшения качества прогнозов на более короткие сроки (в частности для прогнозов на месяц), где получение практически значимых результатов уже сегодня вполне реально.**