

# **Computational module of geoinformational web-system for climate change analysis: method, data and results for Siberia**

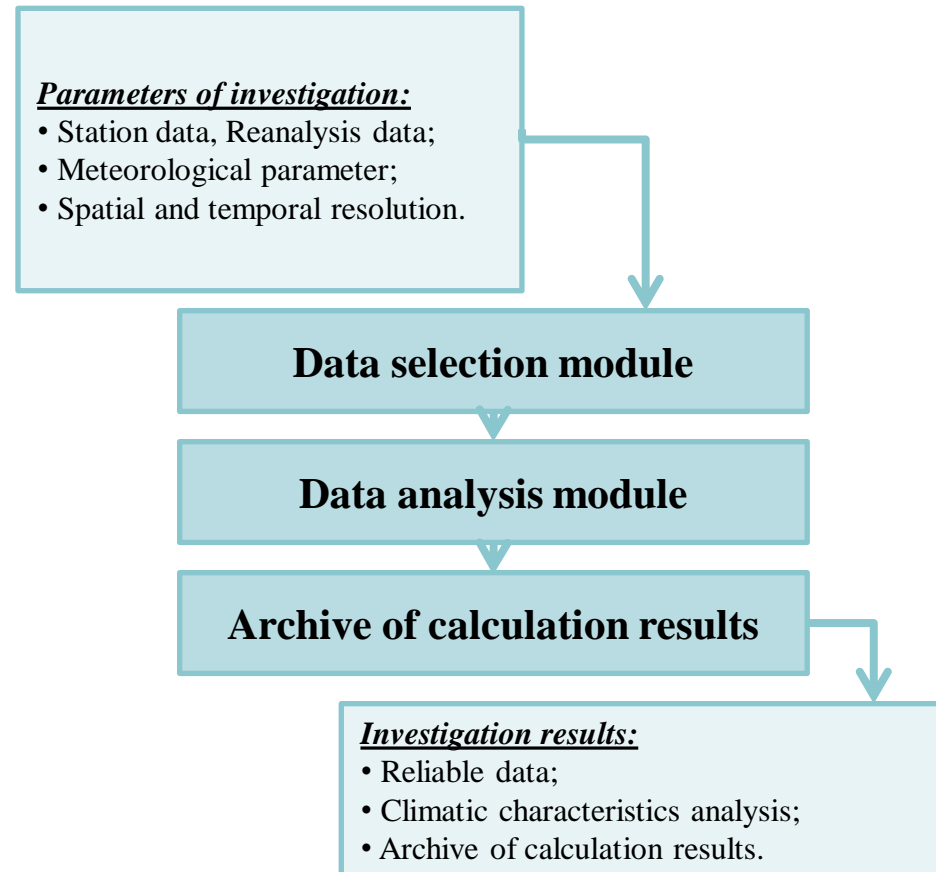
***T. Shulgina, Gordov E.P, Okladnikov I.G, Titov A.G.***

***Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS  
Siberian Center for Environmental Research and Training,  
Tomsk, Russian Federation***



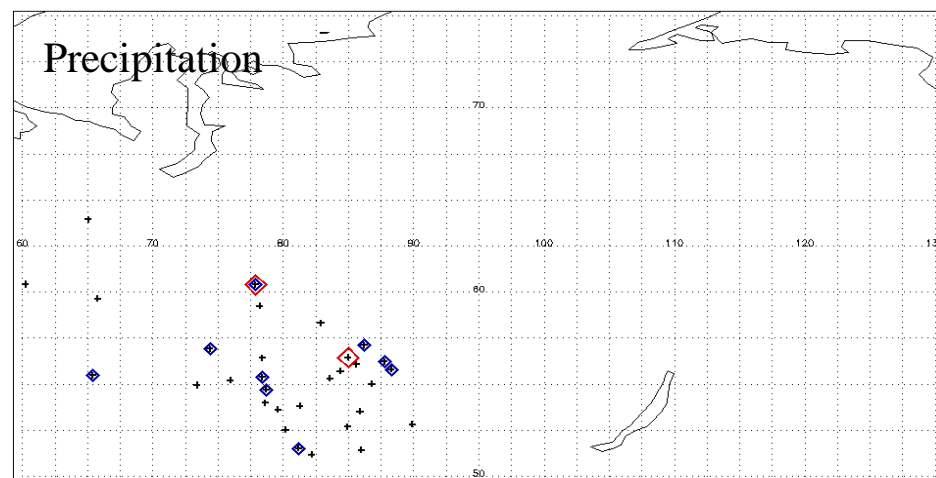
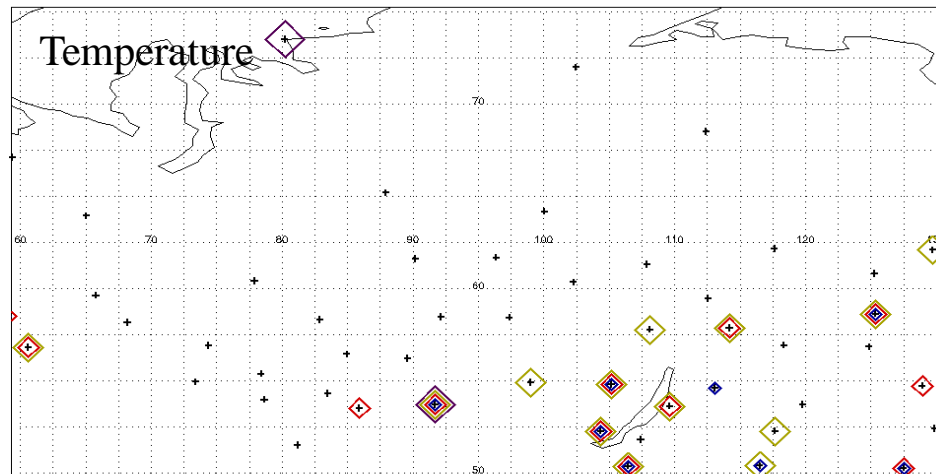
# Method

**Abstract** The report presents description of computational module aimed at mathematical and statistical analysis of spatially-distributed environmental data series. To characterize dynamics of meteorological parameters, computational module allows performing mathematical comparison meteorological characteristics calculated based on different datasets and calculating the statistical characteristics, climate extreme indices and frequency of weather events.



# Data

| <b>Dataset</b>                      | <b>Time range</b> | <b>Data resolution</b>                        | <b>Assimilation method</b> |
|-------------------------------------|-------------------|---|----------------------------|
| <b>NCEP/NCAR Reanalysis</b>         | 1951 – 2001       | 2T: 00, 12 h<br>2.5°×2.5°<br>17 Levels        | 3D-Var                     |
| <b>NCEP/DOE AMIP II Reanalysis</b>  | 1979 – 2003       | 4T: 00, 06, 12, 18h<br>2.5°×2.5°<br>17 Levels | 3D-Var                     |
| <b>ECMWF ERA-40 Reanalysis</b>      | 1957 – 2004       | 4T: 00, 06, 12, 18h<br>2.5°×2.5°<br>23 Levels | 3D-Var                     |
| <b>ECMWF ERA INTERIM Reanalysis</b> | 1989 – 2010       | T: 10 d<br>0.25°×0.25°<br>Surface             | 4D-Var                     |
| <b>JMA/CRIEPI JRA-25 Reanalysis</b> | 1979 – 2009       | 4T: 00, 06, 12, 18h<br>2.5°×2.5°<br>23 Levels | 3D-Var                     |
| <b>APHRODITE JMA</b>                | 1951 - 2007       | T: 1 d<br>0.25°×0.25°<br>Surface              |                            |
| <b>NOAA-CIRES 20th Cen. Rean.</b>   | 1908 - 1958       | 4T: 00, 06, 12, 18h<br>2.0°×2.0°              |                            |
| <b>9092c Synoptic Network</b>       | 1951 - 2000       | 212 stations over<br>Siberia territory        |                            |



# Data analysis

## Data analysis procedures

### 1. Climatic characteristics

*Statistical characteristics*

*Time dynamics indices of meteorological parameters*

*Indices correlating with forest production*

### 2. Spatial and temporal dynamics

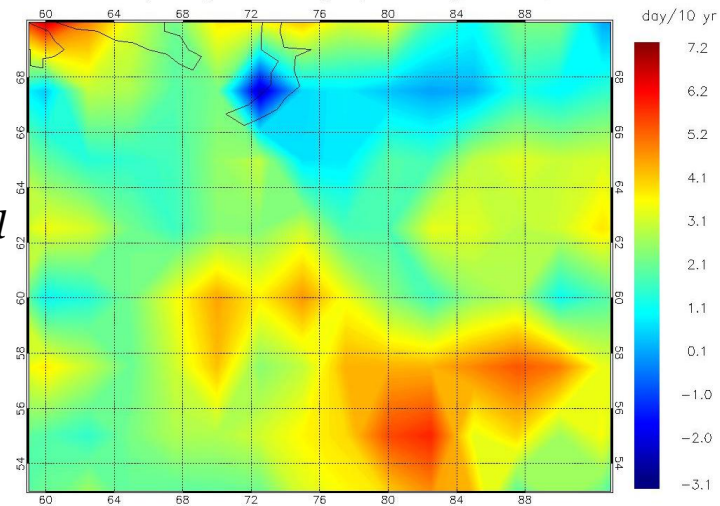
*Correlation and trend*

*Statistical tests*

*Interpolation methods*

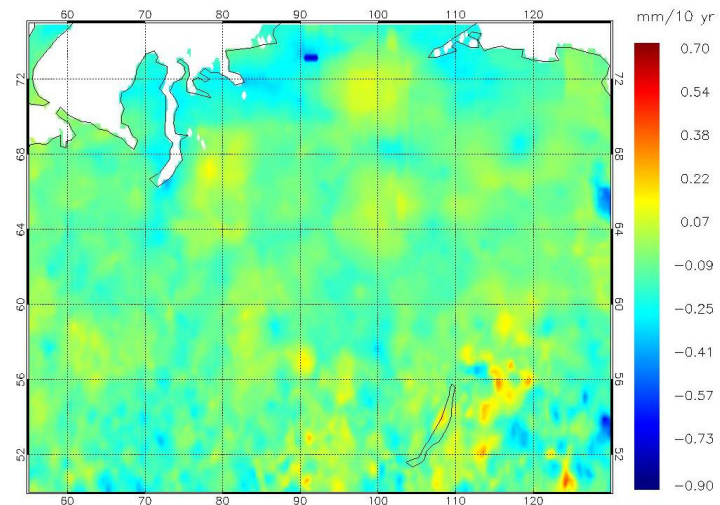
### Software:

- IDL (Interactive Data Language)
- Python
- ArcMap



*ECMWF ERA-40 data.  
1958 – 2001.*

*Trend of growing  
season duration (daily  
temperature > 5 °C).*



*APHRODITE JMA data.  
1958 – 2000.*

*Trend of precipitation  
intensity ( $R \geq 1$  mm).*

# THANK YOU FOR YOUR ATTENTION!

## Computational module of geoinformational web-system for climate change analysis: method, data and results for Siberia



**T. Shulgina, Gordov E.P., Okladnikov I.G., Titov A.G.**  
 Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS  
 Siberian Center for Environmental Research and Training, Tomsk, Russian Federation



**Abstract.** The report presents description of computational module aimed at mathematical and statistical analysis of spatially-distributed environmental data series. To characterize dynamics of meteorological parameters, computational module allows performing mathematical comparison meteorological characteristics calculated based on different datasets and calculating the statistical characteristics, climate extreme indices and frequency of weather events. Results of comparison of Reanalysis datasets with station observations have shown that ECMWF ERA-40 dataset is the most sufficient for description of air temperature behavior in Siberia and APHRODITE JMA dataset – for description of precipitation, which should be used to analyze climatic processes occurring in this region. Studying of Siberian climate based on these datasets and using developed web-system have shown good agreement with other authors' investigations. It confirms efficiency of the geoinformation web-system and its usefulness for professional community.

**Цель.** Создание вычислительного блока для анализа долговременных рядов пространственно-распределенных метеорологических данных разнородной структуры, результат работы которого обеспечивается:  
 1. подбор архива метеорологических данных с регулярной сеткой, предоставляющего наиболее точную качественную и количественную картину метеорологического элемента для выбранной местности; 2. расчет климатических характеристик и анализ их пространственно-временной динамики с использованием средств математической статистики; 3. создание архива данных, произведенных расчетов, представленного в графическом виде (графич. карты поверхности) и файлами заданного формата для удобства использования в дальнейшем исследовании. Работа вычислительного блока рассмотрена на примере изучения климата Сибири за период 1951 – 2000 гг.



| Набор данных                 | Врем. период | Разрешение данных                                   | Метод усвоения |
|------------------------------|--------------|---|----------------|
| NCEP/NCAR Reanalysis         | 1951 – 2001  | 2T: 00, 12 ч<br>1.5°×2.5°<br>1.7 в. уг. дат.        | 3D-Var         |
| NCEP-DOE AMIP II Reanalysis  | 1979 – 2003  | 4T: 00, 06, 12, 18ч<br>1.5°×2.5°<br>1.7 в. уг. дат. | 3D-Var         |
| ECMWF ERA-40 Reanalysis      | 1957 – 2004  | 4T: 00, 06, 12, 18ч<br>1.5°×2.5°<br>2.5 в. уг. дат. | 3D-Var         |
| ECMWF ERA INTERIM Reanalysis | 1989 – 2010  | 4T: 00, 06, 12, 18ч<br>0.25°×0.25°                  | 4D-Var         |
| JMA-CM2P3 JMA-25 Reanalysis  | 1979 – 2009  | 4T: 00, 06, 12, 18ч<br>1.5°×2.5°<br>2.5 в. уг. дат. | 3D-Var         |
| NOAA-CIRES 20th Cen. Rean.   | 1908 – 1958  | 4T: 00, 06, 12, 18ч<br>2.0°×2.0°                    |                |
| MSU: Synoptic Network        | 1951 – 2000  | 112 метеостанций Сибири                             |                |

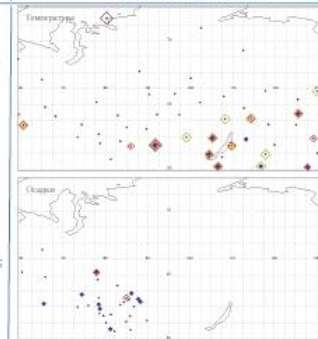
**Выбор набора данных**

**1 Формирование рядов инструментальных данных:**

- Увеличение рядов с пропусками:  
 День: 4 изм. (1951-1965), 8 изм. (1966-2000);  
 Месяц: 95 % дней с измерениями;  
 Год: 12 месяцев с измерениями;  
 50 лет (1951-2000): мин. 80% лет, 95 % лет прерыв.
- Обобщение значений выборки:  
 точечные значения метеорологической величины
- Единый формат данных:  
 .dbf

**2 Сравнение данных из разных наборов**

- Выбор метода интерполяции:  
 3 метода интерполяции (linear, cubic, IDW, Spline, kriging)  
 Восстановление из регулярной и нерегулярной сетки  
 Средние ошибки, среднеквадратичные ошибки;
- Восстановление значений Reanalysis в узлах нерегулярной сети расположения метеостанций;
- Сравнение рядов инструментальных наблюдений и восстановленных значений Reanalysis:  
 Степень корреляционной связи;  
 Критерий однородности Хи-квадрат, Вилкоксона;  
 Критерий Стьюдента



Положение станций, ряды наблюдений климата и обработки с рядом данных инструментальных наблюдений: NCEP/NCAR (цветной), NCEP/DOE (серый), ERA-40 (синий), ERA INTERIM (розово-красный), ECMWF ERA INTERIM (серый), APHRODITE JMA (зеленый).

**Процедуры обработки и анализа данных**

**1 Климатические характеристики**

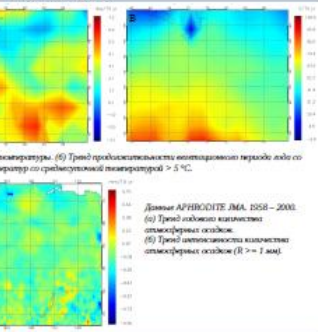
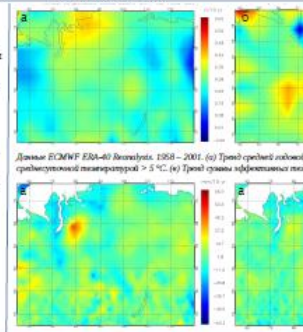
- Статистические характеристики метеопараметра (выборочные моменты и крайние значения)
- Показатели временной структуры метеопараметра (амплитуды, амплитуды, число дней)
- Характеристики коррелирующие с динамикой растительности (продолжительность, сдвиг периодов)

**2 Прямые пространственные и временные обобщения**

- Выводные связи:  
 метод метеологическими: коэффициент корреляции во времени; линейная регрессия
- Статистические критерии:  
 Критерий однородности Хи-квадрат, Вилкоксона  
 Критерий Стьюдента, Фишера
- Методы интерполяции  
 (linear, cubic, IDW, Shepard, kriging)

**Программные реализации:**

- IDL (Interactive Data Language)
- Python
- ArcMap



**Выводы**

- Использована модель сравнения данных, выбраны наборы полей моделирования для анализа динамики метеорологических величин:  
 (а) для температуры воздуха ECMWF ERA-40 (1958 – 2002) и ERA INTERIM (1989 – 2009) (б) для количества осадков APHRODITE JMA (1951 – 2007)
- Обран набор климатических характеристик и апробированный статистический метод для комплексного изучения динамики климата и разработаны комплекс программных модулей для реализации вычислений.
- Анализ климата Сибири: Увеличение продолжительности вегетационного периода, сопровождающееся статистически значимым ростом эффективных температур в рамках этого периода на юге территории Западной Сибири (55-60 с.ш., 59-64 в.д.) и динамика количества осадков в этой области, характеризующаяся слабым положительным трендом в 5 – 15 мм/10 лет, позволяет утверждать, что на юге территории Сибири возможен рост растительности.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ (No.10-07-00347, 11-05-01190), программ СО РАН (проект 4.31.1.5 и 4.31.2.7) и Интернационала проектов 4, 30 и 66.

**Литература**

Гордов Е.П., Окладников И.Г., Титов А.Г. Обработка и анализ больших архивов пространственно-распределенных данных с использованием геоинформационных веб-технологий // Труды Всероссийской научной конференции «Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии. Электронные коллекции». RCDL 2010. Павлов, 2010. с. 201-206.