

УДК 004.043:004.67

РАЗРАБОТКА ВЕБ-ГИС ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА КОРРЕЛЯЦИИ ДЛЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ И МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Гордов Евгений Петрович,

д-р физ.-мат. наук, проф., руководитель Международного
исследовательского центра климато-экологических исследований
Института мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,
Россия, 634055, г. Томск, пр. Академический, 10/3. E-mail: gordov@scert.ru

Титов Александр Георгиевич,

мл. науч. сотр. Института мониторинга климатических
и экологических систем СО РАН, Россия, 634055, г. Томск,
пр. Академический, 10/3. E-mail: titov@scert.ru

Притупов Андрей Александрович,

магистрант каф. информатики и проектирования систем
Института кибернетики ТПУ, Россия, 634050, г. Томск,
пр. Ленина, 30. E-mail: prutupov90@gmail.com

Ботыгин Игорь Александрович,

канд. техн. наук, доцент каф. информатики и проектирования систем
Института кибернетики ТПУ, Россия, 634050, г. Томск,
пр. Ленина, 30. E-mail: bia@tpu.ru

Актуальность работы обусловлена необходимостью систематизации процесса обработки и анализа геопривязанных данных.
Цель исследования: разработка комплекса программ с использованием веб-технологий для вычисления и изучения полей коэффициентов корреляции для климатических и метеорологических характеристик на базе программно-аппаратной платформы «Климат».

Методы исследования: корреляционно-регрессионный анализ, системный анализ, технология клиент-серверных приложений, технология географических информационных систем.

Результаты. Приведены результаты разработки ВЕБ-ГИС приложения для вычисления коэффициентов корреляции и его применение для анализа климатических и метеорологических характеристик рядов пространственно-распределенных данных об окружающей среде. Вычисление коэффициентов корреляции возможно для различных наборов метеорологических данных – реанализ NCEP/NCAR, реанализ JRA-25 JMA/CRIEPI, реанализы ECMWF ERA-40 и ERA. Результат представляется в графическом виде – в координатной плоскости факторных и результативных признаков (полей корреляции) для климатических и экологических характеристик. На основе функциональности разработанного ВЕБ-ГИС приложения проведено специализированное исследование изменения климата Сибири по данным реанализов и инструментальных наблюдений сети наземных метеорологических станций. Исследование позволяет представить изменения данных реанализов в локальных областях не как сглаженные возмущения, а уже как источники неоднородностей, имеющие конкретную географическую привязку к определенным экосистемам региона. Также появляется возможность использования полученных архивов региональных метеополей в качестве входных и начальных данных моделей различных климатических и метеорологических процессов на территории Западной Сибири (например, модель динамики растительности, модель эмиссии парниковых газов и т. д.).

Ключевые слова:

Информационно-вычислительная система, веб-технологии, пространственно-привязанные данные, ГИС, изменение климата.

Введение

Происходящие в последние десятилетия изменения климата вызвали стремительное развитие технологий их мониторинга и моделирования [1]. Накапливаемые архивы метеорологической и климатической информации, полученной в результате наземных наблюдений, дистанционного зондирования, работы различных климатических и метеорологических моделей, открывают перед исследователями широкие возможности для изучения сложных механизмов меняющегося климата [2, 3]. В свою очередь, растет количество различных методов обработки таких архивов данных, ко-

торые учитывают особенности используемого материала и позволяют более детально исследовать закономерности наблюдаемых климатических изменений. Учитывая увеличение интенсивности работы с большими объемами метеорологической и климатической информации, одним из актуальных вопросов становится систематизация процесса обработки и анализа таких данных. Кроме того, стремительно растущие объемы архивов геопривязанных данных требуют для их обработки привлечения специализированных программных инструментов анализа и сравнения инструментальных наблюдений, обеспечивающих комплексное ис-

пользование таких архивов для научных исследований в области наук о Земле. Одной из таких задач является вычисление степени статистической зависимости между двумя числовыми переменными (коэффициента корреляции).

В рамках рассматриваемой задачи разработана и представлена методика, позволяющая вычислять степень статистической зависимости между двумя числовыми переменными. Выполнена программная реализация серверного приложения, реализующего предложенную схему вычисления степени статистической зависимости. Разработанное приложение запускается и управляется модульным вычислительным ядром информационно-вычислительной веб-системы [4–6]. В частности, оно предоставляет программный интерфейс доступа к наборам геопривязанных данных и передает полученные результаты в подсистемы, реализующие графический интерфейс пользователя.

Вычисление полей корреляции

Постановки задач в вероятностно-статистических исследованиях очень многообразны. Но классика в таких исследованиях – это задачи прикладной математической статистики. В частности, в задачах многомерного статистического анализа широко используется корреляционный, регрессионный и дисперсионный анализы [1]. Но именно в задачах корреляционного анализа исследуется наличие взаимосвязей между отдельными группами переменных, установление функциональных или каких-либо других зависимостей между различными, как правило, экспериментальными данными. В условиях рассматриваемой задачи требуется вычислить коэффициент корреляции, характеризующий степень тесноты вероятностной связи между двумя или несколькими величинами (рядами их значений) в предположении функциональной линейной связи.

Для экспериментального изучения зависимости между случайными величинами производят некоторое количество независимых опытов. Результат опыта дает пару значений y_i и x_i , $i=1,2,...,n$, а корреляционно-регрессионный анализ позволяет определить тесноту, направление и аналитическое выражение связи между ними. Методология же парной корреляции рассматривает влияние вариации факторного признака x на результативный y [7].

При линейной форме уравнения связи показателей для выражения тесноты связи используется линейный коэффициент корреляции. При пространственно-временных наблюдениях в условиях коротких рядов наблюдений ($n < 30$) для его вычисления удобнее использовать следующую формулу:

$$r = \frac{\sum xy - \frac{\sum x \cdot \sum y}{n}}{\sqrt{\left[\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n} \right] \cdot \left[\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n} \right]}}.$$

Здесь линейный коэффициент корреляции r принимает значения от -1 до $+1$. Отрицательные значения интерпретируются как обратная связь, положительные – как прямая, значение $r=0$ – как отсутствие связи. При этом предполагается, что близость r к $+1$ или -1 определяет тесноту связи между признаками. В частности, при значении линейного коэффициента корреляции равном ± 1 предполагается функциональная связь.

Обзор и сравнительный анализ архивов метеорологических данных

Все крупные мировые прогностические центры, занимающиеся, например, гидрометеорологическими прогнозами, имеют свои технологии обработки наблюдений, различающиеся как методами анализа, так и составом доступных наблюдательных систем. И те и другие непрерывно совершенствуются. Например, в России система оперативного усвоения данных гидрометеорологических и гелиогеофизических наблюдений и объективного анализа имеется в Гидрометцентре России. В США проблемами метеорологических и геодезических исследований и прогнозов занимается Национальное управление океанических и атмосферных исследований (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA). Заметим, что оперативные данные о недельных значениях температуры воды и концентрации морского льда с использованием данных наземных и спутниковых наблюдений, подготавливаемые в NOAA, доступны на сервере International Research Institute (IRI) для широкого использования.

Метеорологическими центрами мира активно собираются данные метеорологических наблюдений в узлах регулярной сетки (данные реанализа). Архивы реанализов включают наблюдения за продолжительные периоды – с начала XX в. по настоящее время. Так, в национальном центре атмосферных исследований США (National Centers for Environmental Prediction, NCEP) и в Европейском центре среднесрочных прогнозов (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, ECMWF) накоплены многолетние архивы реанализа атмосферы широкого доступа (NCEP/NCAR I, NCEP-DOE AMIP-II, ERA-40). В последние годы сформирован также архив реанализа Японского метеорологического агентства (Japan Meteorological Agency, JMA) JRA-25 (таблица).

Аналогично на основе обобщения данных наземных и спутниковых наблюдений созданы глобальные архивы данных по температуре поверхности океана. Архив недельного и месячного разрешения, созданный в США, включает данные с 1981 г. (Reynolds et al., 1994; Reynolds et al., 2002). В Англии, в Гадлеевском центре, создан глобальный архив месячного разрешения с 1860 г.

Следует добавить, что значительная часть архивов климатических данных, особенно реанализов, представляет результаты работы разных ме-

Таблица. Комплекты данных реанализа атмосферы

Table. Data set of atmosphere reanalysis

Реанализ Reanalysis	Организация Organisation	Период Period	Разрешение Resolution	Метод усвоения Data assimilation	Примечание Note
JRA-25	JMA/CRIEPI	1979–2004	T106L40	3DVAR	Продолжается как JCDAS с 2005 Continues as JCDAS since 2005
ERA-15	ECMWF	1979–1993	T106 L31	OI	Закончен в 1996 Finished in 1996
ERA-40	ECMWF	IX 1957–VIII 2002	TL159 L60	3DVAR	Закончен в 2003 Finished in 2003
NCEP-NCAR (Reanalysis-1)	NCEP-NCAR	с 1948 since 1948	T62 L28	3DVAR	Продолжается как CDAS Continues as CDAS
NCEP-DOE AMIP-II (Reanalysis-2)	NCEP-DOE	с 1979 since 1979	T62 L28	3DVAR	Продолжается как CDAS Continues as CDAS
GEOS1	NASA/DAO	1980–1996	2×2,5 L20	OI+IAU	Закончен в 1996 Finished in 1996

теорологических моделей, использующих различные системы усвоения наблюдений и наборы усваиваемых данных. В итоге, получаемые геофизические поля метеорологических элементов, зачастую, отличаются между собой. Это приводит к необходимости сравнения метеополей из различных наборов как между собой, так и с некоторым эталоном, которым, прежде всего, является набор рядов инструментальных наблюдений сети метеорологических станций. Такое же сравнение необходимо и для вычисляемых на их основе климатических характеристик.

Архитектура информационно-вычислительной веб-системы

Разработанная информационно-вычислительная веб-система состоит из четырех основных компонентов (рис. 1):

- Структурированные архивы пространственно-привязанных геофизических данных, снабженные соответствующими метаданными.
- Вычислительное модульное ядро – набор функциональных модулей и библиотек для специализированной обработки геофизических данных.

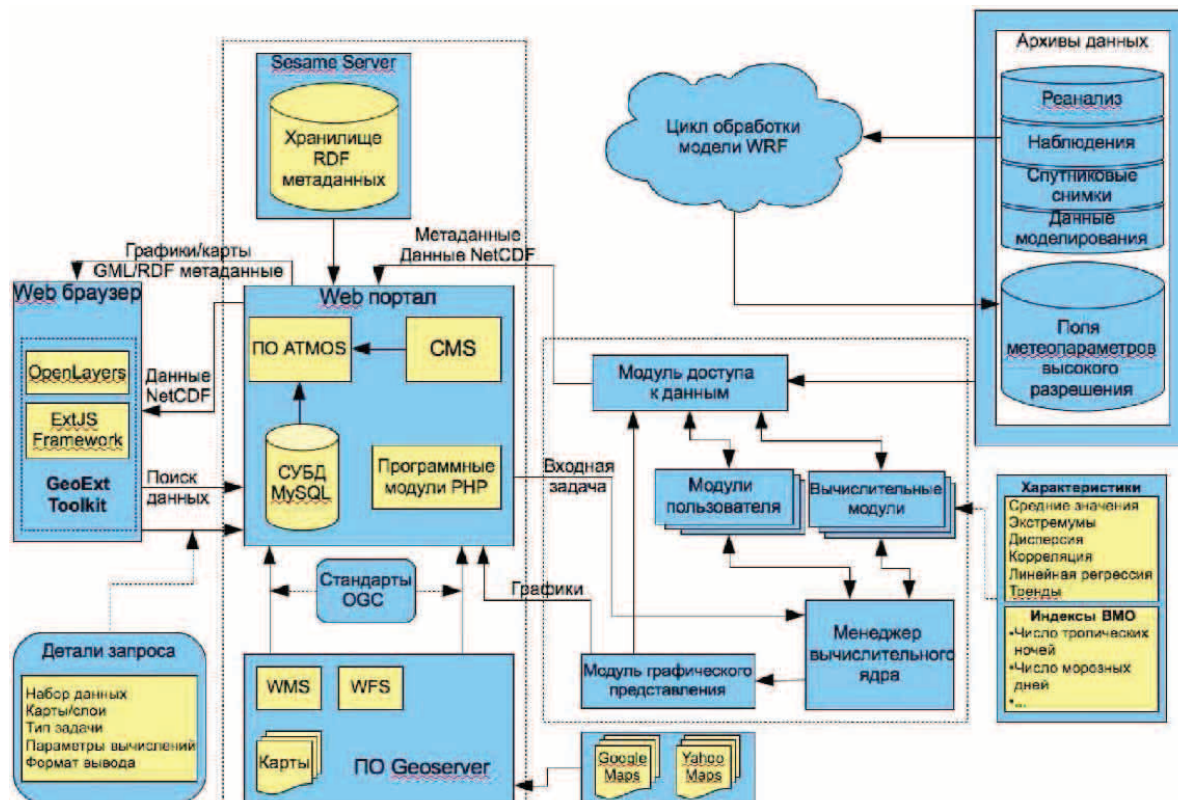


Рис. 1. Обобщенная функциональная структура информационно-вычислительной веб- системы

Fig. 1. Generalized functional diagram of information-computational web-system

- Портал (web-сервер), обеспечивающий логику работы веб-системы, связь с картографическими сервисами, взаимодействие с хранилищем данных.
- Средства графической визуализации.

Вычислительное ядро обеспечивает специализированную обработку и анализ выбранных геофизических данных, вычисление различных природно-климатических характеристик на основе выбранных статистических методов и сравнение с инструментальными наблюдениями. Для разработки модулей ядра используется язык программирования IDL (Interactive Data Language), имеющий обширные библиотеки для математической обработки данных и их графической визуализации [8].

Вызов и управление вычислительными модулями ядра производится веб-приложениями, инициализируемыми в рамках специализированного веб-портала. Задача, сформированная пользователем, а также параметры требуемой визуализации результатов передаются модулю менеджера ядра в виде XML-файла. Задача с требуемыми параметрами содержит указания на обрабатываемые геофизические характеристики, такие как названия архивов геофизических данных и переменных, временные и пространственные границы интересующей области (широта, долгота, уровни высоты, временные интервалы), тип карты, выбранный для анализа и изучения территорий. Графический вывод может быть представлен одним или несколькими графическими файлами в формате GeoTIFF либо векторными shape-файлами в формате ESRI (Environmental Systems Research Institute) [9], либо анимацией в формате MJPEG. Параметры вывода описывают содержание и тип графического результата, который может быть представлен в виде трехмерного графического поля с цветовой дифференциацией по величине в каждой точке, контурного поля, двумерного графика векторного поля. Также параметры вывода описывают географическую проекцию при выводе трехмерных полей, тип легенды, размер графиков, имя файла для вывода [10]. Менеджер ядра анализирует поступившую на вход задачу, подготавливает и производит запуск необходимых расчетных модулей. Каждый модуль имеет возможность доступа к архивам геофизических данных через специальную библиотеку функций. Библиотека функций доступа к геофизическим данным обеспечивает чтение, поиск и выборку данных из архивов.

По окончании вычислений производится визуализация полученных данных от расчетного модуля согласно спецификации задачи и запись результатов в графический, анимационный или же shape файл.

Веб-портал является связующим звеном между компонентами разработанной системы, обеспечивающим взаимодействие с пользователем. В нем реализованы механизмы авторизации пользователей, подключение к базам данных, языковая локализация и ряд других возможностей. Его разработ-

ка выполнена в рамках общих принципов и стандартов для программного обеспечения, предоставляющего картографические веб-сервисы.

Основная функциональность пользовательского веб-интерфейса направлена на формализацию запросов исследователей, решающих вычислительные задачи в области климатозоологического мониторинга и прогноза. Веб-интерфейс включает следующие базисные элементы:

- панель отображения карты с информационным фреймом, который включает масштабную линейку, навигационную карту и т. д.;
- список слоев с функционалом добавления или удаления, включения или выключения, просмотра и редактирования свойств запросов;
- панель навигации;
- общую информационную панель, информирующую о текущем состоянии приложения;
- меню и панель инструментов приложения, включающие функции увеличения/уменьшения, центрирования, перерисовки карты, информацию по заданному объекту, по рисованию линий, полигонов и т. д.;
- окно вывода результата запроса пользователя (координаты точки, значения вычисляемых параметров для включенных слоев);
- контекстно-зависимое меню по правому клику мыши;
- диалоговые окна результатов со сформированными аналитическими таблицами и графиками.

Используемые наборы данных

Для использования в информационно-вычислительной веб-системе доступны следующие архивы пространственно-распределенных данных: данные реанализа – NCAR (Национальный центр атмосферных исследований), данные реанализа – NCEP (Национальные центры предсказаний по окружающей среде) [11, 12], данные реанализа – JRA-25 (Японское метеорологическое агентство) [13], данные реанализа – ERA-40 (Европейский центр среднесрочных прогнозов погоды) [14]. Именно эти наборы данных и были взяты за основу при решении задачи вычисления и формирования в координатной плоскости факторных и результативных признаков (полей корреляции) для климатических и экологических характеристик. Данные наборы данных содержат множество метеорологических параметров, полученных как на основе наблюдений, так и по результатам моделирования для всей Земли в разные периоды времени. Из них было выбрано несколько ключевых параметров, характеризующих общее состояние климата или основные тенденции в его изменениях (температура, давление, влажность атмосферы, температура и влажность почвы, а также уровень осадков и геопотенциальная высота).

Метеоданные в структурированном виде хранятся на жестком диске сервера и доступны только для обработки системой. Пользователь не име-

ет прямого доступа к архиву данных (не может скачать их). Доступны лишь результаты графического отображения данных и результатов их обработки.

Все рассмотренные выше наборы данных имеют пересечения по годам и одинаковые метеорологические параметры. Из этого следует, что все представленные наборы данных можно сравнивать между собой.

Вычислительный блок ВЕБ-ГИС-системы для определения степени статистической зависимости между климатическими параметрами

Разработанный вычислительный блок реализует сравнение климатических характеристик для выявления особенностей их поведения. Для расчетов система использует архивы метеорологических полей проектов Реанализов (NCEP/DOE, ERA-40, JRA-25). Данные реанализов – геофизические поля метеовеличин, получаемые с помощью различных глобальных метеорологических моделей, отличаются между собой, что требует их сравнения с рядами инструментальных наблюдений. Функциональность вычислительного блока включает процедуру сравнения полей моделирования с рядами инструментальных наблюдений, которая построена на подборе наиболее эффективного метода для восстановления значений данных реанализа в точке местоположения станции и последующего их исследования на однородность. На этой же основе реализуется технология восстановления метеорологических полей по инструментальным наблюдениям.

Данный вычислительный блок позволяет сравнивать различные наборы данных для разных промежутков времени, хранящихся на удаленных дисковых системах хранения. Работает данный модуль в тесном контакте с вычислительным ядром, которое использует его для обработки данных согласно полученному XML-файлу задания, который формируется непосредственно пользователем при помощи графического интерфейса путем выбора необходимых параметров (рис. 2). Также пользователю предоставляется выбор диапазона дат, за который необходимо вычислить коэффициент корреляции, и требуемый регион.

После формирования пользователем файла задания XML-файл передается в вычислительное ядро, где и происходит расчет коэффициента корреляции и передача данных в подсистему визуализации. Подсистема визуализации результатов представляет собой набор программных модулей, которые обеспечивают построение и запись в графические файлы различных полей, диаграмм и графиков, соответствующих полученным результатам обработки и анализа геофизических данных, а также запись их в виде файлов форматов GeoTIFF, EPS, PNG, ESRI Shapefile. Данная подсисте-

ма предоставляет программный интерфейс, через который модульное вычислительное ядро передает данные, подлежащие визуализации.

Кoeffициент корреляции для пары параметров

Кoeffициент корреляции для пары параметров

Параметр 1: Атмосферная температура

Параметр 2: Объем воды эквивалентный глук

Временная сетка: 6h, G

Уровень высоты 1: 2m

Уровень высоты 2: Surface

Интересующий период: Произвольный период

Регион: Сибирь

Долготный диапазон: 0° - 180°

Широтный диапазон: 40° - 90°

Выберите диапазон дат

Диапазон дат: 1979 - 1980, Январь - Январь, 01 - 01

Вид графического вывода: Закрашенная контурная карта

Размер выходного изображения: 800 x 800

Выбрать Сброс

Рис. 2. Модуль вычисления коэффициента корреляции

Fig. 2. Correlation coefficient computation module

Для разработки использовались следующие среды программирования: DHTML, PHP, JavaScript. Для проектирования интерфейса, реализации ГИС-функциональности, отображения картографических материалов использовался инструментальный GeoExt [15], объединяющий JavaScript-библиотеку, ExtJS Framework [16, 17], OpenLayers [18].

Результаты

Для иллюстрации исследований приведен пример вычисления коэффициента корреляции между двумя различными параметрами: «Атмосферная температура» и «Объем воды, эквивалентный глубине снежного покрова» с временным интервалом в два года (1979–1980) для сибирского региона. Результаты представлены графическим файлом (рис. 3) с раскрашенными областями, где каждый цвет соответствует значению коэффициента корреляции. В нижней части графического изображения представлено соответствие (шкала) значений коэффициентов корреляции определенным цветам в спектре разложения белого света – чем больше длина волны цвета, тем выше корреляция между параметрами. Из результатов данных вычислений видно, что области раскрашены неравномерно. Красно-оранжевый цвет – длинноволновая часть спектра, воспринимаемая глазом человека, не доминирует. Из чего можно сделать вывод, что для данного региона и рассматриваемого периода времени указанные параметры имеют слабо выраженную взаимосвязь.

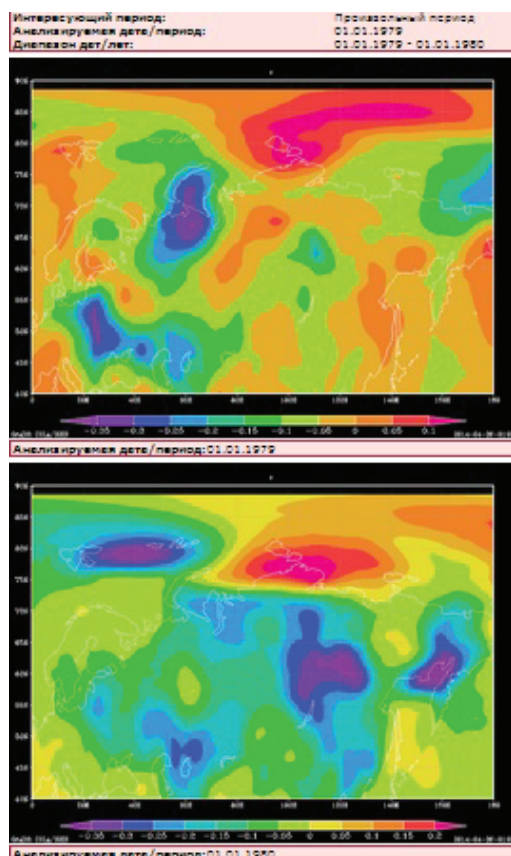


Рис. 3. Результат расчета коэффициента корреляции

Fig. 3. Results of correlation coefficient computation

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lanzante J.R. Resistant Robust and nonparametric techniques for the analysis of climate data: Theory and examples, including applications to historical radiosonde station data // International Journal of Climatology. – 1996. – № 16 (11). – P. 1197–1226.
2. Onogi K., et al. The JRA-25 Reanalysis // Journal of the Meteorological Society of Japan. – 2007. – V. 85. – № 3. – P. 369–432.
3. Von Storch H., Zwiers F.W. Statistical Analysis in Climate Research. – Cambridge: Cambridge University Press, 1999. – 495 p.
4. A Grid Point Surface Air Temperature Data Set for the Northern Hemisphere / P.D. Jones, S.C.B. Raper, B. Santer, B.S.B. Cherry, C. Goodess, P.M. Kelly, T.M.L. Wigley, R.S. Bradley, H.F. Diaz. – Washington: Department of Energy, 1985. – 251 p.
5. Karl T.R., Williams C.N. Jr. An approach to adjusting climatological time series for discontinuous inhomogeneities // J. Climate Appl. Meteorol. – 1987. – № 26. – P. 1744–1763.
6. Gullett D.W., Vincent L., Sajecki P.J.F. Testing for Homogeneity in Temperature Time Series at Canadian Climate Stations // CCC Report № 90-4, Atmospheric Environment Service. – Downsview, Ontario, 1990. – 43 p.
7. Гайдадин А.Н., Ефремова С.А., Абакумова Н.Н. Применение корреляционного анализа в технологических расчетах. URL: <http://lit.vstu.ru/ucheba/Metodiki/korr.pdf> (дата обращения: 13.06.2014).
8. IDL. Discover What's In Your Data // Exelis Visual Information Solutions. 2014. <http://www.exelisvis.com/ProductsServices/IDL.aspx> (дата обращения: 16.06.2014)

Заключение

Разработанный подход для изучения климатических процессов обеспечивает подбор достоверной метеорологической информации и получение ключевых статических оценок климатических изменений и экстремальных явлений климата и обеспечивает интеграцию междисциплинарных (географических, климатических, метеорологических) исследований регионального отклика на глобальные изменения климата.

Интеграция созданного комплекса программ, объединяющего в себе процедуры выбора и обработки пространственно-привязанных геофизических данных, обеспечивает профессиональную информационно-вычислительную поддержку исследований изменений климата. В частности, построение и сравнение временных трендов метеорологических и климатических параметров, характеризующих климатические изменения для различных рядов данных. При этом используются современные концепции веб-порталов и возможности коллективного доступа к большим наборам геофизических данных, климатическим и метеорологическим моделям, средствам графической визуализации. По сути, предоставляются уникальные возможности анализа разнородных геофизических данных как специалистам различных областей науки, так и студентам и аспирантам в учебной или научной деятельности.

9. ESRI Shapefile Technical Description, 1998. URL: <http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/shapefile.pdf> (дата обращения: 13.06.2014)
10. Kalnay E. et al. The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project // Bulletin of the American Meteorological Society. – 1996. – V. 77. – № 3. – P. 437–471.
11. NCEP-DOE AMIP II Reanalysis (R-2) / M. Kanamitsu et al. // American Meteorological Society. – 2002. – P. 1631–1643.
12. ERA-40 Project Report Series / P. Kallberg, A. Simmons, S. Uppala, M. Fuentes. URL: http://www.emcc.mgm.gov.tr/FI-LES/model-data/ERA40_PRS17_rev1.pdf (дата обращения: 13.06.2014).
13. Japan Meteorological Agency URL: <http://www.jma.go.jp/jma/indexe.html> (дата обращения: 13.06.2014).
14. Heino R. Climate in Finland during the Period of Meteorological Observations. – Finland: Ilmatieteen laitos, 1994. – 209 p.
15. The Open Source Java GIS Toolkit // GeoTools. 2012. URL: <http://www.geotools.org/>. (дата обращения: 13.06.2014).
16. JavaScript Toolkit for Rich Web Mapping Applications // Geoext. 2009–2010. URL: <http://www.geoext.org/> (дата обращения: 13.06.2014)
17. Ext JS – Sencha Ext JS 5 is Here // Sencha Inc. 2014. URL: <http://extjs.com/> (дата обращения: 13.06.2014).
18. OpenLayers: Free Maps for the Web // OpenLayers. URL: <http://openlayers.org> (дата обращения: 13.06.2014).

Поступила 16.06.2014 г.

UDC 004.043:004.67

DEVELOPING WEB APPLICATIONS TO CALCULATE CORRELATION COEFFICIENT FOR CLIMATIC AND METEOROLOGICAL PARAMETERS

Eugeny P. Gordov,

Dr. Sc., Siberian Center for Environmental Research and Training and Institute
of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS,
10/3, Akademicheskoy Avenue, Tomsk, 634055, Russia. E-mail: gordov@scert.ru

Alexander G. Titov,

Siberian Center for Environmental Research and Training and Institute
of Monitoring of Climatic and Ecological Systems SB RAS,
10/3, Akademicheskoy Avenue, Tomsk, 634055, Russia. E-mail: titov@scert.ru

Andrey A. Pritupov,

National Research Tomsk Polytechnic University,
30, Lenin Avenue, Tomsk, 634050, Russia. E-mail: pritupov90@gmail.com

Igor A. Botygin,

Cand. Sc., National Research Tomsk Polytechnic University,
30, Lenin Avenue, Tomsk, 634050, Russia. E-mail: bia@tpu.ru

The relevance of the discussed issue is caused by the need to systematize the processing and analysis of geo-referenced data.

The main aim of the study is to develop web application for calculating the correlation coefficient between the different parameters on the basis of software and hardware platform «Climate», providing the calculation result in graphical form.

The methods used in the study: correlation and regression analysis, system analysis, client-server applications, geographic information system technology.

The results. The paper introduces the results of development of the Web-GIS application which is designed to calculate the correlation coefficient and the results of its use for analyzing climatic and meteorological characteristics of the series of spatially distributed environmental data. Calculation of correlation coefficients is possible for different sets of meteorological data – NCEP/NCAR reanalysis, JRA-25 reanalysis, JMA/CRIEPI reanalysis, ECMWF ERA-40 and ERA reanalyses. The result is presented in graphical form – in the coordinate plane of factor and resultative attributes (field correlation) for climatic and environmental characteristics. Based on functionality of the developed Web-GIS application the authors have researched Siberia climate using the reanalysis data and instrumental observations of terrestrial network of meteorological stations. The study allows us to analyze the changes in reanalysis data in local regions not just as smooth perturbations, but as sources of inhomogeneities having a specific geographical reference to particular ecosystems of the region. Additionally, there is a possibility of using the obtained archives of regional meteorology as input and initial data of different climatic and meteorological processes models on the territory of Western Siberia (e. g., vegetation dynamics model, the model of greenhouse gas emissions, etc.).

Key words:

Information-computational system, web-technologies, spatially-referenced data, GIS, climate change.

REFERENCES

1. Lanzante J.R. Resistant, Robust and nonparametric techniques for the analysis of climate data: Theory and examples, including applications to historical radiosonde station data. *International Journal of Climatology*, 1996, no. 16 (11), pp. 1197–1226.
2. Onogi K. The JRA-25 Reanalysis. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, 2007, vol. 85, no. 3, pp. 369–432.
3. Von Storch H., Zwiers F.W. *Statistical Analysis in Climate Research*. Cambridge, Cambridge University Press, 1999. 495 p.
4. Jones P.D., Raper S.C.B., Santer B., Cherry B.S.B., Goodess C., Kelly P.M., Wigley T.M.L., Bradley R.S., Diaz H.F. *A Grid Point Surface Air Temperature Data Set for the Northern Hemisphere*. Washington, Department of Energy, 1985. 251 p.
5. Karl T.R., Williams C.N. Jr. An approach to adjusting climatological time series for discontinuous inhomogeneities. *J. Climate Appl. Meteorol.*, 1987, no. 26, pp. 1744–1763.
6. Gullett D.W., Vincent L., Sajecki P.J.F. Testing for Homogeneity in Temperature Time Series at Canadian Climate Stations. CCC Report. № 90–4, Atmospheric Environment Service, Downsview, Ontario, 1990. 43 p.
7. Gaydadin A.N., Efremova C.A., Abakumova H.H. *Primenenie korrelyatsionnogo analiza v tekhnologicheskikh raschetakh* [Application of correlation analysis in technological computation]. Available at: <http://lit.vstu.ru/ucheba/Metodiki/korr.pdf> (accessed 13 June 2014).
8. IDL. Discover What's In Your Data. *Exelis Visual Information Solutions*. 2014. Available at: <http://www.exelisvis.com/ProductsServices/IDL.aspx> (accessed 13 June 2014).
9. *ESRI Shapefile Technical Description*, 1998. Available at: <http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/shapefile.pdf> (accessed 13 June 2014).
10. Kalnay E. The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 1996, vol. 77, no. 3, pp. 437–471.
11. Kanamitsu M. NCEP-DOE AMIP II Reanalysis (R-2). *American Meteorological Society*, 2002, pp. 1631–1643.
12. Kallberg P., Simmons A., Uppala S., Fuentes M. *ERA-40 Project Report Series*. Available at: http://www.emcc.mgm.gov.tr/FI-LES/model-data/ERA40_PRS17_rev1.pdf (accessed 13 June 2014).

13. *Japan Meteorological Agency*. Available at: <http://www.jma.go.jp/jma/indexe.html> (accessed 13 June 2014).
14. Heino R. Climate in Finland during the Period of Meteorological Observations. *Finnish Meteorological Institute Contributions*, 1994, no. 12, 209 p.
15. The Open Source Java GIS Toolkit. *GeoTools*. 2012. Available at: <http://www.geotools.org/>. (accessed 13 June 2014).
16. JavaScript Toolkit for Rich Web Mapping Applications. *Geoext*. 2009–2010. Available at: <http://www.geoext.org/> (accessed 13 June 2014)
17. Ext JS – Sencha Ext JS 5 is Here. *Sencha Inc*. 2014. Available at: <http://extjs.com/> (accessed 13 June 2014).
18. OpenLayers: Free Maps for the Web. *OpenLayers*. Available at: <http://openlayers.org> (accessed 13 June 2014).

Received: 16 June 2014.