

Веб-система для обработки и визуализации метеорологических и климатических данных*

И. Г. Окладников, А. Г. Титов, В. Н. Мельникова, Т. М. Шульгина
*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
Сибирский центр климато-экологических исследований и образования,
Томск, Россия*

e-mail: oig@scert.ru, titov@scert.ru

Current results of the development of the information-computational web-system for processing and visualization of the meteorological and climatic data are presented. The system represents dedicated web-interface based on the web-portal ATMOS engine. It allows performing a number of mathematical and statistical operations on the observational and model meteorological data aiming at global and regional climate change research. At present NCEP/NCAR Reanalysis and NCEP/DOE AMIP II Reanalysis data are available for processing. In particular, such functional capabilities as time trend calculation and comparison of meteorological and climatic characteristics have been realized. GrADS open source software is used for visualization of results. Graphic user interface is implemented using PHP and DHTML.

Введение

В настоящее время основными источниками метеорологической информации, которые используются при исследованиях изменения климата, являются архивы данных изменений и моделирования метеорологических параметров. Различные процедуры сбора, хранения и обработки данных, применяемые в научных учреждениях по всему миру, зачастую приводят к взаимной несовместимости как используемого для анализа программного обеспечения, так и соответствующих форматов файлов. Следует также отметить, что архивы данных по окружающей среде, в частности по метеорологии, характеризуются значительным объемом, что ограничивает их доступность. В итоге комплексное практическое применение полученных результатов исследований, включая их унифицированное сравнение, становится затруднительным.

В рамках развертываемого интегрированного регионального исследования Сибири [1] необходимо развитие соответствующей информационно-вычислительной инфраструктуры для поддержки мультидисциплинарных исследований окружающей среды

*Настоящая работа выполнена в рамках Междисциплинарной программы СО РАН 4.5.2 “Разработка научных основ распределенной информационно-аналитической системы на основе Веб- и ГИС-технологий для междисциплинарных исследований” при частичной финансовой поддержке интеграционного проекта СО РАН № 34, Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 05-059810), проекта 6-й Рамочной программы ЕС Enviro-RISKS и проекта Целевой программы “Информационно-телекоммуникационные ресурсы СО РАН”.

© Институт вычислительных технологий Сибирского отделения Российской академии наук, 2008.

региона [2]. Одним из ее структурных элементов является разрабатываемая на основе веб-технологий информационно-вычислительная система (<http://climate.risks.scert.ru/reanalysis/>), позволяющая применять математико-статистический аппарат для анализа широкого набора структурированных данных (данных спутниковых наблюдений, реанализов и локальных измерений) с последующим графическим представлением результатов для выявления тенденций изменения климата как на глобальном, так и региональном уровнях [3].

1. Функциональность системы

Настоящая версия системы создана на основе программного обеспечения (ПО) веб-портала ATMOS [4], программный инструментальный которого позволяет быстро создавать и развертывать веб-приложения практически любого уровня сложности [5]. Графический интерфейс, разработанный с использованием языков HTML, PHP и JavaScript, представляет собой динамическую форму для ввода параметров расчета и визуализации. Для визуализации данных применяется ПО с открытым кодом Grid Analysis and Display System (GrADS), представляющее собой инструмент для обработки табличных данных и их вывода с помощью различных графических методов (контурных графиков, графиков рассеяния, сглаженных контуров, заштрихованных контуров и т. д.) [6]. Оно также обладает встроенным языком сценариев, позволяющим реализовывать достаточно сложные процедуры обработки данных. Результаты вычислений отображаются на веб-странице в графическом виде.

Система функционирует, используя данные реанализа NCEP/NCAR [7] и реанализа 2 NCEP/DOE AMIP II [8], которые содержат значения множества метеорологических параметров, полученных как на основе наблюдений, так и по результатам моделирования для всей земной поверхности с разрешением 2.5°C . Система позволяет выполнять различные математические и статистические операции над метеорологическими дан-

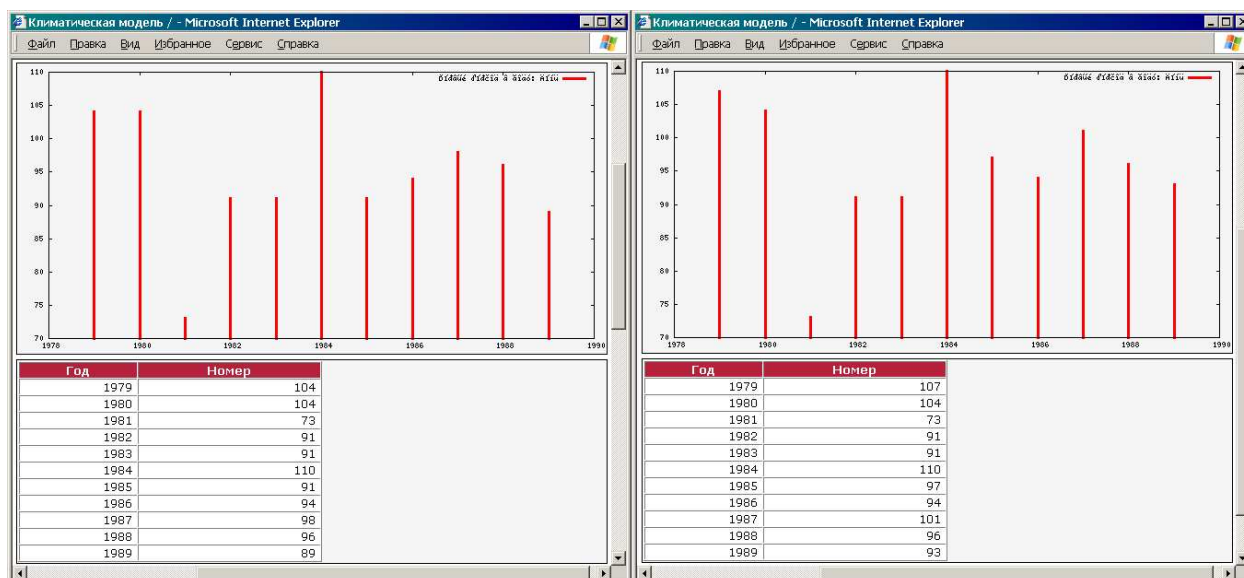


Рис. 1. Вычисление первого теплого дня в году за период с 1979 по 1989 г., по данным реанализов NCEP/NCAR и NCEP/DOE AMIP II

ными, а именно: вычисление среднего значения, стандартного отклонения, определение первого (последнего) теплого (холодного) дня (недели, месяца) в году, подсчет числа дней с количеством осадков из заданного интервала значений и др. Пример сравнительного анализа результатов вычисления первого теплого дня на территории Томского района за 1980-е гг. приведен на рис. 1.

В данном случае диаграммы по двум наборам данных выдают схожие результаты, причем, как правило, наступление первого теплого дня (когда среднесуточная температура превышает 0°C) колеблется в интервале с 1 по 14 апреля. Однако в 1981 г. первый теплый день наступил 14 марта.

Наличие нескольких массивов данных позволяет реализовать процедуру сравнения соответствующих метеорологических и климатических характеристик. В качестве примера рассмотрим вычисление абсолютной и относительной разницы между средними значениями атмосферного давления за весенний период 2001 г. Для расчета абсолютной разницы (рис. 2) используется формула

$$Abs_dif = |b - a|,$$

где a и b — средние значения рассматриваемого метеорологического параметра в точке согласно первому и второму набору данных соответственно.

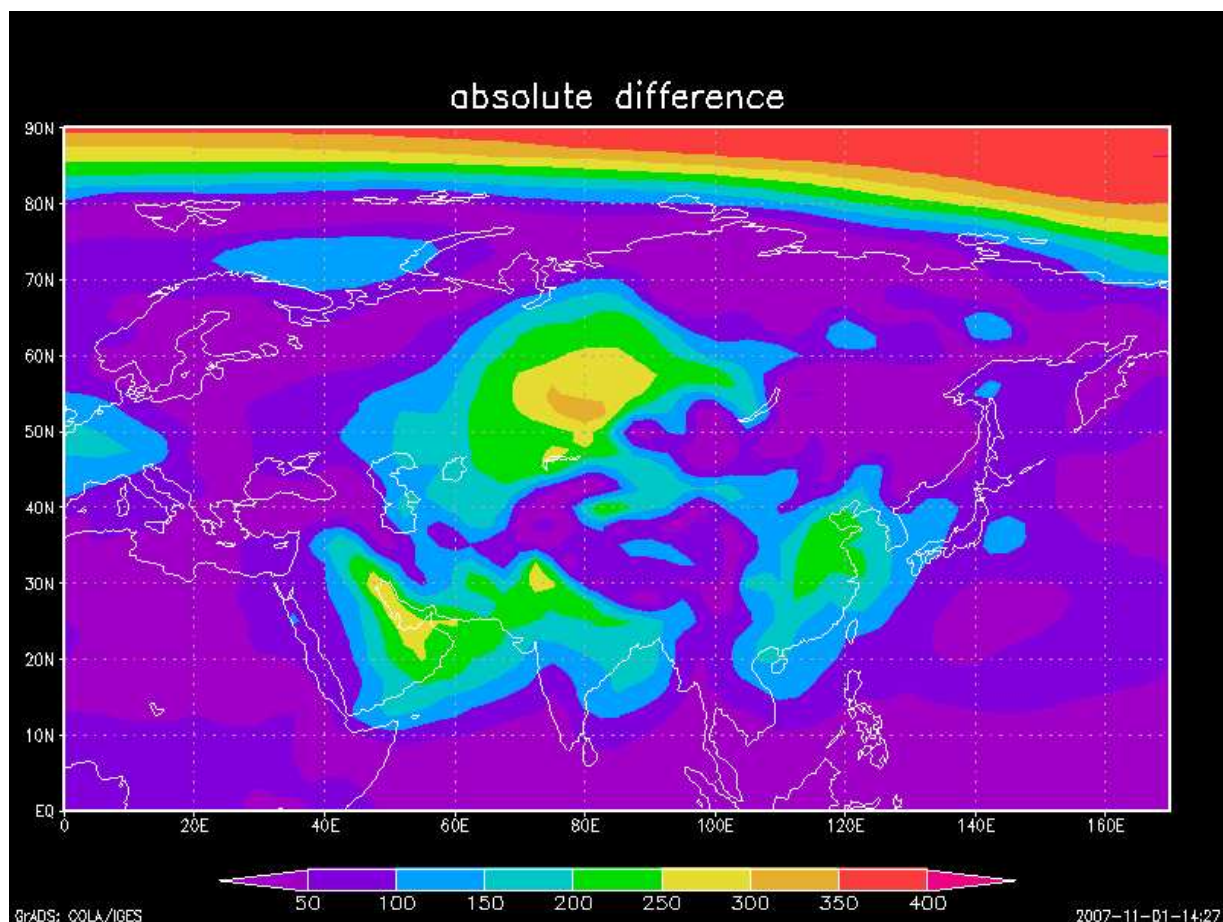


Рис. 2. Абсолютная разница значений атмосферного давления для двух наборов данных за весенний период 2001 г.

Относительная разница (рис. 3) вычисляется по следующей формуле:

$$\text{Norm_dif} = |(b - a)/a|100 \%,$$

где a и b принимают те же значения.

На основе результата расчета относительной разницы атмосферного давления для двух наборов данных за весенний период 2001 г. можно сделать заключение, что значения данного параметра на территории Евразии в рассматриваемый промежуток времени различаются довольно слабо.

В системе также реализована функциональность для построения временных трендов метеорологических и климатических параметров. Как известно, временной тренд — одна из основных характеристик, способствующих выявить общую долгосрочную тенденцию в изменении метеорологической величины во временном ряду. Рассмотрим пример изменения среднегодового значения температуры за два восьмилетних временных интервала на основе данных реанализов NCEP/NCAR и NCEP/DOE AMIP II. Для расчетов используется следующая формула:

$$\text{Tr} = (b - a)/n,$$

где a — среднее значение метеорологической величины за первый временной интервал; b — среднее значение за второй интервал; n — ширина интервала.

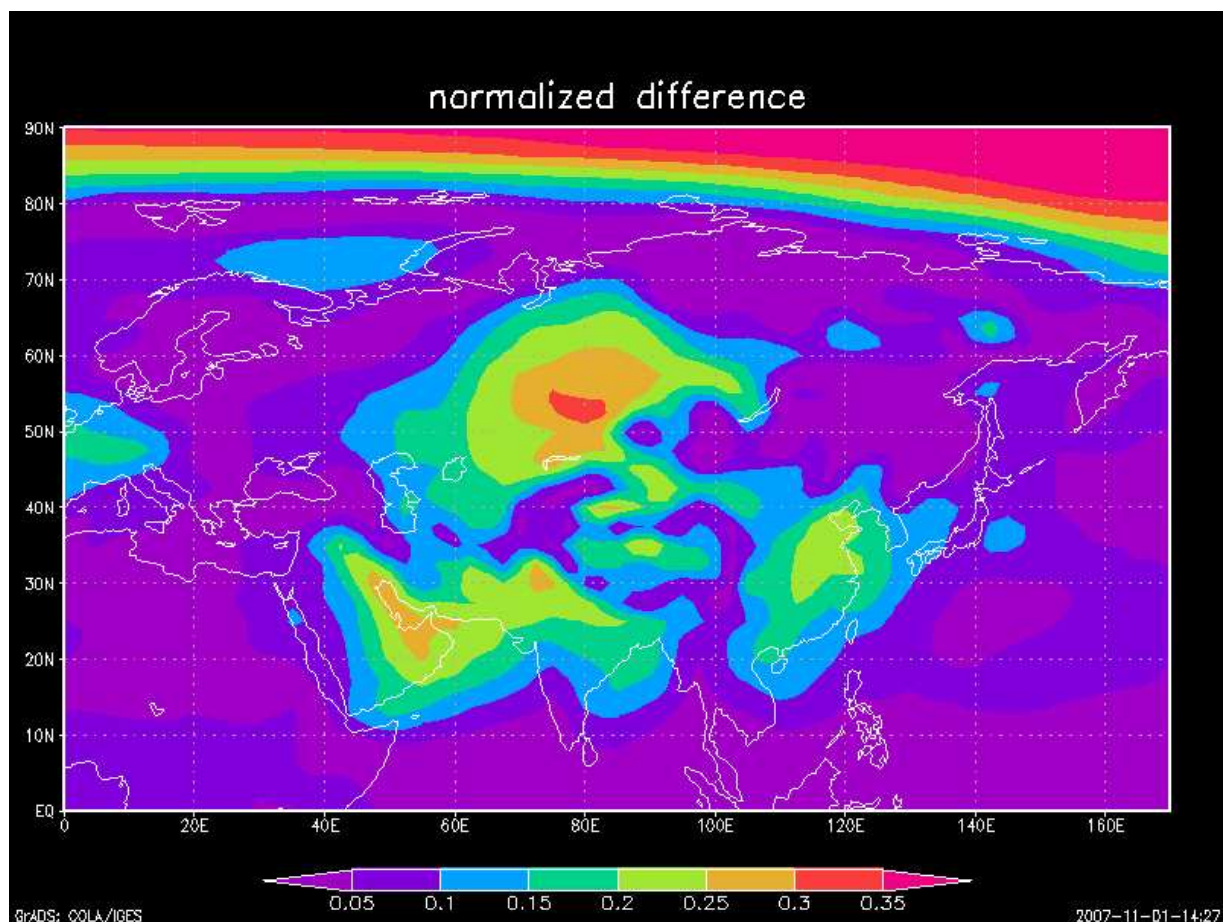


Рис. 3. Относительная разница значений атмосферного давления для двух наборов данных за весенний период 2001 г., %

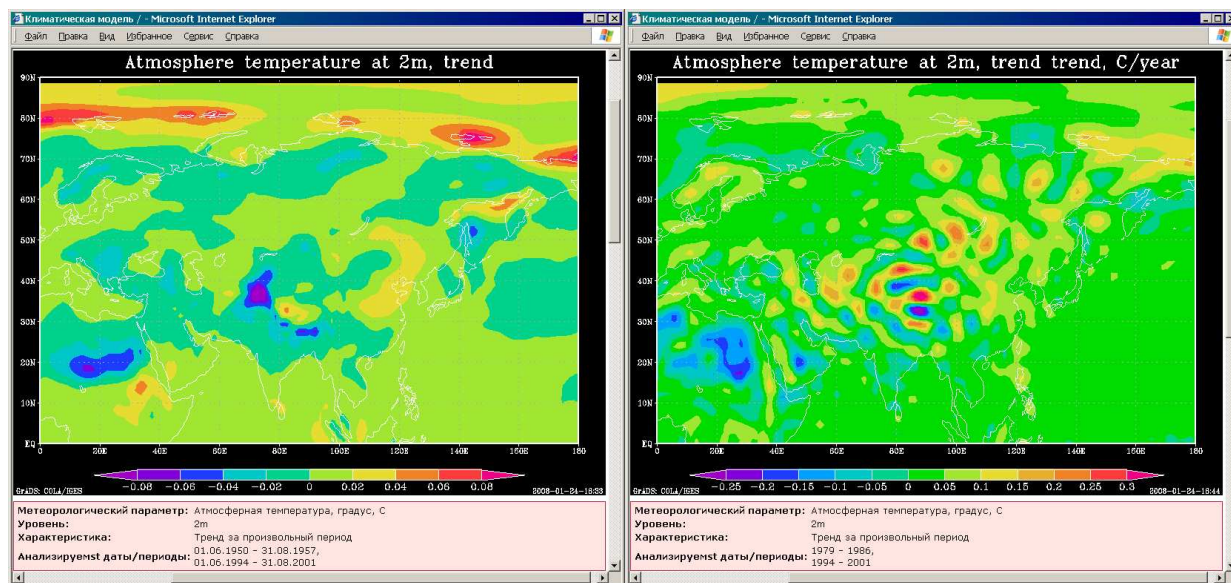


Рис. 4. Тренд атмосферной температуры на основе данных NCEP/NCAR Reanalysis за периоды с 1950 по 1957 г. и с 1994 по 2001 г.; тренд атмосферной температуры на основе данных реанализа NCEP/DOE AMIP II за периоды с 1979 по 1986 г. и с 1994 по 2001 г.

Результаты вычислений, проведенных по данным NCEP/NCAR Reanalysis, показывают, что по сравнению с 1950-ми гг. существенного роста температуры не произошло. Тем не менее расчеты, выполненные по данным реанализа NCEP/DOE AMIP II, по сравнению с 1980-ми гг., отражают некоторое значимое повышение температуры (рис. 4).

Заключение

Разрабатываемая система в ее окончательном виде предоставит возможность оперативного решения типовых задач, возникающих при исследовании динамики климатических характеристик, что значительно упростит и облегчит работу исследователей с большими наборами пространственно-распределенных данных, а также обеспечит к ним доступ. В дальнейшем для проведения комплексной математической и статистической обработки данных, а также визуализации результатов планируется использование программного обеспечения IDL (Interactive Data Language), которое обладает значительно более богатыми функциональными возможностями. Планируется подключить к системе такие наборы данных, как реанализ ECMWF, реанализ JRA-25, а также данные наблюдений с метеорологических станций, размещенных на территории Российской Федерации.

Авторы выражают благодарность профессору Е.П. Гордову за общее руководство проектом, а также к.ф.-м.н. А.З. Фазлиеву и А.Ю. Ахлестину за поддержку и ценные советы по работе с программным инструментарием веб-портала ATMOS.

Список литературы

- [1] Гордов Е.П., Беньи Ж., Хейманн М. и др. Интегрированное региональное исследование Сибири как основа для международного научного сотрудничества // Вычисл. технологии. 2006. Т. 11. Спецвыпуск. Ч. 1. С. 16–28.

- [2] Гордов Е.П., Лыкосов В.Н. Развитие информационно-вычислительной инфраструктуры для интегрированного регионального исследования окружающей среды Сибири // Вычисл. технологии. 2007. Т. 12. Спецвыпуск 2. С. 19–30.
- [3] Гордов Е.П., Окладников И.Г., Титов А.Г. Разработка элементов информационно-вычислительной системы на основе веб-технологий для исследования региональных природно-климатических процессов // Вычисл. технологии. 2007. Т. 12. Спецвыпуск 3. С. 20–28.
- [4] GORDOV E.P., LYKOSOV V.N., FAZLIEV A.Z. Web-portal on environmental sciences ATMOS // Adv. Geosci. 2006. Vol. 8. P. 33–38. (www.adv-geosci.net/8/33/2006/).
- [5] Ахлестин А.Ю., Гордов Е.П., DeRUDDER A. и др. Интернет-портал о свойствах атмосферы. Структура и технологии // Тр. Всерос. конф. “Математические и информационные технологии в энергетике, экономике и экологии”. Ч. 2. Иркутск, 2003. С. 247–254.
- [6] GRID Analysis and Display System. <http://www.iges.org/grads/>
- [7] NCEP/NCAR Reanalysis. <http://www.cdc.noaa.gov/cdc/reanalysis/reanalysis.shtml>
- [8] NCEP/DOE AMIP II Reanalysis. <http://www.cdc.noaa.gov/cdc/data.ncep.reanalysis2.html>

Поступила в редакцию 21 февраля 2008 г.