

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ И АНАЛИЗА ДАННЫХ БУЙКОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ В МИРОВОМ ОКЕАНЕ

Кострюков А.С.,

Научный руководитель: канд. физ.-мат. наук Картушинский А. В.

Сибирский Федеральный Университет

Институт космических и информационных технологий

Мировой океан является одной из важнейших природных систем Земли. Движения его вод вызываются самыми разнообразными причинами и характеризуются широким спектром пространственных и временных масштабов. В океане существуют устойчивые циркуляционные системы и динамические образования различных пространственных и временных масштабов.

Последние десятилетия гидрологические работы в океанах и морях приобрели массовый характер, когда число производимых в море измерений возросло многократно. Широкое применение нашли зондирующие устройства, непрерывно или с определенной периодичностью регистрируют параметры морской воды. Затем измеренные данные передаются в центры обработки и хранения информации при помощи искусственных спутников Земли.

Температура и солёность – важнейшие океанологические характеристики морской воды. Их распределение во времени и пространстве определяет основные черты гидрологического состояния и динамику вод Мирового океана. Так как океан нагревается сверху, температура в нём с глубиной понижается. Однако благодаря интенсивному перемешиванию верхний слой океана толщиной около 30-50м становится квазиоднородным.

За всю историю наблюдений в Мировом океане накоплено большое количество данных, собранных при помощи буйковых измерителей. Исходя из этого, наиболее остро стоят проблемы обработки больших массивов пространственно-распределенных данных и их визуализации, что необходимо для изучения динамических процессов в океане. Для этого предлагается соответствующее программное обеспечение.

В качестве исходных данных в работе используются результаты измерений океанологических параметров, полученных в рамках международной программы АРГО. Запущена сеть автоматических постоянно действующих буев находящихся на разной глубине в различных районах океана. Измеряются следующие параметры: температура, солёность, скорость течения.

Данные поступают ежедневно, дискретность измерения каждого буя составляет 10 суток, а плановый нижний горизонт измерений - 2000 м. Каждый буй дрейфует в течение 10 суток на заданной глубине, затем опускается на горизонт 2000 м. С горизонта 2000 м он всплывает на поверхность, измеряя температуру и солёность (электропроводность). Цикл (рисунок 1) продолжается до тех пор, пока не истощатся батареи (рабочий период составляет около 4 лет).

Все данные наблюдений с буев поступают через приемные спутниковые станции (АРГОС) в два центра данных АРГО и в национальные центры данных АРГО. Полученные через спутник данные перекодируются (с шестнадцатеричного в десятичный код), проверяются их координаты и точность и в течение суток передаются в глобальную базу данных с возможностью доступа заинтересованных лиц. После более детального контроля качества данных и необходимой корректировки (занимающего несколько месяцев) они передаются в два глобальных центра АРГО: в Монтеррее (США) и в Тулузе (Франция).

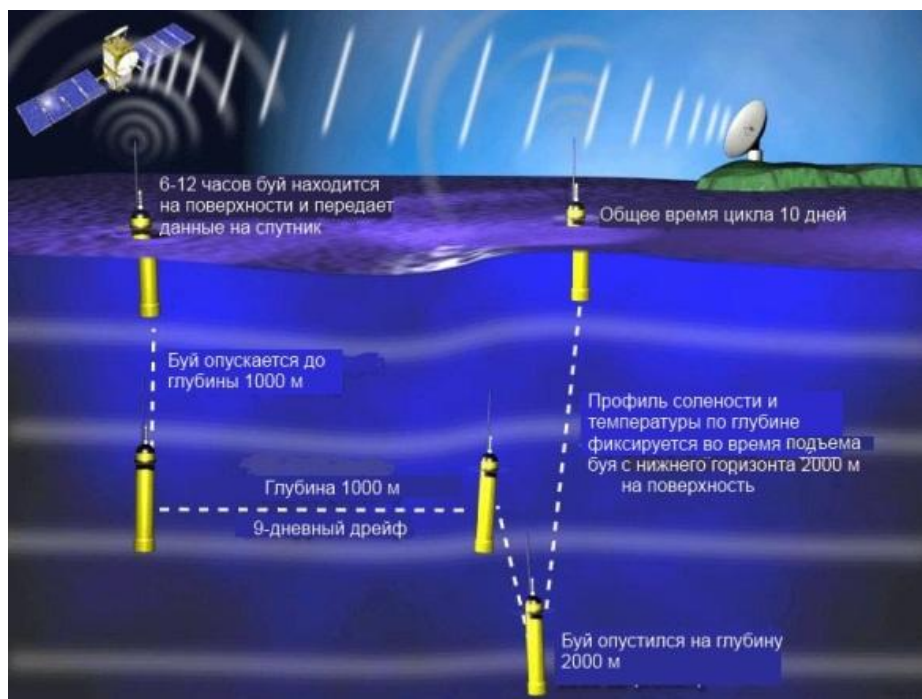


Рисунок 1 – Технологический цикл работы буя «Арго»

Измерения течений, температуры, солёности, а также определенной по ним плотности вместе с данными о морской поверхности со специальных спутников дают соответствующую информацию о состоянии океана.

Доступные конечным пользователям данные представлены в формате NetCDF, специально разработанным в рамках программы Unidata для хранения и передачи разнообразных научных данных. Этот формат ориентирован на большие объёмы данных, позволяет объединять в одном файле данные разных типов и структур, а также обеспечивает легкую переносимость на разные вычислительные платформы.

Задача введения формата и интерфейса NetCDF – обеспечить оптимальные условия для хранения и обработки данных больших объемов в переносимом и самоопределяемом виде. Большое внимание уделяется эффективности представления данных. Библиотека обеспечивает произвольный доступ к данным как поэлементно, так и к их нужным частям большого размера.

Особенности формата NetCDF:

- является самоопределенным, т.е. файл NetCDF включает в себя информацию о данных, которые он содержит;
- файлы NetCDF могут быть доступны для чтения на компьютерах с различными способами хранения чисел (integer, double, float);
- прямой доступ: некоторая часть большого набора данных может быть доступна мгновенно, без чтения предшествующих данных (аналог кэширования);
- новые данные могут быть добавлены к уже имеющемуся NetCDF файлу без пересмотра его структуры;
- одновременно к NetCDF файлу могут получить доступ 1 «писатель» (writer) и несколько «читателей» (readers).

Существует два основных способа работы с форматом NetCDF:

1. Внедрение в свой проект библиотеки NetCDF, исходные коды которой свободно доступны на языках C, C++, Fortran, Perl и Java, или использование динамической библиотеки (DLL).

2. Разработка текстового представления NetCDF файла на языке CDL (CommonDataformLanguage) и дальнейшая работа с ним с помощью соответствующих утилит.

В данной работе используется 2-й способ работы с форматом. Разработанный алгоритм представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 - Структурно-логическая схема обработки файла формата NetCSDF (ASCII)

Условно обработку файлов формата NetCDF применительно к использованию океанологических данных можно разделить на пять этапов:

- выборка и получение исходных данных в формате NetCDF;
- приведение данных к txt-формату (ASCII);
- интерпретация ASCII-файла;
- вывод данных для визуализации результатов.

Для современной океанологии существенную роль играют массивы гидрологических данных. Они составляют основу научных изысканий, служат базовым материалом для апробирования разнообразных гипотез, изучения и обоснования корректности существующих и создаваемых моделей. Накопленная к настоящему времени обширная мировая база знаний позволяет проводить комплексное исследование процессов, протекающих в океане, дает возможность строить адекватные прогнозы их динамики.

Одним из наглядных способов анализа данных – визуализация, то есть представление информации в виде рисунков, графиков, диаграмм, поверхностей второго порядка. В настоящее время для этого используются внешние программные продукты, такие как OceanDataView, MathCad, MathLab, SigmaPlot (SystatSoftware), Surfer и Grapher (GoldenSoftware). Однако, безусловно, такая практика «закрывает» пользователя в рамки функций, определенных разработчиками. Визуализировать данные, имеющие нестандартное форматирование, такое программное обеспечение (ПО) не в состоянии. Адаптирование формата представляется процессом трудоемким и затратным по времени.

В данной работе реализуется ПО под ОС Windows, решающее задачи визуализации данных по основным гидрологическим параметрам (температура воды и соленость), полученных из файлового хранилища системы «Арго».

Средой разработки выступает оболочка QtCreator 2.6.2 (сборка 31 января 2013), компилятор MINGW (версия 4.7), библиотека для построения 3-мерных поверхностей QWTPLOT3D (версия 0.2.7), язык программирования C++.

Основные функции ПО: дву- и трехмерная визуализация данных из netcdf-файлов, вращение и зуммирование построенной поверхности, сохранение текущего состояния области графика в изображение формата PNG, сохранение метаданных в TXT-файл, возможность показа сведений о графике в области графика, изменение масштаба по оси Z, позволяющее увидеть пики более выражено, показ строки состояния, содержащей углы поворота, смещение, масштаб по осям, уровень зума.

Пример обработки данных с использованием разработанного ПО представлен на рисунке 3.

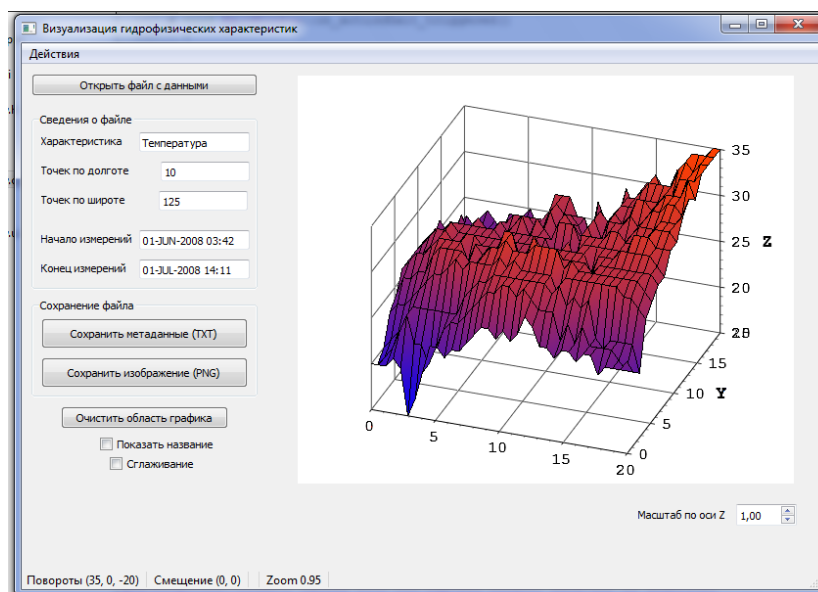


Рисунок 3 – Окно визуализации обработанных данных

Таким образом, в работе получены следующие результаты: разработан алгоритм парсинга netcdf-файла, включающий в себя обработку заголовка и тела файла, реализован на языке C++ математический алгоритм построения 3-мерной поверхности при помощи библиотеки QWTPLOT3D, в стадии тестирования и отладки находятся сопутствующие целевому использованию ПО функции.

В качестве перспективы применения ПО необходимо произвести тестирование ПО на предмет обработки исключительных ситуаций, а также реализовать ряд функций, обеспечивающих более наглядный, информативный и удобный для пользователя вывод конечной информации (графика и метаданных).

Безусловно, перспектива мониторинга процессов в Мировом океане лежит в области дистанционного зондирования, однако на сегодняшний день универсальный программный комплекс, включающий в себя данные контактных измерений и спутниковую информацию, современные функциональные графические возможности, могут выдавать результаты, полностью отвечающие интересам соответствующих специалистов в области знаний «Науки о Земле».