



УДК 004.42
ББК 32.97+32.973.2

4D-МОДЕЛИ В ЗАДАЧАХ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ: ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

С.С. Храпов, И.А. Кобелев, А.В. Писарев, А.В. Хоперсков

Разработана информационная система для многомерной визуализации результатов численного моделирования нестационарных течений поверхностных вод.

Ключевые слова: xD-модели, многомерная визуализация процессов, компьютерное моделирование, параллельные технологии.

Введение

Широкое развитие компьютерного моделирования в самых различных областях техники, науки, управления, которое по своим возможностям часто превосходит возможности натурального эксперимента, ставит проблему обработки многомерных данных и их наглядного представления [1]. Многомерная визуализация в последние годы становится самостоятельным направлением информационных и компьютерных технологий, происходит переход от 3D- к 4D-моделям, разрабатываются технологии xD-моделирования (5D, 6D). Отдельным направлением является так называемая визуализация параллельных вычислений [5], или Visual Supercomputing, начало которой положено в работе [13]. При подготовке вычислительного эксперимента на распределенных ресурсах возникает задача управления расчетом на начальных стадиях имитационного моделирования в режиме on-line [10].

На актуальность перечисленных задач указывает анализ публикаций специализированных научных журналов «Journal of Visualization», «Journal of Visual Languages and

Computing», «Electronic Proceedings in Theoretical Computer Science», «International Journal of High Performance Computing Applications», «Computer Graphics Forum» и др.

При решении трехмерной нестационарной многопараметрической задачи с использованием параллельных технологий возникают трудности управления и передачи больших массивов данных, генерируемых супервычислителями. Одним из подходов является включение в систему графической станции, где реализуется сервер визуализации [4]. Значительные результаты достигнуты в развитии методов визуализации течений газа и жидкости при различных условиях [11; 12]. Началось проникновение идей 4D-моделирования, в частности, в управление объектами в нефтяной отрасли [3]. Отметим также первые специализированные системы автоматизированного проектирования 4D, например, PLANT-4D для проектирования промышленных объектов [7]. Однако для графического представления результатов моделирования течений на больших территориях с учетом реальной местности удобно использовать геоинформационные системы, которые не имеют эффективных инструментов для 4D-визуализации.

В данной работе рассматриваются некоторые вопросы проектирования информационной системы многомерной визуализации при решении задачи численного моделирования

нестационарной гидродинамики поверхностных вод в приложении к задачам экологии Волго-Ахтубинской поймы.

Структура информационной системы

В основе проектирования программного комплекса (ПК) лежит модульный подход и объектно-ориентированное программирование. Для построения более эффективного расчетного модуля он был реализован на языке программирования Fortran, а остальные модули выполнены на языке C# платформы .Net. Также использовались программные средства ГИС «Карта 2008» (для обеспечения совместимости с геоинформационной системой конструкторского бюро «Панорама»). Формат входных и выходных картографических данных полностью совместим с форматами, используемыми в ГИС «Карта 2008». Программный комплекс состоит из девяти основных модулей и блоков (см. рис. 1):

1) Интерфейс программного комплекса «Main» обеспечивает управление работой всего программного продукта. Управляет потоками данных, позволяет работать со всеми модулями и блоками ПК, обеспечивает взаимную связь между модулями и блоками.

2) Расчетный модуль – обеспечивает проведение расчетов, основанных на программной реализации гидродинамической нестационарной модели движения жидкости на основе параллельных технологий.

3) Модуль 2D-визуализации позволяет просматривать в двухмерном виде данные расчета для заданного момента времени.

4) Модуль 3D-визуализации предназначен для просмотра в трехмерном виде.

5) В основе файлового блока входных данных лежит область дискового пространства, предназначенная для хранения картографических данных: векторных карт форматов *SXF*, *MAP*, *SIT*; матриц абсолютных и относительных высот формата *MTW*; матриц качества формата *MTQ*.

6) Файловый блок настроек проекта предназначен для хранения настроек проекта.

7) Файловый блок выходных данных предназначен для хранения файлов, полученных в результате моделирования (файлы формата *DAT-binary*).

8) Модуль 4D организует процесс динамической визуализации результатов моделирования в различные моменты времени для заданных параметров съемки (режим навигации и управление полетом).

9) ГИС «Карта 2008» позволяет создавать и редактировать векторные (пользовательские, тематические) карты в форматах *MAP* и *SIT*, строить по данным векторных карт матрицы абсолютных и относительных высот в формате *MTW*, матрицы качества в формате *MTQ*. Программные средства, входящие в состав ГИС «Карта 2008», используются программой «ЭкоГИС» для отображения и обработки картографической информации в процессе проведения расчетов.

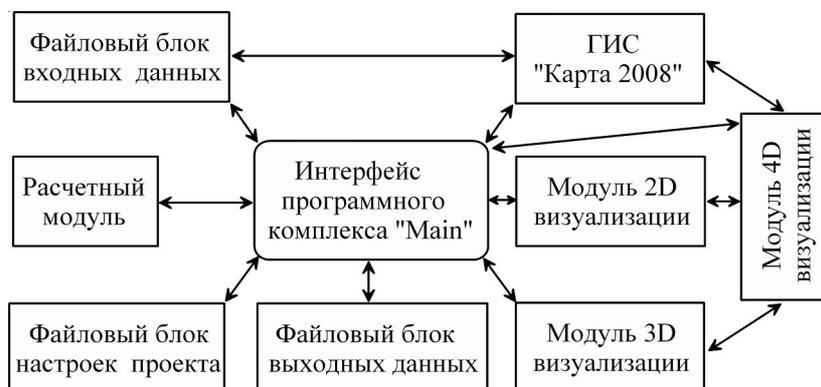


Рис. 1. Схема, поясняющая принцип и структуру работы созданного программного комплекса; стрелками указаны направления потока данных

Основной функционал приложения составляют следующие классы: Связь с удаленным компьютером (Connect); Параметры по умолчанию (Default); Фильтр объектов (FilterObj); Головной класс (Main); Геометрия параметров расчета (Geometry); Управляющие функции (GisMapSet); Список карт (GisMapPart); Расчет класса устойчивости (KlassUstes); Панель рисования карты (MapView); Метеорологические условия (Meteorology); Первичные методы создания проекта (NewProject); Свойства подстилающей поверхности (Phys); Данные проекта (Project); Свойства проекта

(ProjProper); Управляющий статический класс (Router); Подготовка к запуску расчета (SelectSolveDir); Параметры расчета (Solve); Свойства объекта (SourceProp); Реализация сплайна (SplineEditForm); Контейнер сплайна (SplineFunc); Данные сплайна (TimePoint); Интерфейс взаимодействия с API (MapAccess); Управление объектами (Tools); Управление состоянием объектов (UndoMan); Сериализатор состояния (XmlUtility); Оболочка выбора директории (FD). На рисунке 2 показана диаграмма компонентов программного комплекса.

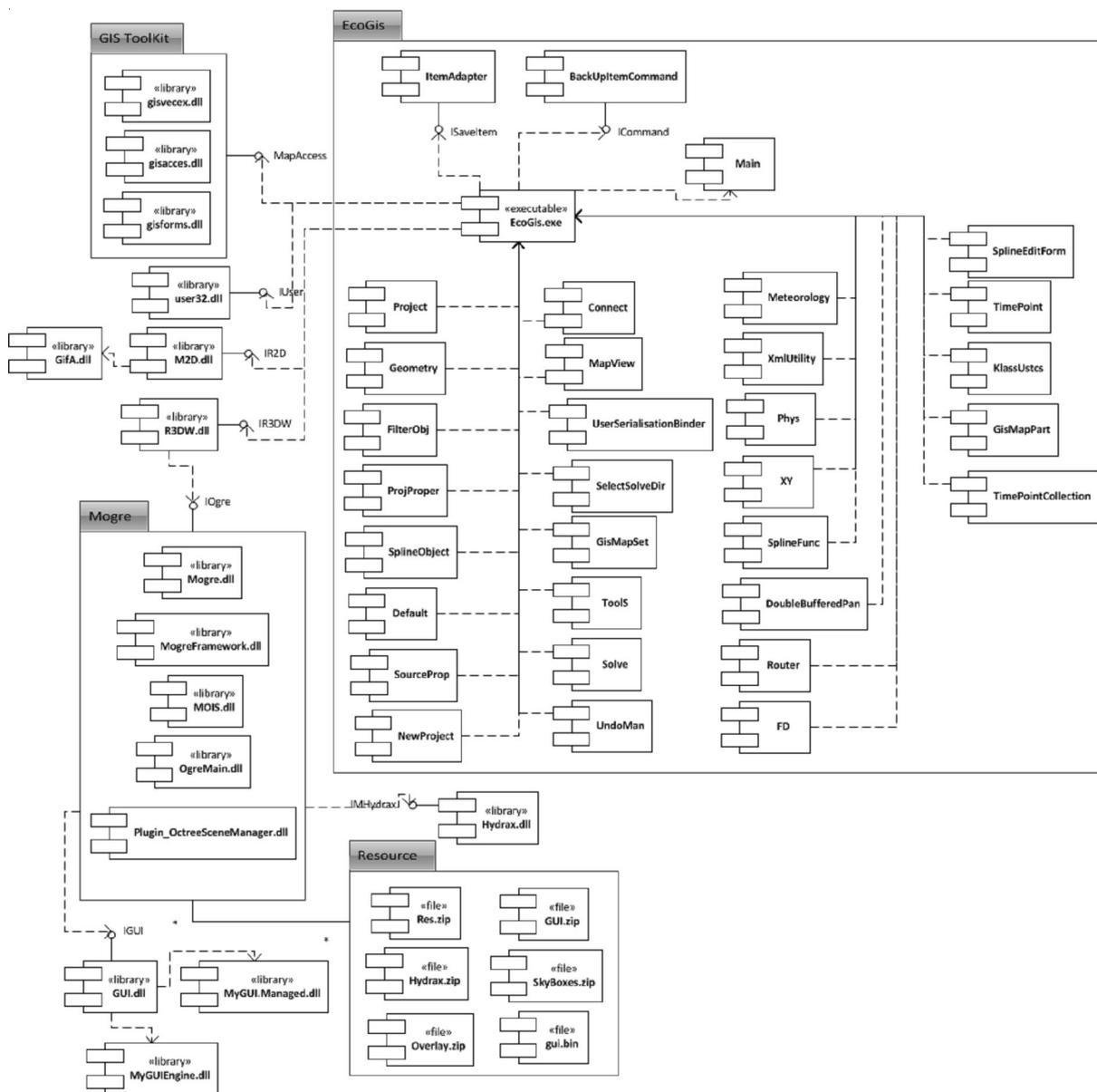


Рис. 2. Диаграмма компонентов ПК

Графический интерфейс для управления и визуализации

Программный комплекс состоит из главного меню, где находятся основные элементы управления проектом и картой, области отображения, необходимой для визуализации карт, и строки информации, в которой указываются основные параметры. Вся информация, необходимая для моделирования, управления расчетом и визуализацией, формируется при создании нового проекта. На этом же этапе подключается цифровая модель рельефа и растровая карта (рис. 3). Для задания параметров реализованы несколько диалогов: «Параметры расчета», «Геометрия модели», «Метеорологические условия», «Свойства подстилающей поверхности». При выборе некоторых моделей, в основе которых лежат функциональные зависимости (например, вертикальный профиль ветра), задание осуществляется графически, в том числе в виде сплайна.

В рамках единого интерфейса возможен запуск как на локальной машине, так

и на удаленном компьютере. При выборе локального типа расчета имеется режим запуска на одном компьютере нескольких расчетов.

В отличие от распространенных приложений, в которых расчет проводится непосредственно в главном модуле приложения, созданный ПК имеет разделенную структуру расчетного и управляющего модуля. Это позволяет:

1) Запускать расчетный модуль отдельно на любой локальной или сетевой машине, не используя непосредственный физический доступ к последней.

2) Количество расчетов в пределах отдельно взятой машины может быть неограниченным.

Реализован набор инструментов для работы с картой в различных масштабах. Кроме того, имеется панель инструментов для манипулирования объектами (источниками) пользовательской карты. Для трех типов объектов (точечных, линейных, площадных) предусмотрена возможность фильтрации.



Рис. 3. Трехмерный рельеф в сеточном виде и установка параметров визуализации для панорамной съемки

В панели «Параметры визуализации» выделим наиболее существенные атрибуты: ALow NVPerfHUD – передовой анализ в режиме реального времени Direct3D приложений позволяет получить заметный прирост производительности; FSAA – полноэкранное сглаживание на границах полигонов; Floating-point mode – скорость вычислений с плавающей точкой; Full screen – перевод в полноэкранный режим отображения; Rendering Device – определяет устройство отображения; Resource Creation Policy – количество устройств для отображения; Vsync – задает вертикальную синхронизацию; Vsync Interval – интервал вертикальной синхронизации; Video mode – разрешение экрана и цветность; sRGB Gamma Conversion – коррекция функции яркости в зависимости от характеристик устройства вывода; Color Depth – глубина цвета; RTT Preferred mode – режим, задающий технологию передачи запроса от клиента к адаптеру и обратно; Display Frequency – частота дисплея.

Для ускорения визуализации модели написан ряд шейдеров для исправления некоторых особенностей OpenGL и DirectX (например, связанных с некорректной работой вершинных и пиксельных шейдеров).

Заключение

Разработанная информационная система показала свою эффективность для управления численным экспериментом и визуализации результатов моделирования динамики затопления на территории Волго-Ахтубинской поймы [8; 9] и может быть использована для широкого круга задач, в частности, при изучении особенностей распространения загрязняющих примесей как в водном бассейне [2], так и в водоемах [6].

ПРИМЕЧАНИЯ

¹ Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 10-07-97017, 11-05-97044, 11-07-97025 и ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (Госконтракт № 02.740.11.5198). Ряд расчетов выполнялся на суперкомпьютере СКИФ МГУ «Чебышев» при поддержке Н.В. Тюриной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авербух, В. Л. К теории компьютерной визуализации / В. Л. Авербух // Вычислительные технологии. – 2005. – Т. 10, № 4. – С. 21–51.
2. Информационно-компьютерный комплекс для моделирования динамики примесей от предприятий химической промышленности / А. А. Белослудцев, Д. В. Гусаров, М. А. Еремин, Н. М. Кузьмин, А. В. Хоперсков, С. С. Храпов // Вестн. Волгогр. гос. ун-та. Сер. 1, Математика. Физика. – 2009. – № 12. – С. 95–102.
3. Комплексное проектирование объектов устройства с применением трехмерных технологий и переход на уровень 4D / В. З. Кузенков, А. С. Андреев, М. Ю. Ахмеджанов, А. Н. Рымшин // Нефтяное хозяйство. – 2010. – № 8. – С. 69–71.
4. Манаков, Д. В. Анализ параллельных визуальных технологий / Д. В. Манаков // Вычислительные технологии. – 2007. – Т. 12, № 1. – С. 45–60.
5. Система удаленной визуализации для инженерных и суперкомпьютерных вычислений / М. О. Бахтерев, П. А. Васев, А. Ю. Казанцев, Д. В. Манаков // Вестник ЮУрГУ. – 2009. – № 17. – С. 4–11.
6. Смирнов, Е. Д. Моделирование динамики загрязнений в бассейне Волгоградского водохранилища / Е. Д. Смирнов, А. В. Хоперсков // Поволж. экол. вестн. – 1997. – Вып. 4. – С. 83–87.
7. Федоров, А. В. Проектирование в системе PLANT-4D / А. В. Федоров // Нефтяное хозяйство. – 2009. – № 3. – С. 82–86.
8. Храпов, С. С. Компьютерное моделирование экологических систем : монография / С. С. Храпов, А. В. Хоперсков, М. А. Еремин. – Волгоград : Изд-во ВолГУ, 2010. – 124 с.
9. Электронная модель затопления Волго-Ахтубинской поймы при различных гидрографах / С. С. Храпов, А. В. Хоперсков, М. А. Еремин, Д. В. Гусаров, А. В. Плякин, О. В. Филиппов, Д. В. Золотарев, Н. М. Кузьмин // Вестн. Волгогр. гос. ун-та. Сер. 1, Математика. Физика. – 2007. – № 11. – С. 201–207.
10. Lang, U. Distributed and collaborative visualization of simulation results / U. Lang // Computational technologies. – 2003. – Vol. 8. The Special Issue, Part 1. – P. 82–96.
11. Leonov, S. B. The 10th International Conference on Fluid Control, Measurements, and Visualization / S. B. Leonov // Journal of Visualization. – 2010. – Vol. 13, № 2. – P. 169–173.
12. Prenel, J. P. The 13th international Symposium on Flow Visualization / J. P. Prenel // Journal of Visualization. – 2008. – Vol. 11, № 4. – P. 395–400.

13. Visual Supercomputing: Technologies, Applications and Challenges / K. Brodli, J. Brooke,

M. Chen [et al.] // Computer graphics. – 2005. – Vol. 24, № 2. – P. 217–245.

4D-MODEL IN ECOLOGICAL SIMULATIONS: AN INFORMATION SYSTEM DESIGNING

S.S. Khrapov, I.A. Kobelev, A.V. Pisarev, A.V. Khoperskov

An information system for multi-dimensional visualization was developed. It can be used for representation of numerical simulation of unsteady shallow water flows.

Keywords: *xD-model, multi-dimensional visualization of processes, computer simulation, parallel technologies.*