

СИСТЕМА ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ПОЛЕЙ СИНОПТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ¹

С.В. Мельман, В.А. Бобков
Институт автоматики и процессов управления
Владивосток, Россия
gruzd@dvo.ru

Аннотация

Представлена система визуализации объемов применительно к физическим полям синоптических объектов. Описаны реализованные в системе алгоритмы визуализации скалярных и векторных 3D-полей. Приведены примеры работы системы на модельных и реальных данных.

Ключевые слова: визуализация объемов, скалярные поля, векторные поля, синоптические объекты.

1. ВВЕДЕНИЕ

Программно-алгоритмические средства визуализации объемов являются важным инструментом в задачах исследования динамики атмосферы и океана, связанных с обработкой больших объемов пространственных данных и компьютерным моделированием. Разработка таких средств ведется давно но, несмотря на большой спектр реализуемых на сегодня возможностей [1-6], потребность в совершенствовании методов/алгоритмов визуализации сохраняет свою актуальность, поскольку растут объемы обрабатываемых данных и повышаются требования к скорости и эффективности визуализации.

Необходимость в разработке специализированных средств 3D графики в настоящей работе определяется следующей спецификой требований со стороны решаемого спектра атмосферно-океанологических задач: комбинированная визуализация рассматриваемых физических полей скалярного и векторного типа; многоплановая анимация – движение камеры в сцене, динамика скалярного поля, анимация векторного поля и их комбинации; необходимость в наращиваемом наборе различных методов/алгоритмов визуализации и интерактивности; повышение скорости обработки больших объемов данных за счет применения аппаратных графических возможностей и параллелизма.

Описываемая в настоящей работе графическая система ориентирована на круг прикладных задач, решаемых в центре приема и обработки спутниковой информации в ИАПУ ДВО РАН. Она предназначена для наглядной визуализации больших объемов пространственных данных, получаемых с искусственных спутников Земли и метеорологических станций в целях изучения синоптических объектов (течения, вихри, циклоны и др.), построения математических моделей [7] и прогноза их динамики. В конечном счете, визуальный анализ и интерпретация получаемых данных расширяет возможности метеорологов при изучении погодных явлений и способствует повышению качества прогнозов погоды. Наряду с визуализацией данных в системе решаются и задачи

уточнения, восполнения и регуляризации метеорологических и спутниковых данных.

2. СТРУКТУРА И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ СИСТЕМЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ

Структура системы представлена на рис. 1. Основу ее составляет универсальная программная оболочка, посредством функций которой пользователь управляет загрузкой данных, выбором методов визуализации и инструментов для проведения визуального анализа данных. В настоящей версии это методы визуализации статических и динамических скалярных и векторных полей.

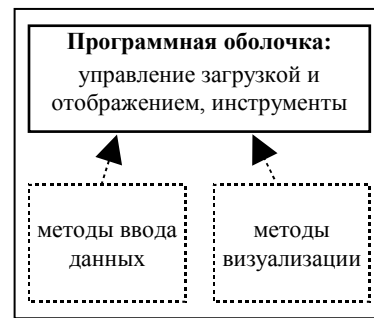


Рис. 1 Структура программной оболочки

представляется пользователю в виде анимационного фильма со шкалой времени, перемоткой вперед/назад, паузой и т.д.

Возможности свободного наращивания и модификации методов визуализации и методов работы с различными форматами данных реализованы поддержкой сменных модулей – плагинов (plug-in). В настоящей версии программы реализована поддержка двух типов подключаемых модулей: модули загрузки данных и модули визуализации. При этом обеспечивается одновременная визуализация нескольких видов данных (температура, влажность, давление, ветер) с одновременным применением нескольких методов визуализации для одного набора данных.

В текущей версии проекта реализованы три алгоритма визуализации, применяемые для скалярных данных, и ранее разработанный авторами алгоритм визуализации векторных полей [15]. Предполагается развитие алгоритмической базы за счет разработки новых и включения известных алгоритмов.

Используются 3 вида данных:

- скалярные поля (поля температур, влажности);
- векторные поля (движение воздушных масс);

Загрузка, интерпретация, интерполяция, аппроксимация или другие действия выполняются в конкретный момент времени скрыт от пользователя. Процесс визуализации динамических полей в конечном результате

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке ДВО РАН и Программы фундаментальных исследований РАН № 14, раздел II.

- информация для повышения наглядности при визуализации данных (топографические данные по планете, графические полигональные объекты и др.).

Каждый модуль загрузки работает только с определенной группой данных, с определенным типом и только от определенного источника данных. Результатом работы модуля загрузки является не только загрузка, но и интерпретация данных и приведение их к формату принятому в приложении.

Для загрузки реальных полей температуры и влажности воздуха, создаваемых Японским Метеорологическим Агентством по данным радиометров HISR/AMSU спутников POES NOAA была реализована динамическая загрузка данных, когда пользователь с помощью шкалы времени может выбрать серию для визуализации. Поскольку данные являются разреженными и нерегулярными применяются методы их восполнения (в пространстве и во времени).

Для повышения скорости обработки данных предусмотрена предварительная обработка с параллельными вычислениями на МВС-1000 и визуализация с использованием аппаратного рендеринга, включая и применение технологии "шейдеров".

2.1 Функциональные возможности: визуальный анализ данных.

Создаваемая система может использоваться для визуализации различных пространственных статических и динамических полей скалярного и векторного типа. Вместе с тем она, прежде всего, ориентирована на применение в исследованиях синоптических объектов в задачах динамики атмосферы и океана. Основной прикладной функциональной направленностью при этом является:

- визуальное обнаружение важнейших пространственно-временных характеристик атмосферы, в частности влажности (интегральной и на различных уровнях), положение тропопаузы;
- визуализация изотемпературных поверхностей атмосферы;
- интерактивный анализ атмосферно/океанических аномалий, определение их сущности, происхождения, положения и времени жизни.

Для обеспечения указанных проблемно-ориентированных возможностей в интерфейсе системы предусматриваются следующие графические функции:

- темпоральные и пространственные срезы;
- гибкое управление интерфейсом;
- интерактивное управление модулями загрузки и визуализации;
- интерактивная обработка данных.

К инструментарию относятся такие режимы как:

- управление камерой ("Arcball", свободный полет, плоский режим, автоматическое слежение за динамическими объектами);
- управление данными (отсечение скаляров, фильтрация);
- управление визуализацией;
- управление динамическими полями.

3. АЛГОРИТМЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ОБЪЕМОВ

В настоящей версии системы реализованы четыре алгоритма анимационной визуализации объемов, применяемые для скалярных данных:

1. Метод объемной текстурной визуализации (ТВ);
2. Метод объемной многочастичной визуализации (МВ);
3. Метод визуализации изоповерхностей (ВИ);
4. Для анимации векторных полей применяется ранее разработанный авторами метод многочастичной анимации (МЧА) [15].

3.1 Объемная текстурная визуализация

Метод объемной визуализации базируется на использовании библиотеки OpenGL и аппаратно поддерживаемых 3D-текстур. Для подготовки этапа рендеринга в рассматриваемом объеме строится семейство секущих плоскостей, параллельных плоскости экрана. Поле скалярных данных по предопределенной схеме интерпретируется как 3D-текстура, и графический акселератор берет на себя дальнейшую интерполяцию данных между ячейками сетки. Закраска плоскостей происходит средствами 3D-акселератора с использованием подготовленной и загруженной в видеопамять 3D-текстурой. При визуализации данных можно оперировать параметрами "цвет" и "прозрачность", "освещенность". Вычислительные затраты метода сводятся к вычислению трехмерных текстурных координат, которые присваиваются вершинам примитивов, являющихся приближением секущих плоскостей. Для этого над текстурными координатами проводятся матричные преобразования:

$M = M_T^{-1} \cdot M_V^{-1} \cdot M_T \cdot M_s$, где: M_V – текущая видовая матрица;

M_T – матрица прямого сдвига центра координат;

M_s – матрица масштабирования.

За счет использования прозрачности, реализованный в 3D ускорителях, все, не относящиеся к исследуемому объему пиксели, остаются невидимыми, в результате на экране формируется реалистичное изображение.

3.2 Метод многочастичной визуализации

Входными данными для работы алгоритма является задание скалярного поля в рассматриваемом объеме. Идея алгоритма заключается в отображении на экран частиц (в нашем случае это сферы малого диаметра) в соответствии со значением скаляра в рассматриваемых точках объема. Для реализации наглядности отображения скалярного поля варьируются параметры: цвет частиц, освещенность, вероятность появления. Реализуется анимационная визуализация, при которой происходит постоянная смена положений частиц (мельтешение) – в результате, наблюдатель по характеру распределения частиц на последовательности кадров может судить о структуре скалярного поля. При реализации предложенного метода использовался закон распределения, рассчитывающий вероятность появления частицы в объеме:

$A = F(s)$, где A – вероятность появления частицы в объеме; F – функция зависимости; s – значение скаляра.

Функцию F задает пользователь. Как вариант предлагается $F = s^n$, где n задает пользователь. Так же как и функцию вероятности, пользователь выбирает функцию раскраски частиц в зависимости от значений скалярного поля. Например:

