

Разработка прототипа виртуальной информационно-вычислительной среды для исследований климатических и экологических изменений с использованием распределенных архивов больших пространственных данных

Е.П. Гордов, И.Г. Окладников, А.Г. Титов

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН
Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН

Работа поддержана грантом РФФ №16-19-10257

Введение

■ Глобальные климатические изменения за последние 50 лет могут привести к необратимым последствиям

- Наблюдается увеличение частоты экстремальных климатических явлений (ливни и ураганы, засухи и аномальные волны жары)
- Необходим детальный анализ и понимание их воздействия на окружающую среду с целью прогнозирования и минимизации их последствий

■ Региональные последствия глобального потепления ярко проявляются в Северной Евразии и Сибири

- Отсутствует четкое понимание реакции бореальных лесов и болот Сибири на наблюдаемые климатические изменения, и ответное воздействие на их динамику
- Последствия: сдвиг границ вечной мерзлоты (“метановая бомба”), и т.д.



■ Совершенствование инструментов и методов мониторинга, моделирования, обработки и анализа наборов климатических пространственных данных

- Современные статистические методы анализа экстремальных явлений на основе временных рядов наблюдений и реанализа
- Оценка пространственно-временной динамики экстремальных климатических явлений
- Системы поддержки принятия решений

Введение

Наборы пространственных геофизических данных как результаты исследований климатических изменений

- Метеорологические наблюдения
- Результаты моделирования и реанализа
- Данные дистанционного зондирования

Разработка виртуальной информационно-вычислительной среды (включая Веб-ГИС в качестве базисного элемента) для анализа климато-экологических изменений

Задача разработки сервисов и приложений для доступа, обработки и визуализации наборов пространственных данных для обеспечения специалистов оценками характеристик экстремальных явлений и их трендов, и соответствующими инструментами

- Основывается на концепции ИПД
- Комбинированное использование веб и ГИС технологий для разработки клиентских приложений

ИВС для работы с геоанализом

RIMS (Regional Integrated Mapping and Analysis System),
<http://RIMS.scripps.edu/> (Regional Integrated Mapping and Analysis System),
<http://RIMS.scripps.edu/> (Regional Integrated Mapping and Analysis System)

Mapping and Analysis System)
 Mapping and Analysis System)
 Mapping and Analysis System)
 Mapping and Analysis System)

Mapping and Analysis System)
 Mapping and Analysis System)
 Mapping and Analysis System)
 Mapping and Analysis System)

Mapping and Analysis System)
 Mapping and Analysis System)
 Mapping and Analysis System)
 Mapping and Analysis System)

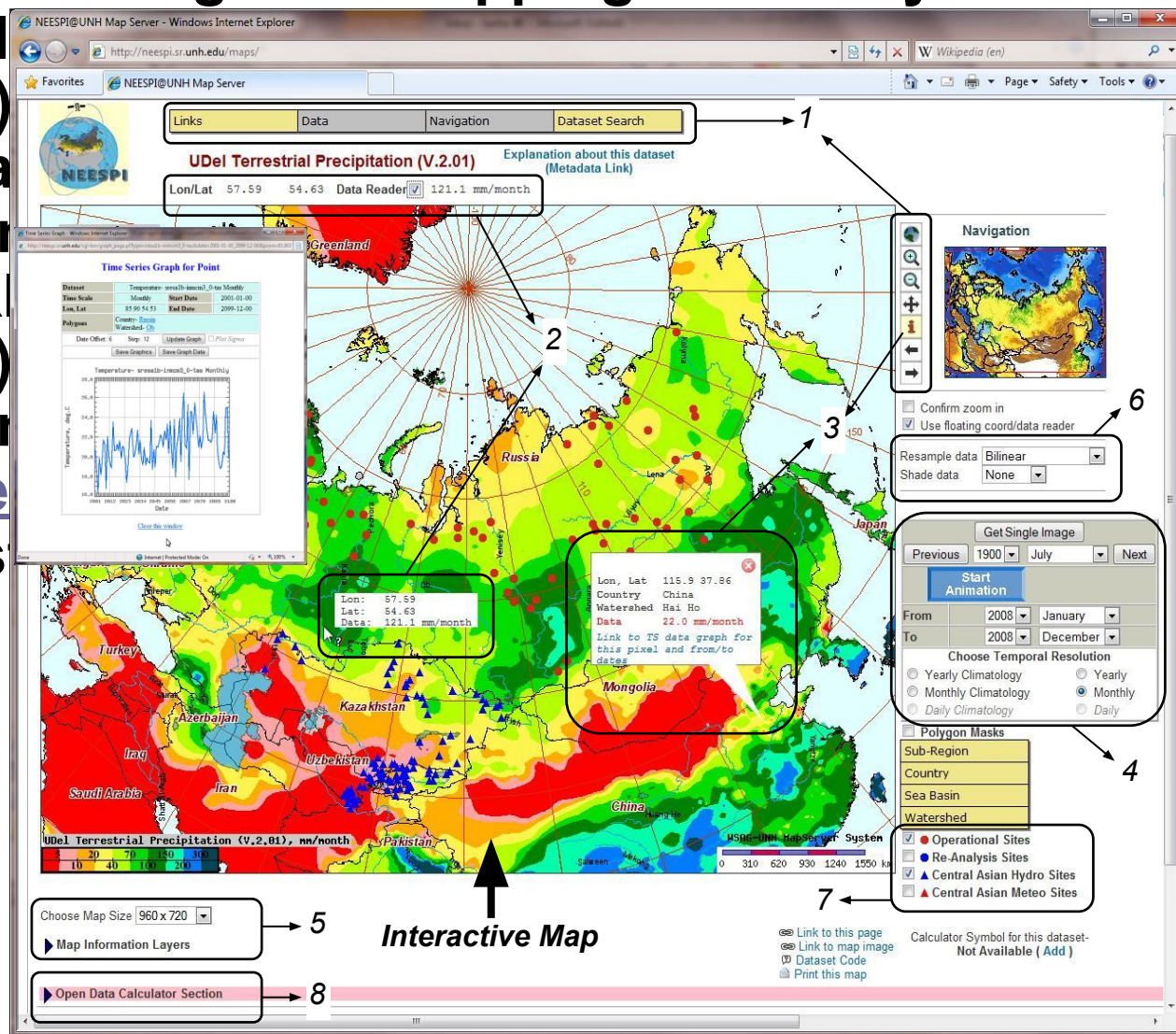
Mapping and Analysis System)
 Mapping and Analysis System)
 Mapping and Analysis System)
 Mapping and Analysis System)

Mapping and Analysis System)
 Mapping and Analysis System)
 Mapping and Analysis System)
 Mapping and Analysis System)

Mapping and Analysis System)
 Mapping and Analysis System)
 Mapping and Analysis System)
 Mapping and Analysis System)

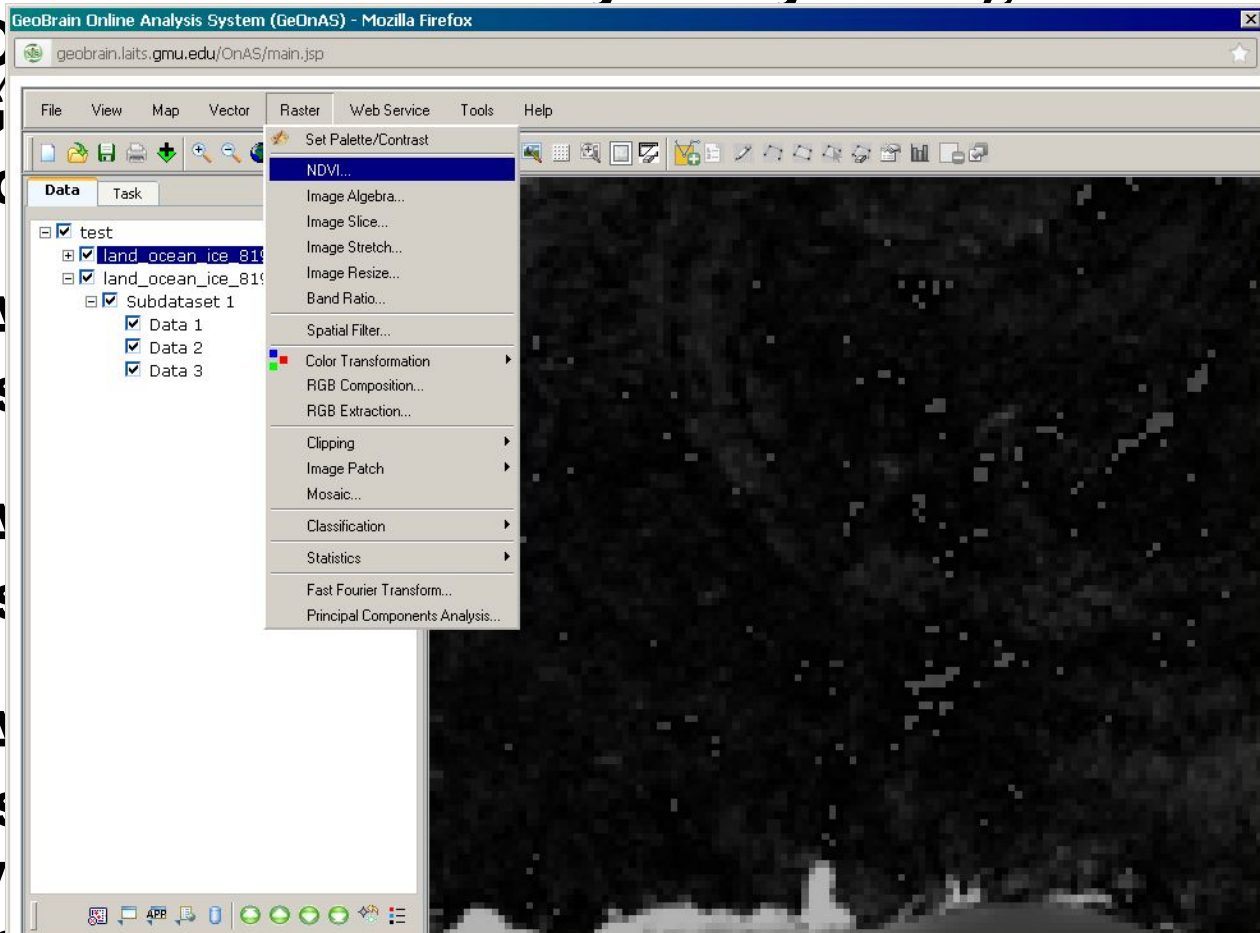
Mapping and Analysis System)
 Mapping and Analysis System)
 Mapping and Analysis System)
 Mapping and Analysis System)

Mapping and Analysis System)
 Mapping and Analysis System)
 Mapping and Analysis System)
 Mapping and Analysis System)

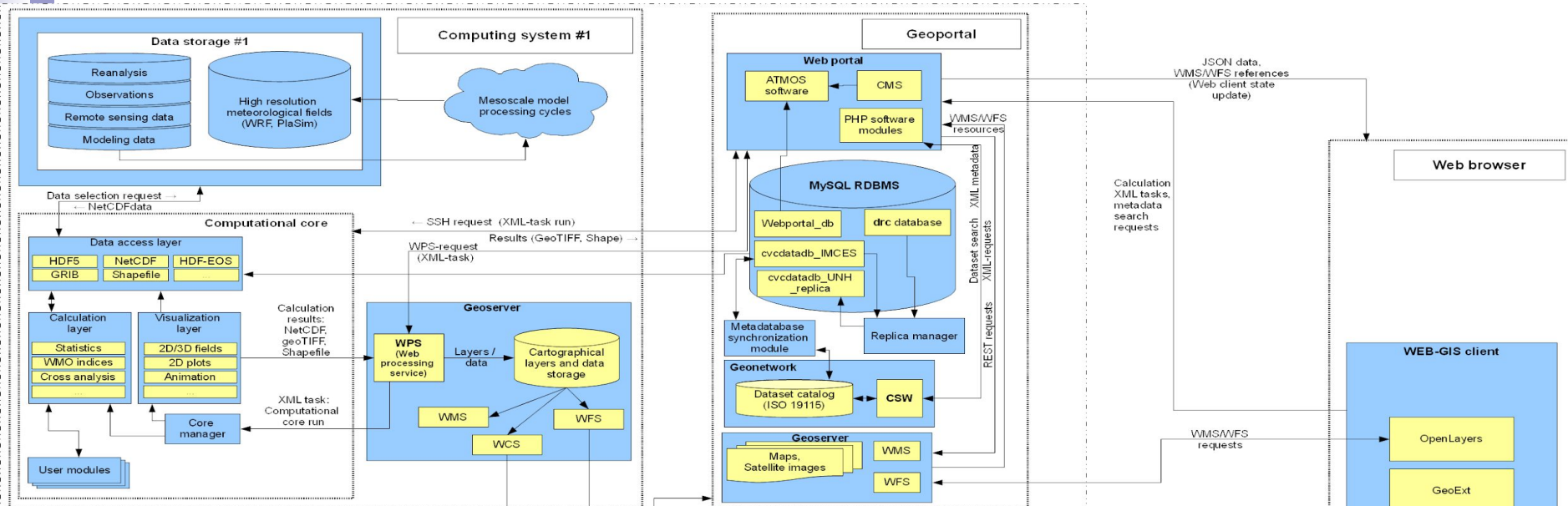


GeOnAS (GeoBrain Online Analysis System),
<http://geobrain.laits.gmu.edu/OnAS/main.jsp>
<http://geobrain.laits.gmu.edu/OnAS/main.jsp>

Получение терабайтов
спутниковой информации
QGIS сервисы
GRASS GIS
Python
(<http://geobrain.laits.gmu.edu/OnAS/main.jsp>)
Обработка и
анализ
космических снимков
<http://geobrain.laits.gmu.edu/OnAS/main.jsp>



Архитектура ВИС



- Слой промежуточного программного обеспечения в виде геопортала, включая базу метаданных и серверные веб-приложения
- База метаданных описывающая доступные наборы пространственных данных
- Слой клиентских Веб-ГИС приложений обеспечивает функциональность ГИС для конечного пользователя
- Независимый узел ВИС однозначно определяется наличием:
 - Высокопроизводительный вычислительный узел с СХД
 - Геопортал & вычислительное ядро

Dataset	Source organization	Time coverage	Spatial resolution
APHRODITE Reanalysis	RIHN-MRI/JMA	1951 - 2007	0.25°×0.25°, precipitations only
ERA-40 Reanalysis	ECMWF	1957 – 2004	2.5°×2.5°, 23 vertical levels
ERA Interim Reanalysis	ECMWF	1979 – 2016	0.75°×0.75°, surface
GPCC Reanalysis	GPCC	1901 - 2009	0.5°×0.5°, precipitations only
JRA-25 Reanalysis	JMA/CRIEPI	1979 – 2009	2.5°×2.5°, 23 vertical levels
JRA-55 Reanalysis	JMA/CRIEPI	1958 – 2013	1.25°×1.25°, 27 vertical levels
MERRA Reanalysis	ECMWF	1979 - 2014	0.67°×0.5°, 42 vertical levels
NCEP/DOE AMIP II Reanalysis	NCEP/DOE	1979 – 2003	2.5°×2.5°, 17 vertical levels
20th Century Global Reanalysis Version II	NOAA/OAR/ESRL PSD	1869 – 2011	2.0°×2.0°; 24 vertical levels
NCEP Climate Forecast System Reanalysis	NCEP	1979-2010	0.5°×0.5°, 37 vertical levels
PlaSim dataset	IMCES SB RAS	2000 - 2100	2.5°×2.5°, 10 vertical levels
Meteostations	RIHMI-WDC	1910 – 2016	600 stations for Russia

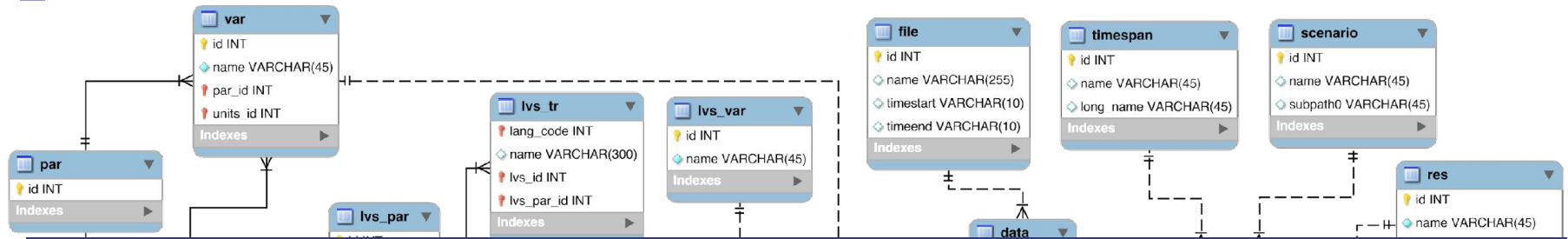
Наборы данных хранятся в системах хранения в виде коллекций файлов netCDF. Файлы находятся в иерархии директорий:

/<data root directory>/
<data collection name>/
<spatial domain resolution>/
<time domain resolution>/
<files and directories with data>

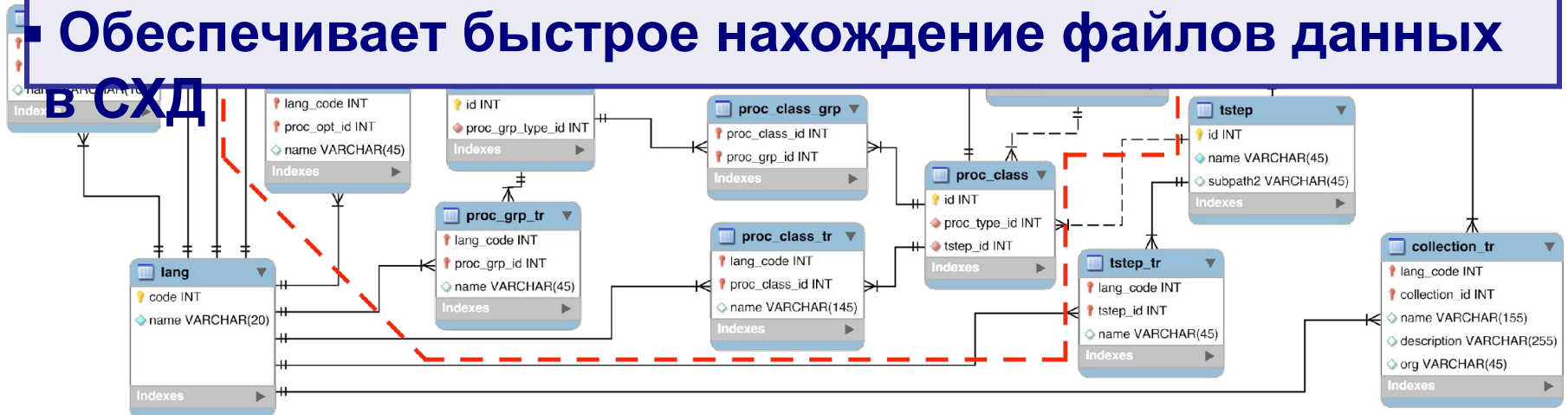


```
/mnt
└─ megaraid2
   └─ data
      ├─ APHRODITE
      ├─ DS093
      ├─ DS131
      ├─ ERA40
      ├─ ERAInt
      ├─ GHCND
      ├─ GPCC
      ├─ JRA25
      │ └─ 1.25x1.25
      │ │ └─ 6h
      │ │ │ └─ anl_p
      │ │ │ │ └─ 197901
      │ │ │ │ └─ 197902
      │ │ │ │ └─ 197903
```

База метаданных MySQL для данных NetCDF & PostGIS



- Описывает наборы данных и процедуры обработки
- Содержит описания элементов графического интерфейса
- Определяет взаимосвязи между описаниями наборов данных, элементами интерфейса и параметрами конфигурации модулей вычислительного ядра
- Обеспечивает быстрое нахождение файлов данных



Веб-консоль базы метаданных

Monitoring and forecast x

climate.climate.scert.ru/environment/admin/ncMetadata/

Сервисы Новая вкладка Начальный курс эле Колесо - Летние авт Holiday Inn Express Autogik.com - Шины extjs-public - A repos РБК — новости, акц Расшифровка файло Новости - последние Диски LegeArtis M157

веб-ориентированный производственно-исследовательский центр мониторинга и прогноза

КЛИМАТ

Subject domain Meteorological software "CLIMATE" software Datasets

Rus | Eng

NetCDF metadata

- .. Back
- Web mapping system
- Web mapping system 2.0a
- Веб-ГИС TECT
- Administrative console
 - NetCDF metadata
 - NetCDF metadata (prototype)
 - Geoserver layers

NetCDF metadata

Collection Dataset Metadata Other

	Actions	id	Label of collection	Name of collection	Description of collection	Organization	URL of organization
			==	x ==	x ~	x ==	x ~
		1	APHRODITE	APHRODITE's Water Resources Project	Asian Precipitation - Highly-Resolved Observational Data Integration Towards Evaluation of Water Resources (APHRODITE's Water Resources)	RIHN/MRI, Japan	http://www.chikyu.ac.jp/
		2	ERA40	ERA-40 Reanalysis	ECMWF 40 Year Re-analysis	ECMWF, UK	http://www.ecmwf.int/
		3	ERAInt	ERA Interim Reanalysis	ECMWF Interim Re-analysis	ECMWF, UK	http://www.ecmwf.int/
		4	GPCC	GPCC Project	DWD GPCC Full Data Reanalysis V.5	DWD GPCC, Germany	http://www.dwd.de/
		5	JRA25				http://www.jreap.org/
		6	MACC			EU	http://www.copernicus-atmospher
		7	MERRA				http://gmao.gsfc.nasa.gov/
		8	NCEP2			Boulder,	http://www.esrl.noaa.gov/
		9	ST600DB				http://www.meteo.ru/
		10	DS131				http://rda.ucar.edu/

Edit Record

Label of collection APHRODITE

Name of collection APHRODITE's Water Resources Project

Description of collection Asian Precipitation - Highly-Resolved Observational Data Integration Towards Evaluation of Water

Organization RIHN/MRI, Japan

URL of collection

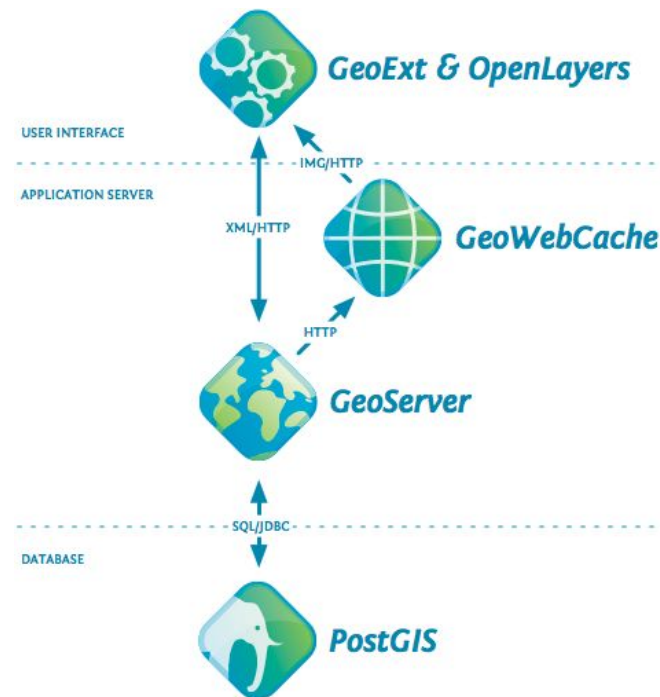
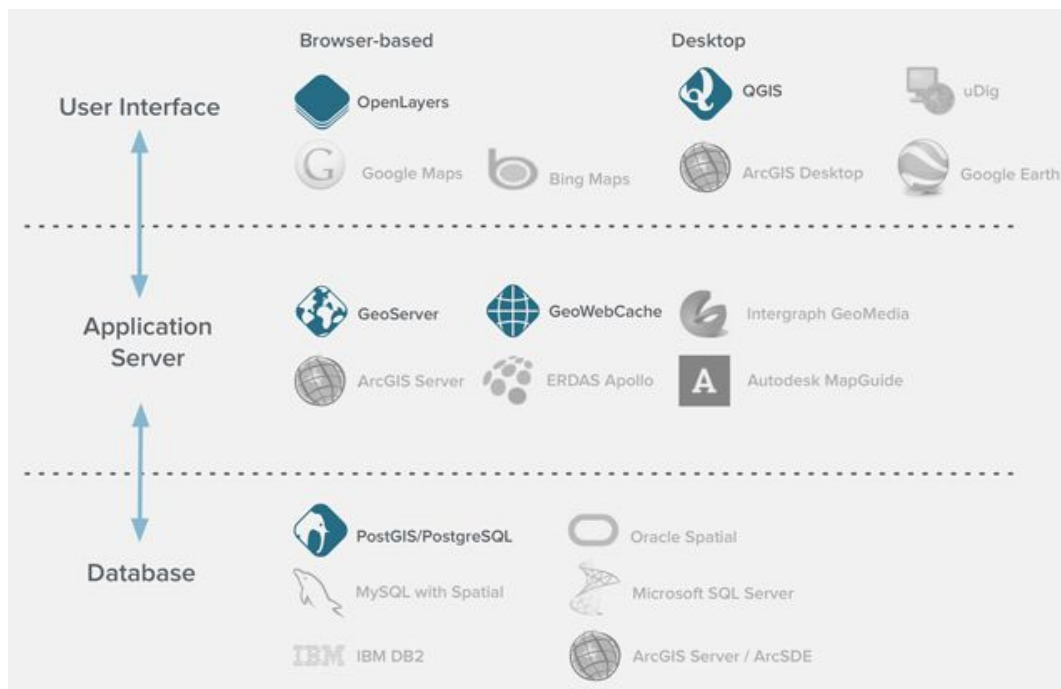
Save Cancel

Основные модули вычислительного ядра

№	Тип обработки, которую предоставляет соответствующий модуль
1	Вычисление среднего значения метеовеличины по времени
2	Вычисление среднеквадратического отклонения метеовеличины
3	Вычисление коэффициента асимметрии
4	Вычисление коэффициента эксцесса
5	Вычисление абсолютного максимума метеовеличины
6	Вычисление абсолютного минимума метеовеличины
7	Вычисление размаха значений метеовеличины
8	Определение числа морозных дней
9	Определения числа теплых дней
10	Определения числа дней с заморозками
11	Определение числа тропических ночей
12	Определение продолжительности вегетационного периода
13	Вычисление суммы эффективных температур
14	Расчет индекса интенсивности осадков
15	Расчет числа дней с осадками выше заданных границ
16	Определения максимальной продолжительности периода без осадков
17	Определение максимальной продолжительности периода с осадками
18	Расчет гидротермического коэффициента Селянинова
19	Расчет значений линейного тренда
20	Расчет значений коэффициента корреляции



Слой клиентских веб-приложений



основан на открытой архитектуре Boundless / OpenGeo
(<http://boundlessgeo.com/>)

- Слой метаданных NetCDF в формате JSON

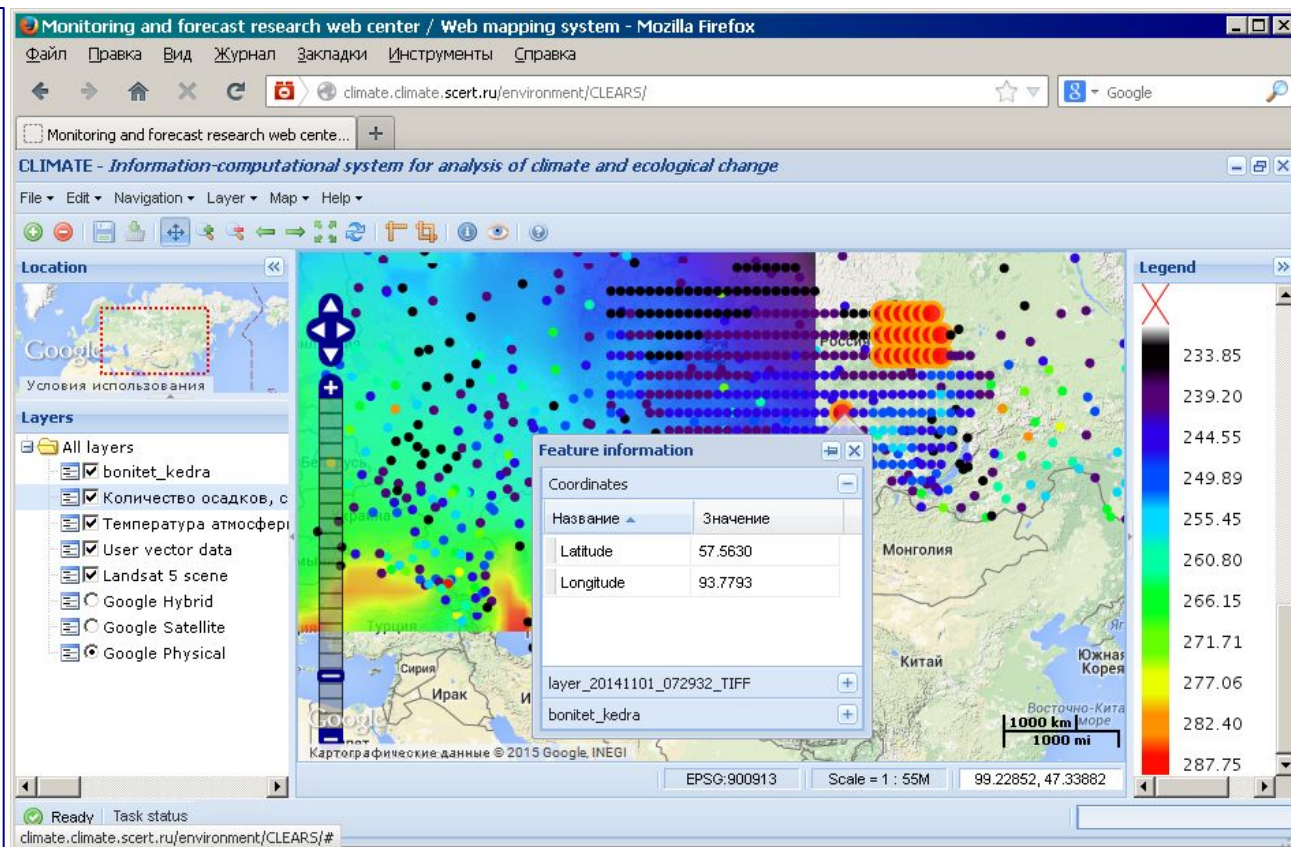
- Промежуточный слой работает с:

 - JSON метаданные

 - XML файл задания

 - OGC WMS/WFS

- Графический интерфейс пользователя



- Одностраничное приложение (Single page application)

- Обеспечивает стандартную функциональность ГИС для работы со слоями (layers) WMS/WFS на основе Geoserver (<http://geoserver.org/>)

- Позволяет создавать новые картографические слои динамически через удаленные вызовы вычислительного ядра

- Обеспечивает экспорт созданных слоев в графических (PNG, JPG, GeoTIFF), векторных (KML, GML, Shape) и бинарных (NetCDF) форматах для дальнейшей обработки

- Слой метаданных NetCDF: множество объектов JSON на основе таблиц базы метаданных MySQL.

Цели:

- Эффективность работы с формами графического интерфейса
- Оптимизация процесса создания и редактирования XML файла задания вычислительного ядра

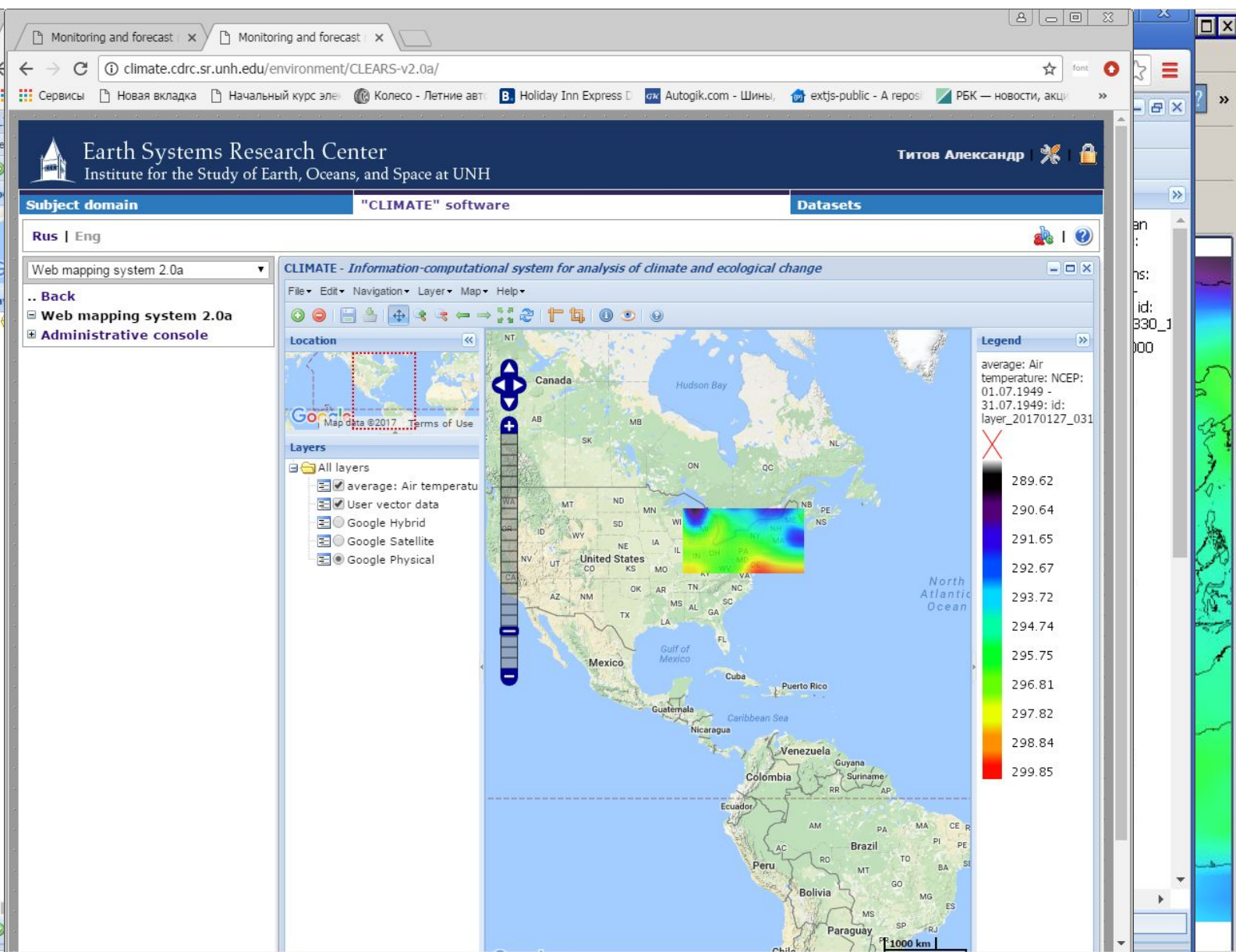
■ Промежуточный слой JavaScript-объектов: связывает слой метаданных с GUI и обеспечивает методы:

- Загрузка и обновление JSON-метаданных (AJAX)
- Создание, редактирование, сериализация XML задания
- Запуск и отслеживание процесса выполнения задачи на удаленном вычислительном узле
- Работа с сервисами WMS/WFS: получение списка слоев, представление слоев на карте, экспорт слоев в различные форматы согласно запросу пользователя, получение и применение стилей к легендам слоев

■ Слой графического интерфейса пользователя (GUI):

- Базируется на JavaScript библиотеках OpenLayers, GeoExt, ExtJS
- Является набором компонент:
 - Независимые (информационные панели, кнопки, списки слоев...)
 - Реализующих общую логику работы приложения (меню, панели инструментов, мастера, обработчики событий мыши и клавиатуры,...)
- Обеспечивает редактирование XML-файла вычислительного задания, и представление картографической информации пользователю

Демонстрация прототипа



Образование

- Разработанная система активно используется в образовательном процессе в ТГУ
- Несколько руководств, курсов лекций и лабораторных работ доступны через среду Moodle для студентов кафедры метеорологии и климатологии
- Основные статистические методы анализа метеорологических данных
- Глобальные климатические изменения и их последствия

Климат
ГК № 07.514.11.4044

О проекте | Климатический анализ | Образовательные ресурсы | Совмес

Rus | Eng

Курсы и лекции

.. Вверх
О проекте
Климатический анализ
Образовательные ресурсы
Курсы и лекции
Wiki
Совместная разработка

Курсы и лекции

Образование - Климат (ГК № 07.514.11.4044)

Вы не вошли в систему (Вход)
Русский (ru)

Образование - Климат (ГК № 07.514.11.4044)

Календарь

Июнь 2012

Вс	Пн	Вт	Ср	Чт	Пт	Сб
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30

Курсы

- Анализ региональных изменений климата
- АНАЛИЗ КЛИМАТА БУДУЩЕГО
- Введение в динамику атмосферы и моделирование климата

Доступные курсы

Анализ региональных изменений климата

В данном учебно-методическом пособии изложены основные статистические приемы обработки и анализа метеорологических данных для количественной характеристики наблюдающихся региональных изменений климата. Представлен комплекс лабораторных работ для изучения многолетнего режима атмосферных величин на территории отдельных регионов.

Учебно-методическое пособие предназначено для решения ряда практических задач в области метеорологии и климатологии.

АНАЛИЗ КЛИМАТА БУДУЩЕГО

Данное учебно-методическое пособие предназначено для изучения взаимодействия отдельных компонентов климатической системы, ознакомления с основными климатическими сценариями и статистическими методами оценки влияния глобальных климатических изменений на некоторые параметры климатической системы в рамках веб-ГИС портала Платформы «КЛИМАТ».

Введение в динамику атмосферы и моделирование климата

Курс содержит ряд лекций по динамике атмосферы

Использованное ПО

- Linux OS (CentOS, Ubuntu, etc)
- Apache httpd 2.2.22
- PHP 5.6.0
- Geoserver (<http://geoserver.org>)
- MySQL
- ATMOS веб-портал
- JavaScript libraries:
 - OpenLayers
 - ExtJS
 - GeoExt
 - jQuery
- Вычислительное ядро
 - GNU Data Language (GDL)
 - Python
 - Библиотеки: GNU Scientific Library, OSGeo PROJ 4.3, NOAA GSHHS (A Global Self-consistent, Hierarchical, High-resolution Geography Database), PLplot, 5.9.2+, HDF4, HDF5, NetCDF, GDAL, Python Imaging Library (PIL), NumPy, GRIB_API, PSlib (PostScript Library), Matplotlib, ImageMagick, FFTW3, Eigen3, Qhull

Conclusion

- Использование базы метаданных улучшило функциональные возможности Веб-ГИС как в плане добавления новых наборов данных, так и использования формализованного описания процедур их обработки
- Веб-клиент ГИС соответствует общим требованиям директивы INSPIRE к визуализации пространственных данных; вычислительная часть обеспечивает унифицированную обработку пространственных данных независимо от типа клиентского приложения.
- Представленный прототип показал свою эффективность в процессе решения реальных задач по мониторингу климатических изменений, а также распространения результатов исследований в картографической форме.
- Он был разработан для профильных специалистов и лиц, принимающих решения, и обеспечивает их достоверными климатическими характеристиками, доступным инструментарием для их глубокого статистического анализа и изучения последствий климатических изменений.

- Разработка Веб-ГИС приложений:
 - Проверка статистических гипотез о пространственно-временных характеристиках метеорологических и климатических величин
 - Верификация данных моделирования по данным метеорологических станций
- Публикация всех модулей вычислительного ядра в виде WPS
- Реализация программных модулей вычислительного ядра:
 - Идентификация и анализ климатических экстремалей
 - Анализ климатических параметров с использованием многомерной статистики экстремалей

Спасибо за внимание