

UVT – ПАКЕТ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ГИДРОТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В.Г. Любарцев, С.П. Любарцева

Морской гидрофизический институт
НАН Украины

г. Севастополь, ул. Капитанская, 2
E-mail: svitlana.lyubartseva@gmail.com

Описывается UVT (User Visualization Tool) – программное обеспечение для визуализации результатов гидротермодинамического моделирования. UVT позволяет эффективно строить карты, вертикальные профили, временные ряды и разрезы скалярных и векторных переменных состояния. Возможности пакета демонстрируются на примере моделей Средиземного и Адриатического морей.

Введение. Неотъемлемой частью оперативной системы прогноза морской среды являются современные гидротермодинамические модели. В рамках моделей предполагается решение трехмерных уравнений гидродинамики с наиболее полным учетом всех физических процессов на границах расчетной области и использованием прогрессивных ассимиляционных алгоритмов. Усилия исследователей вместе с прогрессом вычислительной техники стимулировали наращивание мощности гидротермодинамических моделей в смысле качества выдаваемого ими прогноза состояния морской среды. Так, успешное завершение международного проекта *MFSTEP (Mediterranean ocean Forecasting System: Toward Environmental Predictions, www.bo.ingv.it/mfstep)* продемонстрировало возможность 10-тидневного прогноза состояния Средиземного моря с разрешением 6.5 км и трехдневного прогноза состояния локальных средиземноморских акваторий с разрешением 3 км [1].

Чтобы быть востребованным в обществе, конечный продукт оперативной системы прогноза должен быть не только наукоемким, но и высокотехнологичным. Это предполагает разработку специализированного программного обеспечения для визуализации результатов гидротермодинамического моделирования. С этой целью в Морском гидрофизическом институте НАН Украины был разработан *UVT (User Visualization*

Tool) – пакет для визуализации результатов моделирования для конечных пользователей [2].

UVT представляет собой гибкий, охватывающий широкий круг интересов потенциального пользователя, инструмент, который прост в освоении, и не требует специальных навыков программирования. В нем широко используются автоматические «интеллектуальные» алгоритмы визуализации при минимальном участии пользователя вплоть до последних этапов. От конечного пользователя не требуется понимания сложной архитектуры пакета, его функции оптимизированы – каждая настройка оправдана, а их количество сведено к минимуму. Программный продукт, выполненный в рамках такого подхода, позволяет решать задачу визуализации с максимальной степенью эффективности.

UVT функционирует в операционной системе Windows (98, NT, 2000, XP), не имеет системных ограничений и выполнен в рамках современного подхода «скопировал и запустил», т.е. не нуждается в процедуре инсталляции. На вход программы подаются результаты трехмерного гидротермодинамического моделирования – массы, скорости течения, температуры, солёности, а также некоторые переменные состояния, связанные с обменом на границе океан-атмосфера: скорость ветра, компоненты радиационного баланса и т.д. Совершенствование моделей привело к увеличению размеров выходных файлов. Так например, в проекте *MFSTEP*, где наряду с большой гидротермодинамической моделью Средиземного моря эксплуатируются четыре региональные модели с разрешением 5 км и девять шельфовых моделей с разрешением 1.5 - 2 км, размер файлов колеблется от 30 до 200 МВ.

В рамках *MFSTEP* была предпринята попытка унификации формата выходных файлов. В качестве универсального для вывода формата был выбран *netCDF* – формат (*Network Common Data Form, ftp.unidata.ucar.edu/software/netcdf*). Данный формат разрабатывается для обслуживания больших массивов однородной информации, и хорошо подходит для одномерных, двумерных и трехмерных результатов гидротермодинамического моделирования. Важным преимуществом использования *netCDF* -файлов является кросс-

платформенность. Также привлекательной видится свободно распространяемая библиотека программ доступа для наиболее распространенных языков высокого уровня, в том числе для *FORTRAN*.

Рисунок 1 дает представление об архитектуре *UVT*. Пакет имеет модульную структуру. На вход пакета подаются выходные файлы гидротермодинамических моделей.

Поскольку *UVT* «заточен» для работы с целым арсеналом моделей (*MFSTEP* – крупномасштабная модель Средиземного моря, *ADRICOSM* – модель Адриатического моря, *NWMed* – модель северо-западной части Средиземного моря, *Gulf of Lion* – модель Лионского залива, *Sicily Model* – модель Сицилийского пролива, *SYCOFOS* – модель кипрского сектора Средиземного моря,

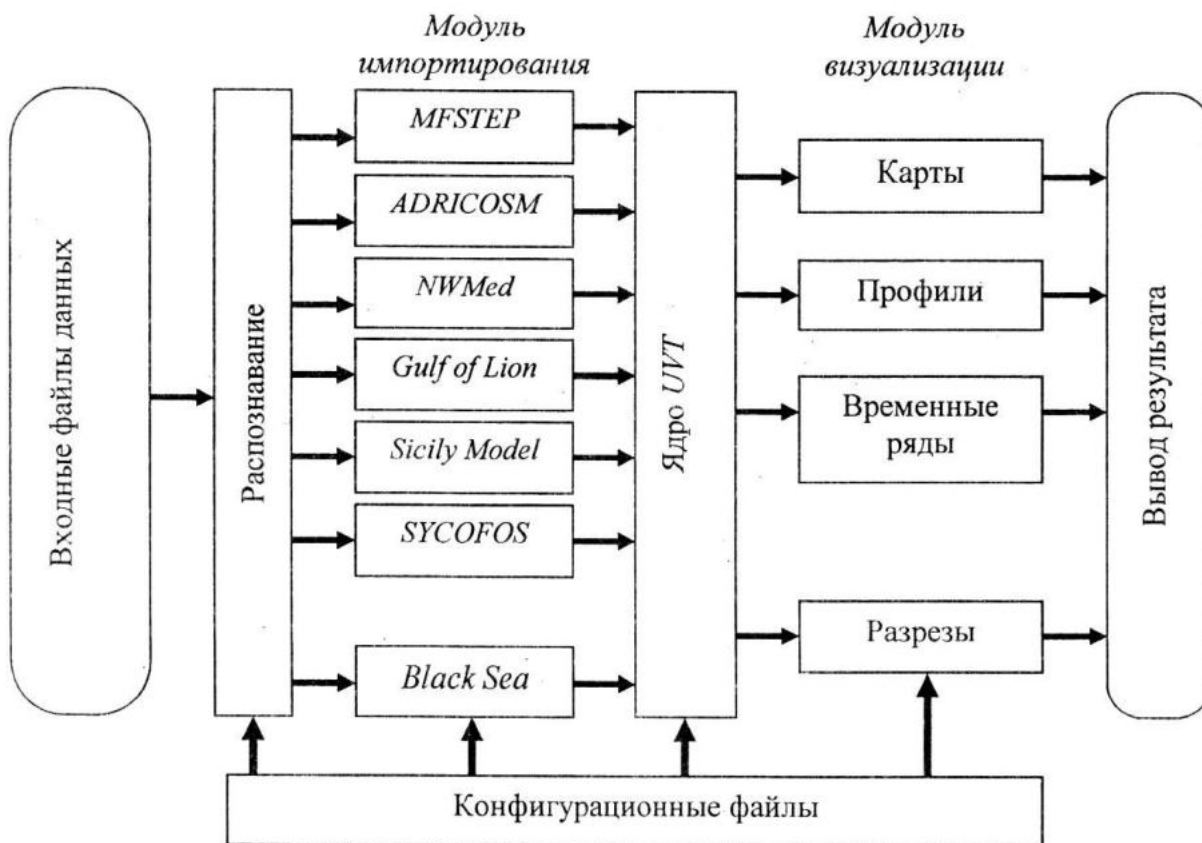


Рисунок 1 – Архитектура *UVT*

Black Sea – модель Черного моря МГИ НАНУ и т.д.), начальной является процедура распознавания, выходным файлом какой модели является подлежащий визуализации файл. Затем данные передаются в модуль импортирования, в котором они подготавливаются для передачи в ядро *UVT*, которое поддерживает пользовательский интерфейс. В отличие от предыдущих процедур, модуль визуализации управляется через интерфейс конечным пользователем.

На рисунке 2 представлено рабочее окно программы визуализации. Слева расположена панель управления, поле справа предназначено для размещения рабочих окон, одно из которых является активным. Под логотипом проекта расположена пользовательская библиотека, в которую записыва-

ются подлежащие визуализации файлы. Меню библиотеки предусматривает вывод подробного списка файлов, добавление новых файлов и уничтожение ненужных. Ниже в виде закладок представлены основные функциональные блоки программы. Это построение карт, разрезов, вертикальных профилей и временных рядов скалярных и векторных переменных состояния. В правом поле в качестве примера расположены следующие рабочие окна. Вверху слева – пользовательская библиотека, в которую записываются подлежащие визуализации файлы.

Меню библиотеки предусматривает вывод подробного списка файлов, добавление новых файлов и уничтожение ненужных. Ниже в виде закладок представлены основ-

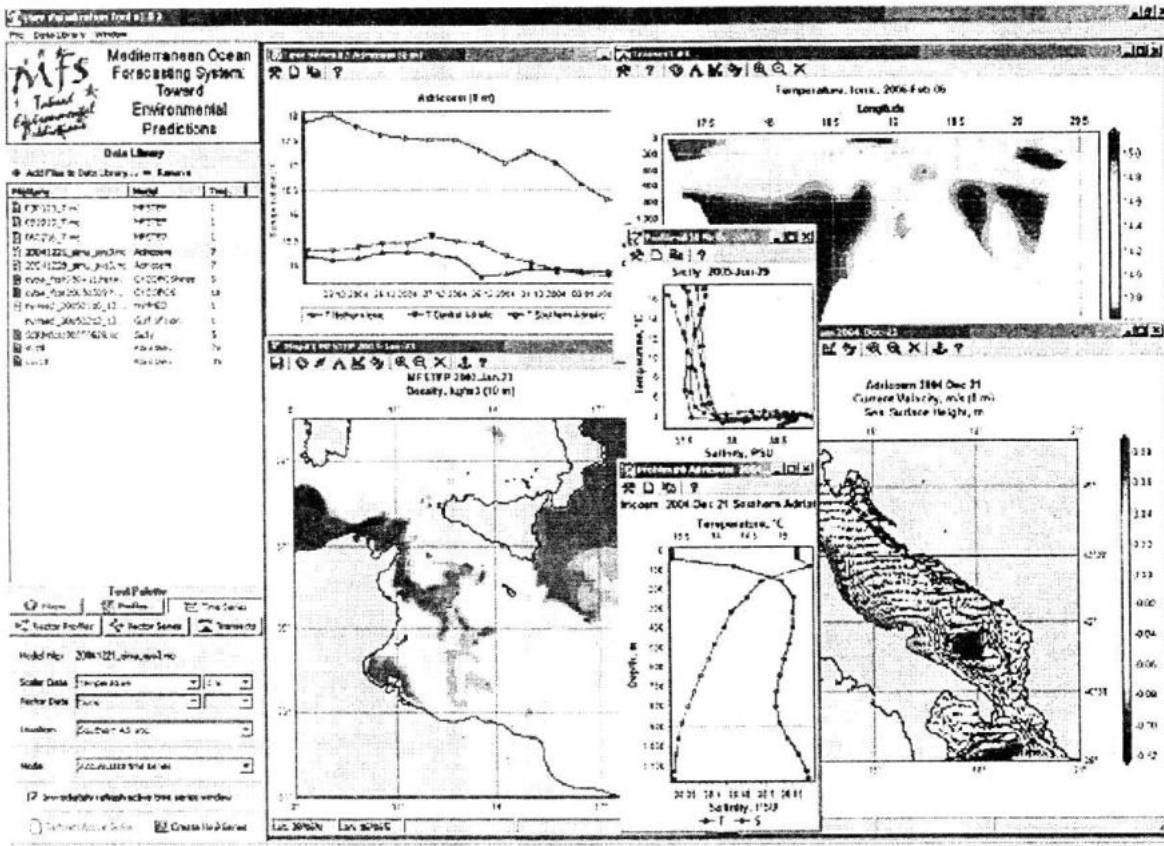


Рисунок 2 – Мгновенная копия экрана пользовательского компьютера во время работы с *UVT*

ные функциональные блоки программы – построение карт, разрезов, вертикальных профилей и временных рядов скалярных и векторных переменных. В правом поле в качестве примера расположены следующие рабочие окна. Вверху слева – временные ряды поверхностной температуры (в период 23.12.2004 – 02.01.2005) северной части Ионического моря, центральной части Адриатического моря и южной части Адриатического моря, рассчитанные с помощью модели Адриатического моря *ADRICOSM*. Вверху справа – разрез поля температуры Ионического моря для 02.02.2006, полученный в рамках *ADRICOSM*. В центре вверху – «накопленная» *T-S*- диаграмма водных масс Сицилийского пролива для 29.06.2005, рассчитанная в модели Сицилийского пролива. В центре внизу – усредненные для северной Адриатики вертикальные профили температуры и солености для 29.06.2005, полученные с помощью *ADRICOSM*. Внизу слева – карта плотности морской воды на глубине 10 м для 21.12.2004, рассчитанная в рамках крупномасштабной модели Средиземного моря. Внизу справа – скорость течения на поверхности и уровень Адриати-

ческого моря для 21.12.2004, полученные с помощью *ADRICOSM*.

Построенный с помощью *UVT* графический материал легко масштабируется. Карты, разрезы и профили анимируются автоматически.

Заключение. Таким образом, разработанное программное обеспечение предоставляет эффективный доступ к большим массивам информации, полученной в результате расчетов в рамках самых современных гидротермодинамических моделей, стимулирует совершенствование моделей и дальнейшее распространение результатов расчетов среди конечных пользователей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Pinaridi N., Masetti E. Variability of the large-scale general circulation of the Mediterranean Sea from observations and modeling: a review // *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.* 2000. – № 158. – P. 153–173.
2. Любарцев В.Г., Любарцева С.П. Визуализация результатов гидротермодинамического моделирования // *Мор. гидрофиз. журн.* 2007. – № 5. – С. – 59–68.