

НОВЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, АНАЛИЗ И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ГЕОДААННЫХ

Таранчук В. Б.

Кафедра компьютерных технологий и систем, Факультет прикладной математики и информатики,

Белорусский государственный университет

Минск, Республика Беларусь

E-mail: taranchuk@bsu.by

Обсуждаются методические аспекты и технические решения вопросов разработки и сопровождения геологических, геоэкологических моделей на основе интеграции современных географических информационных систем и систем компьютерной алгебры. На примере разработанной программной системы создания и анализа геологической модели демонстрируются соответствующие средства, возможности комбинировать инструменты географических информационных систем с модулями статистического анализа данных, математически сложных вычислений, включающих реализации современных методов и алгоритмов анализа и интерпретации пространственных данных, нейросетевого аппарата.

ВВЕДЕНИЕ

Построение компьютерных геологических, геоэкологических моделей в настоящее время является обязательной частью решений экспертов во многих областях. В частности, при мониторинге состояния окружающей среды, недр, решении проблем рационального использования минерально-сырьевой базы, в проектах о защитных мерах, связанных с описанием рельефа и инженерно-геологического строения местности, при планировании контроля и управления характеристиками подземных участков, существующей подземной инфраструктуры. Геологические модели имеют особую роль для обоснования проектирования и строительства подземных сооружений, и будут всегда иметь решающее значение при создании подземных сооружений с более низкими первоначальными издержками и рисками, продолжительным жизненным циклом.

I. ОСНОВЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ.

В текущем понимании геологическая модель содержит обобщенное описание состава, структуры, формы объектов, состояния изучаемого фрагмента земной коры, поверхности на разных стадиях. Она включает не только параметры геологического строения, но и цифровые характеристики, обеспечивающие получение и графическую визуализацию объемного распределения структурно-вещественных комплексов и компонент модели. На современном этапе развития геологической науки и компьютерных технологий есть возможность комплексирования всей имеющейся геолого-геофизической и сопутствующей информации, ее интегрированного анализа с помощью вычислительных экспериментов. В то же время, многие специалисты отмечают, что понятие геологической модели до настоящего времени не в полной мере формализовано, созда-

ние компьютерных геологических моделей требует унификации ряда процедур.

Базой геологического моделирования, включающего структурную геологию, седиментологию, стратиграфию, диагенез, являются методы прикладной математики, алгоритмы обработки данных, реализующие их компьютерные программы. Соответствующее программное обеспечение компьютерных геологических моделей включает загрузку из разных источников и предобработку данных, корреляцию, формирование цифровых кубов фильтрационно-емкостных свойств, интерактивный анализ данных, визуализацию с применением графики разных типов, картопостроение.

II. КОМПЬЮТЕРНЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И ИХ ОСОБЕННОСТИ.

Создание цифровых геологических, геоэкологических моделей является относительно молодым направлением, оно активно развивается. При этом многие специалисты отмечают, что вопросы методики и технологии построения геологических моделей остаются очень сложной инженерной задачей, над решениями работают многие специалисты, в том числе в Стэнфордском университете, Норвежском компьютерном центре, Французском институте нефти, Научной школе в Нанси. Применение компьютерных геологических моделей расширяется, но пока в странах СНГ крупные государственные и частные компании потребители соответствующих программных комплексов предпочитают системы мировых лидеров. Актуальными являются вопросы разработки и внедрения альтернативных компьютерных геологических моделей. Важнейшими составляющими при этом являются: простота освоения, многофункциональность, возможности взаимообмена результатами при использовании нескольких программных продуктов, наличие средств оценки адекватности и точности получаемых цифровых моделей. Ключевыми яв-

ляются вопросы систематизации исходной и получаемой в вычислительных экспериментах информации, формирования баз знаний, автоматизации настройки и адаптации моделей, их сопоставления и оценки точности.

Моделирование объектов геологии предполагает использование сложных математических методов. Программирование, реализация алгоритмов построения и адаптации геологических, геоэкологических моделей трудоемко. Из опыта разработки, сопровождения и внедрения программных комплексов «ГеоБазаДанных» ([1, 2]), «ГБД-п», «ГБД-э» ([3, 4]) следует, что для поддержания подобных программных продуктов в актуальном состоянии, отвечающем постоянно возрастающим аппаратным возможностям, нужен большой коллектив опытных программистов. Учитывая текущие возможности по обеспеченности системами компьютерной математики, более эффективным, с заметно более низкими трудозатратами на разработку и сопровождение, относительно быстрым по времени будет подход, основанный на интеграции в единый программный комплекс модулей современных версий систем компьютерной алгебры (СКА) и географических информационных систем (ГИС). При этом следует понимать, что для решения задач обработки исходных данных, в частности, результатов дистанционного зондирования, сейсмо- и магниторазведки, моделирования, никакая конкретная ГИС не является полным набором пространственно-аналитических методов и средств анализа. Во многих случаях приходится комбинировать инструменты ГИС с программами статистического анализа данных, средствами для математически сложных вычислений, включающих реализации современных методов и алгоритмов анализа и интерпретации пространственных данных.

Теоретической базой при решении задач математического моделирования объектов геологии, геоэкологии является концепция, следуя которой ядром и основой для построения компьютерных геологических моделей является цифровое описание ограничивающих объём поверхностей – структурный каркас и набор используемых литологических типов. При этом основным этапом является построение генерализованных поверхностей, описывающих топологию объекта, последовательность залегания геологических тел, слоев, то есть своеобразная структурная «этажерка» [5, 2, 4]. Для структурированной по слоям трехмерной геологической модели применим подход построения в режиме «конструктор», когда сборка и редактирование модели производятся по частям, которыми служат отдельные геологические элементы. Для слоев в описание включаются распределения изучаемых параметров. Исходными данными для этих описаний, как правило, являются значения на-

блюдаемого параметра в пунктах контроля, которые размещены на площади нерегулярно. Например, фиксируются, контролируются характеристики: стрессдеформация, абразивность, теплопроводность, пористость, проницаемость, гидропроводность, описания геологических изменений и истории развития участка – соответствующие замеры могут рассматриваться как параметры, их распределение в объеме включаются в цифровые кубы данных.

III. КОМПЬЮТЕРНЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И ИХ ПЕРСПЕКТИВЫ.

Представляется, что на данном этапе основной разработки и сопровождения компьютерных геологических моделей должны быть новые «умные» методы адаптации моделей в процессе их эксплуатации, интеллектуальные вычислительные системы, реализующие методы «самонастройки» моделей с учётом дополняемых данных фактического развития процессов. Элементы такого подхода реализованы в компьютерном программном комплексе «Генератор геологической модели залежи» (ГГМЗ). Основные функциональные возможности, подтверждающие эффективность предлагаемого подхода соответствующие программные компоненты ГГМЗ, примеры для разных вариантов анализа и интерпретаций можно посмотреть в [6 – 8].

В докладе с использованием инструментов комплекса ГГМЗ будут показаны представительные примеры, иллюстрирующие возможности графической визуализации моделей, традиционных методов предобработки первичной информации, применения при интерпертации исходных данных и результатов моделирования нейронных сетей, многоточечной статистики.

Отдельное внимание будет уделено демонстрации возможностей графической визуализации и сопоставления результатов средствами системы компьютерной математики Wolfram *Mathematica* ([9, 10]), интеграции получаемых карт и иллюстраций в географические информационные системы. Целесообразность подобного анализа обусловлена желанием показать приемы получения эталонов и обоснования экспертных решений, которые с учетом обрабатываемой геологической информации всегда субъективны.

Возможности системы *Mathematica* по статистической обработке данных ([11]) будут отмечены в ракурсе относительно простого включения в число инструментов анализа дополнительных математически сложных алгоритмов анализа многомерных данных [12]. Подобное очень важно, потому что методы анализа типа цитированных могут найти применение в практике только при наличии соответствующих программных модулей – используя СКА *Mathematica*, не имеющие специальной математической подготовки пользователи, могут освоить и приме-

нять сложные алгоритмы, потому что в системе есть полные и содержательные пояснения реализованных алгоритмов и программных функций.

Обсуждение и уточнение возможных дополнительных направлений развития аппарата нейронных сетей [13, 14], их применения при создании интеллектуальных программных средств анализа и конструирования геологических моделей с реализацией идеи «сеть сама учится выполнять задачу» предполагается инициировать демонстрацией в реализованных по методике [15] модулях комплекса специально подобранных примеров.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотрены вопросы, сформулированы конкретные предложения проектирования и разработки программных систем для создания и сопровождения геологических, геоэкологических моделей путем интеграции в единый программный комплекс модулей современных версий систем компьютерной алгебры и географических информационных систем.

IV. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буйкис, А. А. О программном обеспечении вычислительного эксперимента в задачах неизоэотермической двухфазной многокомпонентной фильтрации / А. А. Буйкис, А. Б. Золотухин, В. Б. Таранчук // Прикладные задачи математической физики. Рига, ЛГУ. –1985. –С. 191–205.
2. Барвенов, С. А. Методика, инструментарий адаптации математических моделей процессов подземной гидродинамики / С. А. Барвенов, М. Ф. Кибаш, В. Б. Таранчук // Выбранные научные работы БДУ, т. «Математика», Минск. –2001. –С. 34–65.
3. Таранчук, В. Б. Интерактивная компьютерная система визуализации процессов переноса примесей в почвогрунтах «ГБД-п» / В. Б. Таранчук, В. В. Таранчук // Природопользование. –2005. –Вып. 11. –С. 139–143.
4. Таранчук, В. Б. Построение цифровых геолого-экологических моделей в системе ГБД-э / Геоэкология Беларуси / М. Г. Ясовеев [и др.] ; под ред. М. Г. Ясовеева, В. Б. Таранчука. – Минск : Право и экономика. –2006. Научное издание. –С. 72–96.
5. Булыгин, Д. В. Геология и имитация разработки залежей нефти / Д. В. Булыгин, В. Я. Булыгин. – М. : Недра. –1996. – 382 с.
6. Таранчук, В.Б. Программный комплекс адаптации геологических моделей. Концепция, решения, примеры реализации / В. Б. Таранчук // Проблемы физики, математики и техники. –2017. –№ 3 (32). –С. 81–90.
7. Таранчук, В. Б. Интегрированный программный комплекс тестировщика геологических моделей / В. Б. Таранчук // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. –2017. –№ 16 (265). –С. 148–159.
8. Taranchuk, V. B. The integrated computer complex of an estimation and adapting of digital geological models / V. B. Taranchuk // Studia i Materiały. Volume 14. –2017. –№ 2. –С. 73–86 (in Engl.)
9. Таранчук, В. Б. Особенности функционального программирования интерактивных графических приложений / В. Б. Таранчук // Вестник Самарского государственного университета. Естественная серия, раздел Математика: –2015. –№ 6 (128). –С. 178–189.
10. Taranchuk, V. B. Methods and tools of development of interactive teaching materials on the computer mechanics / V. B. Taranchuk, M. A. Zhuravkov // Studia i Materiały. –2016. –№ 11. –С. 69–83 (in Engl.)
11. Таранчук, В. Б. О возможностях и инструментах реализации вероятностно-статистических методов в системе Mathematica / В. Б. Таранчук // Теория вероятностей, случайные процессы, математическая статистика и приложения : материалы Междунар. науч. конф., посвящ. 80-летию проф., д-ра физ.-мат. наук Г. А. Медведева, Минск : РИВШ . –2015. –С. 320–325.
12. Муха, В. С. Математические модели многомерных данных / В. С. Муха // Доклады БГУИР. –№ 2 (80). –2014. –С. 143–158.
13. Golenkov, V. V. From training intelligent systems to training their development tools / V. V. Golenkov, N. A. Gulyakina, N. V. Grakova, I. T. Davydenko, V. Y. Nikulenko, A. P. Egemeev, V. B. Tarasov / Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем (OSTIS-2018) : материалы Междунар. научн.- техн.конф. Мн. : БГУИР. –2018. –С. 81–98
14. Golovko, V. A. Integration of artificial neural networks and knowledge bases / V. A. Golovko, V. V. Golenkov, V. P. Ivashenko, V. V. Taberko, D. S. Ivaniuk, A. A. Kroshchanka, M. V. Kovalev / Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем (OSTIS-2018) : материалы Междунар. научн.- техн.конф. Мн. : БГУИР. –2018. –С. 133–145
15. Таранчук, В. Б. Возможности и средства Wolfram Mathematica для разработки интеллектуальных обучающих систем / В. Б. Таранчук // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика: –2015. –№ 1 (198) том 33. –С. 102–110.

Основываясь на наибольшей в мире коллекции специальных функций и двух десятилетиях развития символьных и численных алгоритмов, система *Mathematica*, начиная с версии 8, предлагает беспрецедентный уровень поддержки параметрических распределений [7].