



ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ АНАЛИТИЧЕСКАЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА «ДАННЫЕ НАУК О ЗЕМЛЕ ПО ТЕРРИТОРИИ РОССИИ»

INTELLECTUAL ANALYTICAL GEOINFORMATION SYSTEM "EARTH SCIENCE DATA FOR THE TERRITORY OF RUSSIA"

Александр Березко, Анатолий Соловьев, Роман Красноперов, Алена Рыбкина

Учреждение Российской академии наук Геофизический центр РАН (ГЦ РАН)

ул. Молодежная, 3, Москва, 119296, Россия

тел.: +(7)4959300546, факс: +(7)4959300506, e-mail: a.berezko@gcras.ru

Abstract. *The present study is aimed at the integration of data on geography, geology, geophysics, geocology and other Earth sciences in the comprehensive problem-oriented geoinformation system (GIS) including the intellectual superstructure for geoinformation analysis.*

At the present time GIS provide only limited opportunities for general analysis of geodata handled. At the same time, among the scientific community, dealing with the Earth sciences data, the requirement of more profound and comprehensive data analyzing and processing is constantly growing. The theory and methods of artificial intellect (AI) must become not only an integral, but the main core of a modern GIS.

The methods of fuzzy mathematics correlate with a fuzzy character of geophysical data. The AI methods, developed by the authors, and presently applied to volcanic activity monitoring, search and interpretation of anomalies in geophysical fields, solving environmental, geodynamic and other problems, turned out to be a success.

Keywords: *geoinformation system, artificial intellect, Earth sciences, metadata, data layer, database.*

Введение

Технология географической информационной системы (ГИС) предоставляет новый, соответствующий современности, эффективный, удобный и быстрый подход к работе с широчайшим спектром данных.

Однако, основные задачи геоинформатики, обработка и анализ больших объемов геофизических данных, в частности, их интерпретация и совместный анализ, требуют высокой квалификации специалиста. Но ввиду огромных объемов подлежащих обработке данных даже высококлассный специалист на практике не всегда может справиться с этими задачами. При этом работа эксперта редко может быть сведена к некоторому аналитическому процессу, поддающемуся формальному описанию на языке классической математики. Тем не менее, эта деятельность поддается алгоритмизации, что позволяет существенно уменьшить субъективизм экспертной оценки. Так возникает необходимость создания алгоритмов, ориентированных на моделирование деятельности специалиста-эксперта в той или иной области (сейсмологии, гравиметрии, магнитометрии, геологии, разведочной геофизике и т.д.). Алгоритмы такого рода позиционируются как методы искусственного интеллекта (ИИ). Фундаментальной научной проблемой, на решение которой направлено исследование, является разработка и развитие технологии ГИС и методов ИИ для создания интегрированной интеллектуальной геоинформационной среды по наукам о Земле для поддержки исследований природных опасностей и рисков. Посредством обобщения и полноценного анализа географически привязанной информации, основанных на современных подходах и средствах, ГИС позволяет автоматизировать процедуру

анализа и прогноза с целью обоснованного принятия оптимальных решений путем использования соответствующим образом «настроенных» методов ИИ.

Приложения и дальнейшее развитие алгоритмов ИИ в среде ГИС, разрабатываемые в исследовании, и создание соответствующего интеллектуального слоя ГИС, являются принципиально новыми. Новым является и конечный продукт исследования - интеллектуальная ГИС по наукам о Земле для территории России, не имеющая в настоящее время аналогов [1].

Материалы и методы

Для создания фундамента геоинформационной системы в исследовании использовалось семейство программных продуктов нового поколения ArcGIS 9, разработанного компанией Environmental Systems Research Institute (ESRI, США).

Для информационного обеспечения ГИС «Данные наук о Земле по территории России» были использованы интернет-ресурсы различных научных организаций, включая Мировые центры данных (МЦД). Геофизический центр Российской академии наук (ГЦ РАН), имеющий в своем составе МЦД по физике твердой Земли (МЦД ФТЗ) и солнечно-земной физике (МЦД СЗФ), владеет обширными архивами данных по сейсмологии, гравиметрии, геомагнетизму, геотермике, современным движениям, морской геологии и геофизике, топографии и т.д.

Картографическую основу ГИС «Данные наук о Земле по территории России» составляют цифровые топографические карты масштаба 1:1 000 000, охватывающие всю территорию Российской Федерации.

В связи с тем, что не все собранные данные были форматов, совместимых с ArcGIS, возникла необходимость их конвертации в требуемый формат. Данная задача была решена с помощью модуля Data Interoperability для ArcGIS Desktop, предоставляющего возможность конвертации данных свыше 70 форматов других ГИС в форматы, совместимые с ArcGIS.

Одним из ключевых этапов разработки ГИС «Данные наук о Земле по территории России» является составление метаданных, описывающих тематические слои. Основное назначение составляемых метаданных - дать общую информацию о слое, его назначении и содержании. Для решения этой задачи была разработана единая унифицированная форма, в соответствии с которой выполняется описание всех слоев и дополнительных данных. В соответствии с этой формой для каждого слоя вне зависимости от данных, содержащихся в нем, создается один файл метаданных. Файлы метаданных представляют собой простые текстовые файлы в формате XML (eXtensible Markup Language).

Все метаданные хранятся в отдельной файловой базе данных. Они распределены по каталогам в соответствии с тематическими категориями. Были выделены следующие категории данных:

- Биогеография - География организмов;
- Биогеография - География растительного покрова;
- Вечная мерзлота;
- Геодезия и картография - Рельеф;
- Геодезия и картография - Топографическая карта;
- Геология;
- Гидрология;
- Глобальные навигационные спутниковые системы;
- Климат;
- Население;
- Полезные ископаемые;

- Политическая география;
- Почвоведение;
- Промышленность;
- Сельское хозяйство;
- Транспорт;
- Экология - Деградация земельных ресурсов.

На рисунке 1 приведен пример интерфейса пользовательского доступа к метаданным на веб-портале ГИС «Россия».

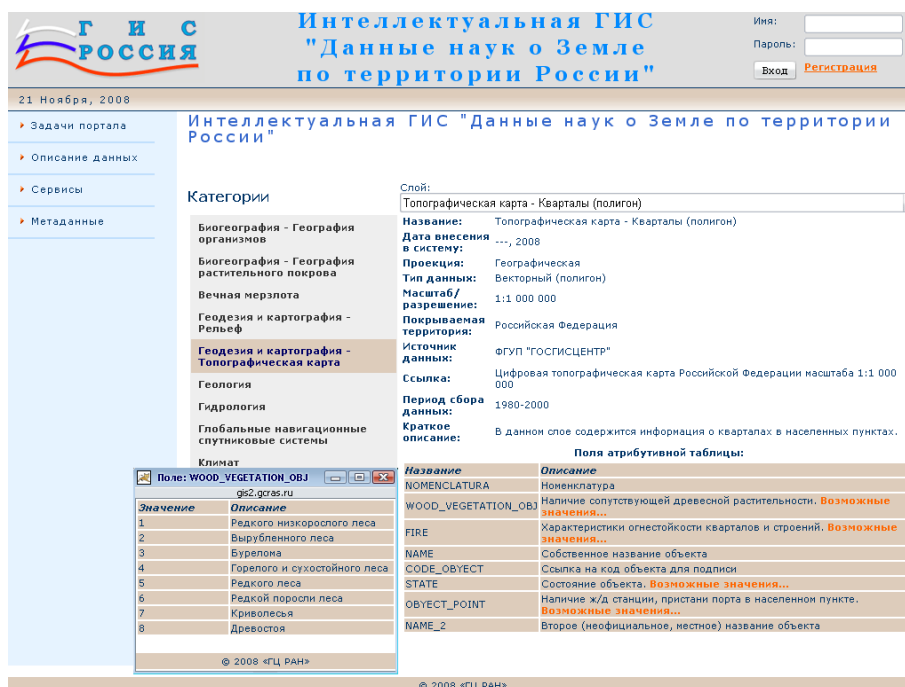


Рис. 1. Интерфейс раздела «Метаданные» на веб-портале ГИС «Россия». Метаданные слоя «Кварталы» из категории «Топографическая карта»

Таким образом, пользователь, имея доступ только к базе метаданных, может получить подробное представление о наполнении ГИС, качестве и детализации предоставляемых данных. Изучив метаданные, пользователь делает вывод о целесообразности получения доступа к тем или иным информационным слоям. Доступ к метаданным является свободным и неограниченным (<http://www.gcras.ru/GISR>).

Все геоданные размещаются на отдельном сервере с системой резервного хранения. Используются два механизма хранения данных:

- ArcSDE для хранения и доступа к геоданным на базе СУБД Microsoft SQL Server;
- Файловое хранение данных.

Механизм файлового хранения применим для следующих видов данных:

- Слои геоданных;
- Файлы, содержащие информацию об оформлении слоев геоданных и легенду;
- Метаданные, описывающие слои геоданных.

В обоих случаях обеспечен режим удаленного доступа к данным через Интернет. Перечень приложений, предоставляющих удаленный доступ к хранилищу данных, приведен ниже:

- ArcGIS Desktop (ArcCatalog, ArcInfo, ArcEditor, ArcView);
- ArcGIS Server;

- Веб-приложения, разработанные на базе модулей ArcObjects;
- Веб-браузер.

Все слои данных собраны в один ГИС-проект, в котором создан и оформлен соответственно свод условных знаков. Работа по созданию интерактивной карты для ее дальнейшей публикации в Интернет проводилась локально в среде ArcGIS Desktop. Пример оформления слоев данных в ArcGIS Desktop приведен на рисунке 2.

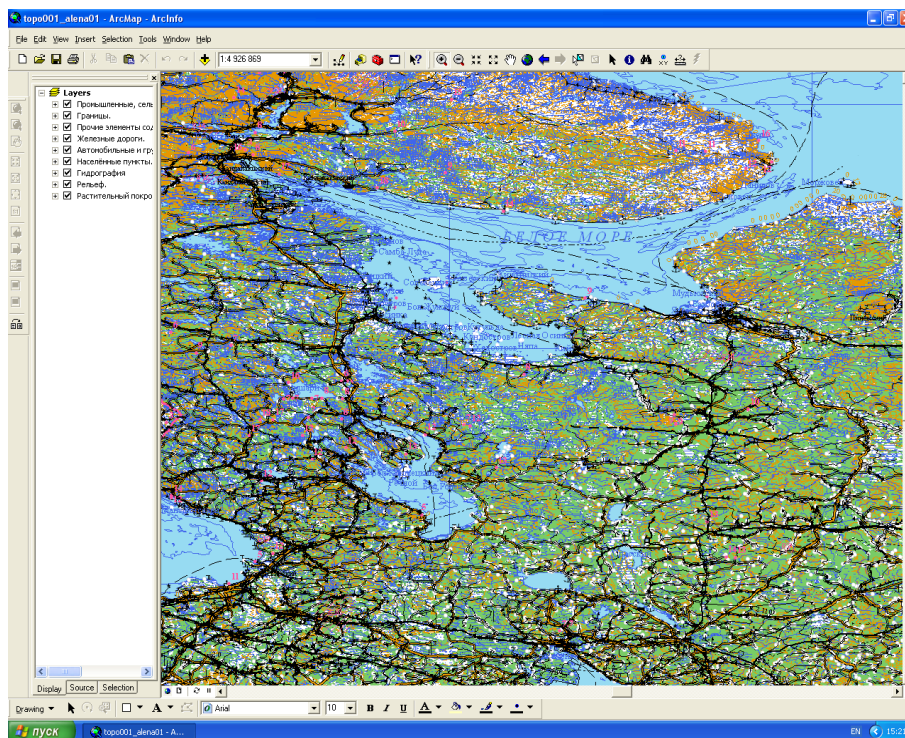


Рис. 2. Пример оформления топографической карты

Средства ArcGIS Server 9.2 Standard Edition позволяют строить индивидуальные веб-приложения на базе созданных в среде ArcGIS Desktop интерактивных карт для их дальнейшей публикации в Интернет.

Веб-приложение было создано на базе платформы Java с использованием технологий JavaServer Pages (JSP) и JavaScript. В качестве основных библиотек классов, позволяющих взаимодействовать с сервером ArcGIS и предоставляющих полный инструментальный инструментарий системы ArcGIS для работы с геоданными, использовались классы ArcObjects. При помощи них возможна разработка индивидуальных приложений с любым набором функций, которыми обладает система ArcGIS.

Удаленный доступ к интерактивной работе с данными организован на веб-портале, в защищенном паролем разделе. Примеры визуализации данных и работы с интерактивной картой на веб-портале приведены на рисунке 3.

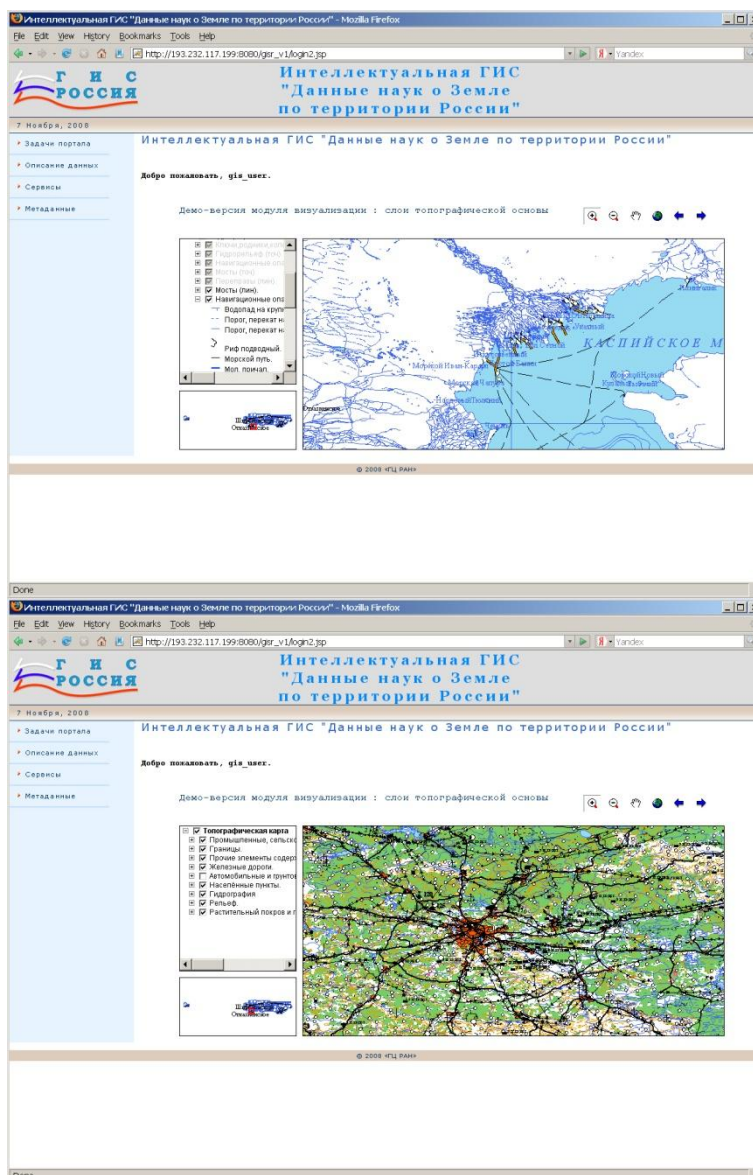


Рис. 3. Примеры удаленной интерактивной работы со слоями данных категории «Геодезия и картография - Топографическая карта» (71 слой) на веб-портале

Результаты и обсуждение

Важнейшей особенностью создаваемой ГИС является ее интеллектуальная составляющая. Комплекс алгоритмов ИИ, позволяющий одновременно обрабатывать различные совокупности слоев ГИС, делает разрабатываемую систему уникальной. Известно, что массивы цифровых геофизических данных о свойствах и состоянии геологической среды характеризуются большой зашумленностью и, вообще, геолого-геофизической информации изначально присущ расплывчатый, приближенный и неполнозаданный характер, чрезвычайно важна в ней роль экспертов. Нечеткая логика является формальным аппаратом, способным наиболее адекватно учесть не только мнения экспертов, но и нечеткость данных. Именно она служит технической основой созданного в ГЦ РАН и апробированного подхода к анализу геолого-геофизических данных методами ИИ [2]. Этот подход использует попытку моделирования дискретных аналогов фундаментальных понятий математического анализа таких, как предел, непрерывность, гладкость, связность и монотонность,

экстремум, перегиб, выпуклость и т.д., и поэтому обозначен термином “Дискретный математический анализ” (ДМА).

Формализованной основой ДМА служат нечеткая математика и нечеткая логика, обладающие выразительными возможностями для перевода человеческих представлений и рассуждений на формально-компьютерный язык.

ДМА представляет собой совокупность алгоритмов, имеющих единую формальную основу и носящих универсальный характер. ДМА включает в себя:

1. Совокупность алгоритмов, существенно расширяющую возможности классического кластерного анализа и позволяющие в многомерных массивах искать плотные реперные участки, в частности, разломы, линейные и кольцевые структуры (алгоритмы “Роден”, “Кристалл”, “Монолит”);
2. Апробированный подход к поиску аномалий на фоне шума (алгоритмы DRAS, FLARS, FCARS и др.).

На рисунке 4 представлена схема подхода к построению ДМА.



Рис. 4. Схема ДМА

1

Три верхних блока схемы относятся к формальным основам ДМА и завершаются определением конечного предела. Введенное определение конечного предела считается, естественно, только одним из возможных. Конструкция плотности на его основе дает возможность ввести новую интерпретацию понятий сгущения, кластера и трассы в многомерных дискретных пространствах. На их поиск и нацелена представленная на схеме слева первая серия алгоритмов ДМА: “Кристалл”, “Монолит”, “Роден”, “Трассирование”.

Остальные ветви схемы ДМА относятся к конечным временным рядам (КВР) и образуют вторую серию алгоритмов (“Равновесие”, “Прогноз”, DRAS, FLARS, FCARS, алгоритмы поиска нечетких монотонностей, экстремумов, морфологический анализ КВР: алгоритм “Геометрические меры”) [3].

Алгоритмы этого блока DRAS (*Difference Recognition Algorithm for Signals*) и FLARS (*Fuzzy Logic Algorithm for Recognition of Signals*), развиваются в алгоритм FCARS (*Fuzzy Comparison Algorithm for Recognition of Signals*). В свою очередь, последний послужил основой для алгоритма FCARSr, ориентированного на обработку временных рядов в режиме реального времени.

Таким образом, ДМА является единой основой большой серии алгоритмов, имеющих достаточно универсальный характер. ДМА имеет важные геолого-геофизические и геодинамические приложения: изучение аномалий на сейсмических, геоэлектрических, геомагнитных, и гравитационных записях; поиск магнитных аномалий; мониторинг вулканов [4]; анализ временных рядов самой различной природы.

Заключение

Разрабатываемая в настоящем исследовании ГИС является уникальной в связи с наличием в ней данных различной тематики (геология, геофизика, геоэкология, экономическая география, дистанционное зондирование Земли из космоса и др.), и интегрированных в ней методов ИИ, что позволяет решать широкий спектр задач в области наук о Земле и делает возможным принимать управленческих решений в различных областях научной и практической деятельности.

Так, он имеет большое значение в геологии, начиная с практических вопросов выбора участков для размещения особо ответственных объектов (АЭС, плотины, хранилища РАО и т.д.) [5], когда для обеспечения их экологической безопасности необходима надежная информация об активных тектонических нарушениях, стабильности тектонического режима, сейсмичности, строении верхней части земной коры и т.д., и кончая теоретическими исследованиями глубинных структурных неоднородностей в верхней части земной коры.

Библиография

1. Березко А.Е., Соловьев А.А., Гвишиани А.Д., Жалковский Е.А., Красноперов Р.И., Смагин С.А., Болотский Э.С. Интеллектуальная географическая информационная система "Данные наук о Земле по территории России" // Инженерная экология. 2008. № 5. С. 32-40.
2. Гвишиани А.Д., Агаян С.М., Богоутдинов Ш.Р., Злотники Ж., Боннин Ж. Математические методы геоинформатики III. Нечеткие сравнения и распознавание аномалий на временных рядах // Кибернетика и системный анализ. 2008., том 44, №3, С. 3-18.
3. Гвишиани А.Д., Агаян С.М., Богоутдинов Ш.Р. Обнаружение аномалий на записях методами нечеткого распознавания // ДАН, июль 2008., том 421, №1, С. 101-105.
4. Гвишиани А.Д., Агаян С.М., Богоутдинов Ш.Р. Дискретный математический анализ и мониторинг вулканов // Инженерная экология. 2008. № 5. С. 26-31
5. Гвишиани А.Д., Белов С.В., Агаян С.М., Родкин М.В., Морозов В.Н., Татаринев В.Н., Богоутдинов Ш.Р. Методы искусственного интеллекта при оценке тектонической стабильности Нижнеканского массива // Инженерная экология. 2008. № 2. С. 3-14.