

В.В. Храмов, А.А. Судаков, М.В. Кононов, В.Н. Устименко

Разработка и создание эффективного web-портала для моделирования широкого круга прикладных задач в гриде

Проанализированы методологические аспекты моделирования гуманитарно-экологических задач в гриде на примере «Прогнозирования лесных пожаров в Крыму», показавшие необходимость и актуальность создания нового эффективного web-портала для моделирования широкого круга прикладных задач в гриде. Представлен пример разработки нового грид-портала, успешно применяемый в гуманитарных, экологических и других исследованиях.

The article analyzes the methodological aspects of modeling the humanities and environmental objectives in grid with «Prediction of forest in the Crimea» as an example. The research revealed the necessity and urgency for creation of a new effective web-portal for the modeling of a wide range of applications in the Grid. The example of the development of a new grid-portal is presented. The portal was successfully created, tested and is being used for the humanities, environmental and other researches.

Проаналізовано методологічні аспекти моделювання гуманітарно-екологічних задач у ґріді на прикладі «Прогнозування лісових пожеж у Криму», які показали необхідність і актуальність створення нового ефективного web-порталу для моделювання широкого кола прикладних задач у ґріді. Наведено приклад розробки нового грид-порталу, який успішно застосовується в гуманітарних, екологічних та інших дослідженнях.

Введение. Существует огромное количество задач в наукоемких отраслях, требующих больших вычислительных мощностей, что привело к стремительному росту количества этих задач в области грид-технологий [1]. Сегодня развитость грид-инфраструктуры позволяет привлечь большое количество ученых из разных областей науки [2], но для глобальной интеграции пользователей научного сообщества в грид необходимо решить ряд непростых проблем. Одна из них – отсутствие удобного, понятного и в то же время функционального интерфейса для запуска расчетов, требующих распределенных вычислений. Это препятствует быстрому и эффективному управлению задачами в грид-системе на существующем уровне инфраструктуры для большинства потенциальных пользователей из прикладных областей науки. Другая достаточно важная проблема – вопрос безопасности при работе с грид. Элементы системы должны быть правильно спроектированы и протестированы на надежность.

В данной статье предложены концепция и соответствующая архитектура для создания эффективного широкопрофильного web-интерфейса, позволяющего упростить доступ к существующим вычислительным ресурсам, оптимизировав процесс вычисления и последующий

анализ данных. Данная концепция предусматривает наличие безопасных механизмов авторизации пользователя в грид-среде с использованием протокола SSL [3] с последующей загрузкой индивидуальных данных и запуском расчетов (рис. 1).

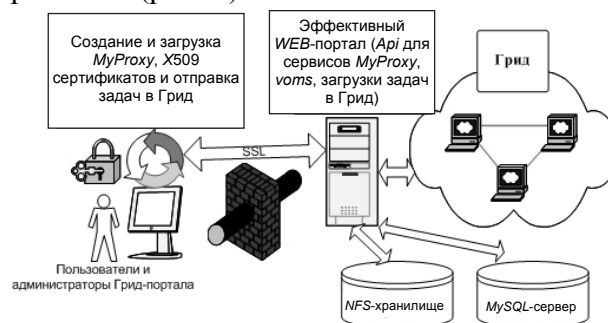


Рис. 1. Структура web-интерфейса пользователя

В подтверждение эффективности этой концепции был разработан web-интерфейс для работы в грид на базе распределенной информационной системы. Этой системой стал первый Крымский экспериментальный грид-ресурс [4]. Он применяется также для задач моделирования в области гуманитарно-экологических исследований (прогнозирование лесных пожаров, очистки водных ресурсов, наблюдения за погодными условиями и пр.) [5].

Характеристики расчетов в задачах экологического моделирования на примере прогнозирования лесных пожаров

Расчет сложных экологических моделей, примером которых может служить задача прогно-

* **Ключевые слова:** грид-портал, кластер, виртуальная организация, пользователь грида, лесной пожар.

зирования лесных пожаров [6], требует много времени и информационных ресурсов. Много-процессорные системы – вычислительные кластеры и грид-среда – позволяют оперировать огромным набором параметров для описания зоны пожара в реальном времени. Сложность моделирования лесных пожаров заключается в том, что некоторые параметры, а именно: температура, относительная влажность воздуха и скорость ветра – могут изменяться в ходе распространения огня. Исходя из этого, модель должна иметь иерархическую структуру, объединяющую модели разных масштабов [7]. Перспективно адаптивное использование моделей, в рамках которого процессы догорания в ядре очага пожара можно описывать более простыми средствами, чем фронт. Хаотический характер эволюции пожара требует рассмотрения ансамбля вариантов расчета для оценки вероятности прогноза. Наконец, для моделирования реальной картины лесного пожара, как способа поддержки принятия решений, необходима корректировка результатов расчетов с текущими данными дистанционного зондирования. Поэтому важным элементом предлагаемой системы должна стать процедура ассимиляции экспериментальных данных в расчетную модель, которую очень сложно реализовать путем выполнения последовательных расчетов [8]. Грид-среда позволяет создавать каскад задач и осуществлять расчет независимо, не ожидая поступления других данных. Из сказанного можно сделать вывод об эффективности и актуальности использования грид-технологий на многих этапах процесса моделирования.

Для решения задачи прогнозирования лесных пожаров предложена и реализована вычислительная полевая модель пожара.

Полевая модель – это математическая модель расчета тепломассопереноса при пожаре, в основу которой положена система уравнений в частных производных. В данной модели численно решаются уравнения Навье–Стокса для низкоскоростных температурно-зависимых потоков; особое внимание уделено распространению дыма и теплопередаче при пожаре. Модель представляет собой систему уравнений,

состоящую из уравнений сохранения массы, момента импульса и энергии.

Закон сохранения массы можно представить так:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla(\rho u) = \dot{m}_b''', \quad (1)$$

где ρ – плотность, u – скорость, \dot{m}_b''' – коэффициент увеличения массы вещества типа b за единицу времени.

Закон сохранения момента импульса выглядит так:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho u) + \nabla(\rho u^2) + \nabla \rho = \rho g + f_b + \nabla \tau_{ij}, \quad (2)$$

где f_b – внешние силы притяжения (за исключением силы тяжести), τ_{ij} – тензор вязких напряжений.

Закон сохранения энергии имеет вид:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho h_s) + \nabla(\rho h_s u) = \frac{\partial \rho}{\partial t} + \dot{q}''' - \dot{q}_b''' - \nabla(\dot{q}'') + \varepsilon, \quad (3)$$

где h_s – энтальпия смеси газов, \dot{q}''' – скорость тепловыделения на единицу объема, \dot{q}_b''' – энергия, передаваемая капле при испарении, \dot{q}'' – вектор потока тепла, ε – скорость диссипации тепла.

Система решается на трехмерной регулярной сетке. Тепловое излучение рассчитывается по методу конечных объемов на этой же сетке. Для визуализации можно построить реальную 3D-модель лесного участка:

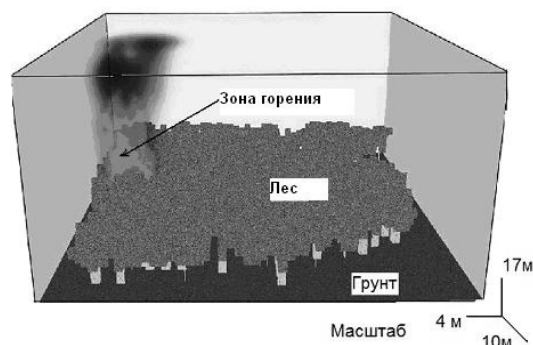


Рис. 2. Кадр из анимации моделирования трехмерного лесного пожара

Для моделирования лесного пожара предложено программное обеспечение *FDS* [9], которое используется для проверки пожарной безопасности и позволяет в полной мере реа-

лизовать численную полевую модель, а также дополнительные приложения, такие как *Farsite* (модель Ротермеля) [10], *Smokview* [11] и *Biheve*. К сожалению, сегодня не существует единого открытого программного комплекса для расчета лесных пожаров в трехмерном пространстве, учитывающего рельеф местности и окружающий климат вместе с классификацией объектов лесного массива.

Модель корректировалась с учетом специфики лесов Крыма с помощью указанных дополнительных программ.

Экспериментальные данные моделировались на вычислительном кластере и в грид. При этом применялись алгоритмы сценариев запуска расчетов в грид с использованием языка *xrsl* и языка описания объектов симулятора, адаптированные к функционалу нового *web*-интерфейса грид-портала.

Примеры *web*-порталов для экспериментальных расчетов в грид

Примером многофункционального и эффективного грид-портала может служить *BioSimGrid* [12], который представляет собой не просто *web*-портал, а целую комплексную систему с распределенной базой данных. Портал имеет набор коммерческих баз данных, брокер ресурсов и скрипты, написанные на языке *Python*. Эти скрипты объединяют использованные блоки. В портале предусмотрено делегирование прав пользователям. Авторизация осуществляется путем ввода логина и пароля, далее пользователю необходимо либо скачать имеющийся прокси-сертификат или воспользоваться сервисом *MyProxy*.

Также примером может служить портал *GILDA* [13], разработанный в Италии, использующий веб-интерфейс *GENIUS*, имеющий определенный набор приложений. Интерфейс работает с промежуточным программным обеспечением *gLite 3.0–3.2*, реализован на базе *Engin-Frame* для серверов *Apache*. Для взаимодействия с веб-браузерами клиентов используется связка *HTTPS + Java / XML + rfb*. *GILDA*, ориентированная на взаимодействие с различными виртуальными организациями. Портал имеет интуитивно понятный интерфейс и вместе с тем опе-

рирует большим количеством параметров, которые пользователь указывает при регистрации и может в дальнейшем изменить в своем профиле. Регистрация проходит поэтапно, предоставляя возможность указать брокер ресурсов, сервер *MyProxy*, которые используются, а также выбрать виртуальную организацию, в которую входит пользователь и для него готовится запуск задачи. Если пользователь не находится ни в одной виртуальной организации (ВО), портал предоставляет возможность отправить запрос на вступление в выбранную организацию. Указанные параметры отображаются сверху на панели пользователя. Для управления задачами на портале реализована удобная система мониторинга.

Обзор особенностей *web*-интерфейсов для работы в грид

При проектировании нового *web*-интерфейса были проанализированы основные свойства, характеристики и особенности большинства современных грид-порталов: *P-grade* [14], *Lunarc* [15], *Gilda*, *MigratingDesktop* [16], *BioSimGrid*, *Genius* – и выделены критерии, по которым можно спроектировать более универсальный и многофункциональный *web*-интерфейс для украинского и международного грид-сообщества.

К таким критериям относятся:

- обеспечение наглядным, интуитивным и удобным навигационным механизмом, а также многоязычным интерфейсом;
- возможность прохождения всех стадий обработки заданий в грид;
- наличие быстрой, надежной и безопасной авторизации (наличие широкого профиля пользователя), а также возможность использования сервиса *MyProxy*;
- наличие механизма проверки принадлежности пользователя к нужной ВО, а также возможность подачи заявки на регистрацию в нужную ВО;
- предоставление возможности размещения файлов пользователя с использованием хранилища грид;
- возможность решать задачи в рамках собственноручно смоделированной системы, а также легко добавлять новые проекты и шаблоны задач в грид-портал;

- возможность задавать параметры модели с последующим манипулированием ими с использованием мастера создания модели (*Workflow Editor*);

- автоматическое создание каскада файлов модели для массивного моделирования по количеству вариантов комбинаций параметров заданной модели с помощью мастера создания модели;

- инициализация запуска главного задания и его каскадных подзадач в гриде с использованием внутреннего диспетчера и планировщика, синхронизированных с общей информационной системой грид;

- проведение мониторинга состояния задачи и ее каскадных подзадач;

- организация прозрачного запуска задач и каскадных подзадач в разные грид-инфраструктуры (*Nordugrid, G-Lite* и др.);

- возможность задавать нужное время поступления задач и каскадных подзадач в грид с синхронным информированием пользователя грид-портала, а также осуществление внутреннего контроля за системой;

- формирование наглядных отчетов и сбор статистических данных о задачах и каскадных подзадачах конкретного пользователя или всех пользователей научного сообщества в гриде;

- наличие свойств социально-научной среды, дающих возможность исследователям объединяться в группы и по собственному желанию просматривать информацию о задачах и результатах;

- повышение быстродействия *web*-интерфейса системы при ограниченных ресурсах.

Более подробная сравнительная характеристика *web*-интерфейсов приведена в таблице.

Архитектура *Crimea Eco Grid*-портала

С целью комплексной реализации процесса со всеми описанными особенностями предложена архитектура *Crimea Eco Grid*-портала для запуска задач и управления ими в грид (рис. 3).

Архитектура в большинстве критериев наследует концепции архитектуры веб-ориентированной системы виртуальных лабораторий в грид-инфраструктуре Украины [17], но кроме этого имеет существенные дополнения и специфические особенности, связанные с процессами компьютерного моделирования в гуманитарных и экологических исследованиях [18].

На рис. 3 видно, что пользователи грид-среды проходят трехуровневую авторизацию, формирующую профиль при первом же сеансе входа на грид-портал. Данные берутся из проверенного персонального грид-сертификата. Отличительная особенность состоит в том, что

Сравнительная характеристика *web*-интерфейсов

| Название портала / Категория | <i>P-grade</i> | <i>Lunarc</i> | <i>Gilda</i> | <i>Migrating Desktop</i> | <i>Bio Sim Grid</i> | <i>Genius</i> | <i>Crimea Eco Grid-portal</i> |
|------------------------------|---|-------------------|----------------------------|--------------------------|--|---------------------------|---------------------------------------|
| Исходный код | открытый | открытый | открытый | закрытый | закрытый | открытый | открытый |
| Среда разработки | <i>Java, Java Web Start</i> | <i>Phyton</i> | <i>HTTPS +Java/XML+rfb</i> | <i>C++</i> | <i>Phyton, Perl, Oracle</i> | <i>HTTPS+Java/XML+rfb</i> | <i>Php, Java-script</i> |
| Авторизация | Логин, пароль + делегация <i>MyProxy</i> или сертификат | Прокси-сертификат | Делегация <i>MyProxy</i> | Делегация <i>MyProxy</i> | Логин, пароль + делегация <i>MyProxy</i> | <i>MyProxy</i> | Делегация <i>MyProxy</i> и сертификат |
| Грид- <i>middleware</i> | <i>LCG, Glite 3.0, ARC</i> | <i>ARC</i> | <i>Glite 3.0</i> | <i>Glite 3.0</i> | Адаптер <i>Python</i> для разных сред | <i>Glite 3.0</i> | <i>ARC, Glite 3.0</i> (частично) |
| Управление задачами | + | + | + | + | + | + | + |
| Профиль | - | - | + | - | - | - | + |
| Локализация | - | + | - | - | - | - | + |
| Выбор и проверка <i>VOMS</i> | - | + | + | - | - | + | + |
| Сменные хранилища | - | - | + | - | + | + | + |
| Визуальные отчеты | + | + | + | + | + | + | + |
| Социальная среда | - | - | - | - | - | - | + |

исследователь может выбирать из десятка ВО ту, в которой он пребывает на текущий момент. Или он может подавать заявку для администратора на внесение новой организации в список грид-портала, также есть возможность перейти по ссылке для заявки на регистрацию в нужную ВО (рис. 4).

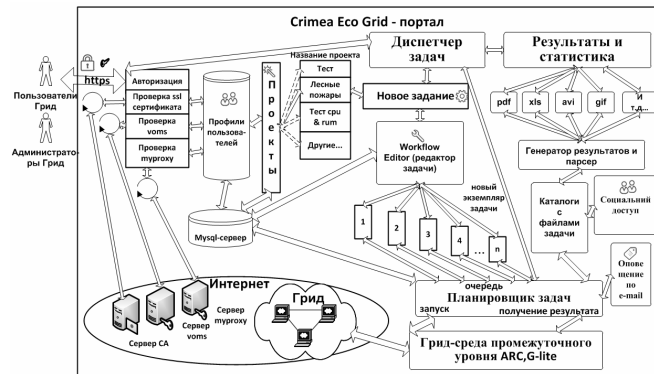


Рис. 3. Архитектура Crimea Eco Grid-портала

В профиле пользователя сохраняется выбранный или заново введенный MyProxy-сервер с параметрами временного сертификата пользователя, что в дальнейшем автоматизирует прохождения авторизации на большинстве сервисов в грид. Также в нем хранятся дополнительные личные данные пользователя, например контакты, желаемые критерии выбора для исследований и дополнительные сервисы грид-инфраструктуры, например использование временного хранилища для файлов задач.

Рис. 4. Проверка виртуальных организаций

Позднее по этим критериям будет построена статистика для администрации грид-портала. Для авторизации используется стандартный способ, согласно которому нужно провести генерацию и загрузку временного сертификата на сервер MyProxy для дальнейшей удобной работы на грид-портале. Для этого в гриде была адаптирована и доработана утилита Certificate Management Wizard [19] (имеет открытый код и написана на языке java), позволяющая работать с грид-сертификатами, используя удобный GUI-интерфейс и мультиязычность.

Затем исследователю предлагается выбрать нужный проект для запуска задачи в грид. Проекты, где исследователь не зарегистрирован в ВО, неактивны. Проекты портала могут значительно различаться и в совокупности охватывать большинство исследований в грид. Они предварительно заносятся в систему администратором с проверенными и рабочими шаблонами для запуска в грид и могут модифицироваться по желанию исследователей. Для первого запуска рекомендуется выбирать готовый шаблон. Если исследователь уверен в том, что может изменить параметры запуска, он может выбрать обычный редактор или мастер редактирования параметров (Workflow Editor) [20], который пока находится в стадии разработки, но уже работает с несколькими проектами грид-портала. С его помощью можно гибко подключить набор компонентов для различных моделей и шаблонов запуска задач, используя теорию конечных автоматов [21] для построения структуры файла модели и регулярные выражения для поиска нужных элементов в этом файле.

Workflow Editor работает в двух режимах. Первый – это редактирование новой задачи (рис. 5).

Второй – подготовка к запуску новой задачи (рис. 6).

Формирование параметров новой задачи и автоматического создания подзадач по необходимым тегам осуществляется по формуле

$$x_1 \otimes x_2 \dots \otimes x_n, \quad (4)$$

где x_i – значения параметров модели с номером i , \otimes – тензорное произведение всех возможных

комбинаций в файле модели. На рис. 7 представлен интерфейс мастера редактирования параметров.



Рис. 5. Workflow Editor – редактирование новой задачи

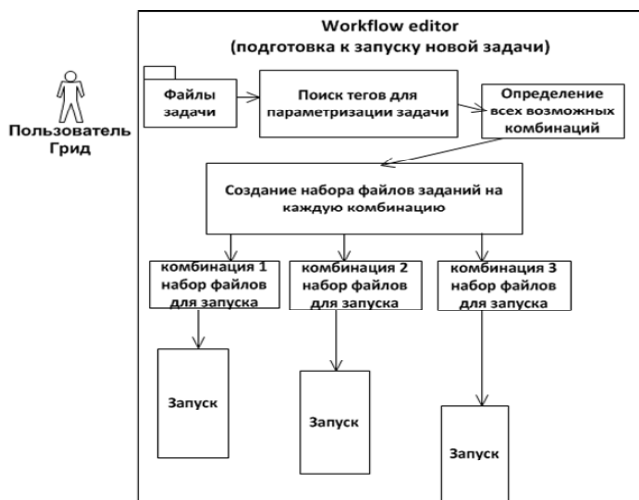


Рис. 6. Workflow Editor – подготовка к запуску новой задачи



Рис. 7. Интерфейс мастера редактирования параметров

После запуска задачи и каскадных подзадач в грид в режиме массивного моделирования, вся информация находится в диспетчере задач,

где можно просматривать их статус и проводить различные манипуляции: удаление, перезапуск, конфигурирование шаблона задачи, а также получения заданий с грид, перейдя к разделу с результатами (рис. 8).

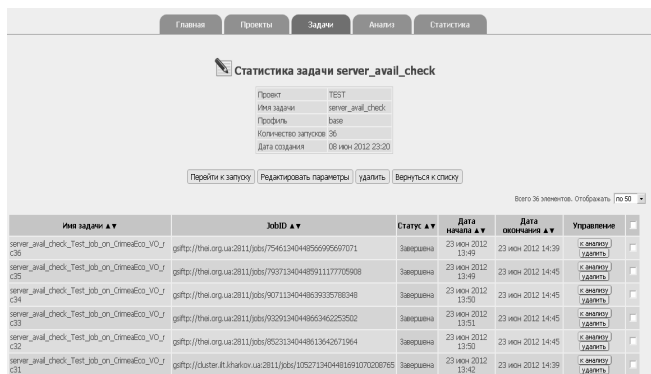


Рис. 8. Диспетчер задач

В блоке анализа результатов, который пока еще находится в стадии разработки, могут быть предварительно сгенерированы отчеты в виде исходных файлов, а также загружены результаты выполнения задачи в компьютер пользователя для дальнейших исследований (рис. 9).

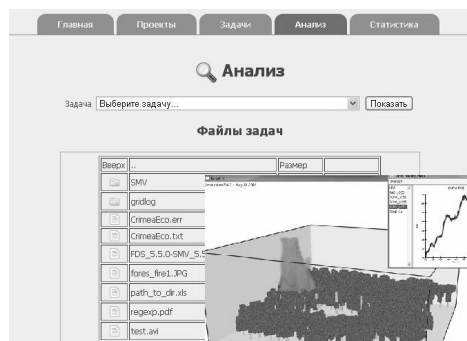


Рис. 9. Блок анализа результатов

Все данные пользователей *Crimea Eco Grid*-портала, состояние задач и результаты сохраняются в базе данных, реализованной с помощью программного продукта *MySQL*. Схема базы данных изображена на (рис. 10).

База данных включает в себя 23 таблицы и 25 реляционных связей (пунктиром выделены связи, которые пересекаются или накладываются). Назначение основных таблиц таково:

users – таблица, в которой хранятся данные об исследователях;

user_allowed_projects – пользователи, которым разрешено работать с проектами;

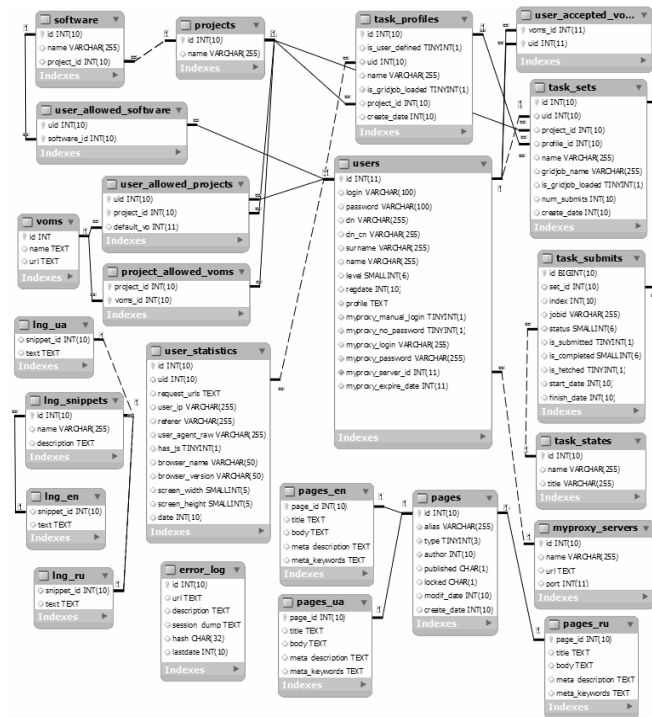


Рис. 10. Схема базы данных *Crimea Eco Grid*-портала

user_allowed_software – список доступного программного обеспечения;

user_accepted_voms – список разрешенных виртуальных организаций;

MyProxy_servers – список серверов *MyProxy*;

projects – список проектов *Crimea Eco Grid*-портала;

task_profiles – профили задач;

task_sets – настройка задач;

task_submits – настройки потомков задачи;

task_states – статусы задач и потомков.

Все другие таблицы служат вспомогательными источниками и участвуют в сборе статистики, локализации и правильном отражении данных на грид-портале.

Реализация и тестирование

Crimea Eco Grid-портал работает со всеми существующими браузерами. Для реализации этой возможности была разработана программная оболочка, использующая концепцию MVC [22], тем самым отделяя бизнес-логику модели от ее визуализации. Такое распределение создает возможность повторного использования многих компонентов. Структура каталогов оболочки показана на рис. 11.

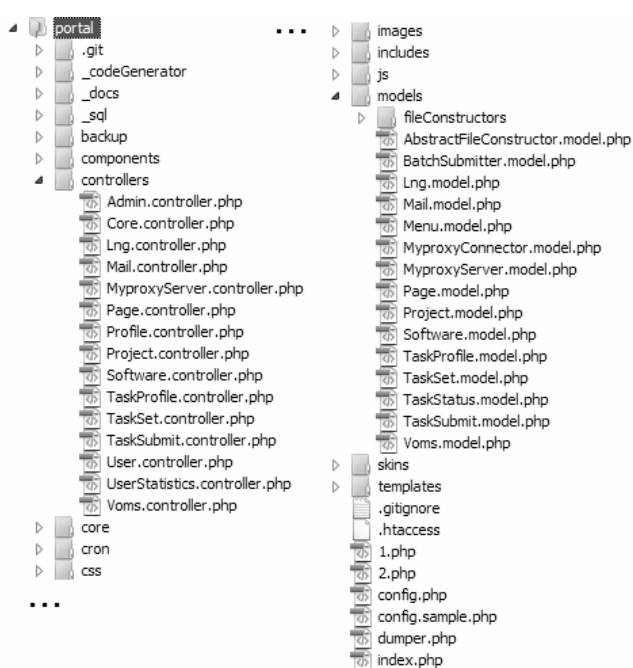


Рис. 11. Структура файлов оболочки *Crimea Eco Grid*-портала

Особенно целесообразно применение данной концепции в случаях, когда есть необходимость отслеживать одни и те же данные одновременно в разных контекстах или с разных точек зрения, в частности можно реализовать следующую функциональность: одна модель может иметь несколько вариантов, и это не влияет на ход ее реализации. Например, некоторые данные могут быть одновременно представлены в виде электронной таблицы, гистограммы или круговой диаграммы.

Изменение реакции на действия пользователя (нажатие мышью кнопки *ввод*) не влияет на реализацию вариантов моделей. Для реализации нового компонента интерфейса достаточно задействовать другой контроллер.

Пользователи, которые специализируются в различных областях или разрабатывают различные компоненты интерфейса, или разную бизнес логику, могут решать свои задачи независимо от реализации моделей.

Также многие механизмы страниц реализованы с использованием технологии *AJAX* [23], что придает грид-порталу следующие преимущества.

- Позволяет значительно сократить трафик при работе с веб-приложением благодаря тому,

что в большинстве случаев вместо загрузки всей страницы достаточно загрузить только переменную ее часть, как правило, весьма небольшую; это же уменьшает нагрузку на сервер.

- Сокращается время реакции интерфейса; поскольку нужно загрузить только изменившуюся часть, пользователь видит результат своих действий быстрее.

- Все *java*-скрипты сайта загружаются через отдельное веб-приложение *Smart Optimizer* (<http://code.google.com/p/smartoptimizer/>), что ускоряет выполнение клиентской составляющей *Crimea Eco Grid*-портала вследствие объединения и минимизации *CSS* и *JavaScript*, *PDF* и кэширования на клиентском и серверном уровнях.

Файлы разработки доступны в репозитории хранилища *GitHub* – крупнейшем в мире веб-сервисе для коллективного хостинга проектов и их совместной разработки – по адресу <https://github.com/escaflowne/gridportal>. *Crimea Eco Grid*-портал успешно запущен по адресу: <https://thei.org.ua/ua/> (рис. 12). Для пользователей, еще не имеющих грид-сертификатов, доступна тестовая версия по адресу: <http://crimeagrid.org.ua/rul/?autologin=1>



Рис. 12 *Crimea Eco Grid*-портал

Заключение. Анализ предметной области моделирования гуманитарно-экологических задач в грид на примере «Прогнозирования лесных пожаров в Крыму» показал необходимость и актуальность создания нового эффективного *web*-портала для моделирования широкого круга прикладных задач в грид.

Обзор большинства известных грид-порталов, а именно: *P-grade*, *Lunarc*, *Gilda*, *Migrating*

Desktop, *BioSimGrid* – позволил сформировать и суммировать критерии для создания гибкой эффективной архитектуры нового Крымского экологического грид-портала (*Crimea Eco Grid*). Его структура наследует концепции архитектуры веб-ориентированной системы виртуальных лабораторий в грид-инфраструктуре Украины [17], но кроме этого имеет существенные дополнения и специфические особенности, связанные с процессами компьютерного моделирования в гуманитарных и экологических исследованиях.

Новый грид-портал успешно применяется в гуманитарных и экологических исследованиях и может быть использован в различных сферах грид-вычислений.

В дальнейшем планируется доработать и сделать более универсальными: мастер редактирования параметров (*Workflow Editor*), блоки для анализа результатов и статистики, а также применить разработку в других проектах Украинского грид-сообщества.

1. Foster I., Kesselmann C., Tuecke S. The Anatomy of the Grid, 2000.
2. Український академічний Грід: створення і перші результати експлуатації / Ю.В. Бойко, М.Г. Зінов'єв, С.Я. Свістунов та ін. // Математичні машини і системи. – 2008. – № 1. – С. 67–84.
3. Standart X.509. – <http://www.itu.int/rec/T-REC-X.509-200508-I>
4. Khramov V.V., Sudakov O.O. The first Crimean experimental computing grid-resource for research and simulation in the humanities // Ninth intern. young scientists conf. on applied physics, 2009, june, 17–20, Kyiv. – P. 105.
5. Use of distributed computing in the monitoring of dependence of human state from the heliometeofactors / O.O. Sudakov, M.V. Kononov, V.V. Khramov et al. // Xth int. young scient. conf. on applied physics, 2010, june, 17–20, Kyiv. – P. 223.
6. Особливості моделювання лісових пожеж на кластерах в Grid / М.В. Кононов, О.О. Судаков, В.В. Храмов та ін. // Вісн. Київ. нац. ун-ту. Сер.: Фіз.-мат. науки. – 2011. – 2. – С. 185–192.
7. Anderson H.E., Rothermal R.E. Tenth symp. (international) on combustion // The Combustion Institute, Pittsburgh. – 1965. – P. 1009–1019.
8. Int. Wildland Fire / R. Linn, J. Reisner, J. Colman et al. – v. 11. – 2002. – P. 233–246.
9. Fire Dynamics Simulator, v. 5, Techn. Ref. Guide. NIST Special Publ. 1018-5 National Inst. of standards

- and Technology – Gaithersburg, Maryland, 2007. – P. 234.
10. *FARSITE*: Fire Area Simulator – model development and evaluation // USDA Forest Service Res. Pap. RMRS-RP-4, 2004. – P. 47.
 11. *Forney G.P.* User's Guide for Smokeview, v. 5 – A Tool for Visualizing Fire Dynamics Simulation Data G.P. Forney: National Institute of Standards. – P. 234.
 12. *A Web / Grid Portal Implementation of BioSimGrid: A Biomolecular Simulation Database / B. Wu, D. Matthew, et al.* – http://eprints.soton.ac.uk/22809/01/Wu_04.pdf: University of Southampton.
 13. *Oxford*, 2004. – March 31. 14 GILDA (Grid Infn Laboratory for Dissemination Activities) – <https://gilda.ct.infn.it/>
 14. *P-GRADE* Grid Portal. – <http://portal.p-grade.hu/>
 15. *Lunarc* Appl. Portal – http://laportal.sourceforge.net/docs/users_guide.pdf
 16. *Applications on demand" as the exploitation of the Migrating Desktop Future / M. Kupczyk, R. Lichwała, N. Meyer et al.* // *Gener. Comp. Syst.*, **21**, Issue 1, 1 Jan. 2005. – P. 37–44.
 17. *Архітектура веб-орієнтованої системи віртуальних лабораторій в Грід-інфраструктурі. / А.О. Сальніков, С.А. Слюсар, М.І. Анісімов та ін.* // *Інформ. технології в освіті.* – 2009. – № 4. – С. 31–39.
 18. *Храмов В.В., Судаков О.О., Кононов М.В.* Перший Кримський експериментальний обчислювальний *Grid*-ресурс: створення і перші результати випробувань і експлуатації // *Математичні машини і системи.* – 2011. – № 1. – С. 103–111.
 19. *Certificate Management Wizard* User's guide. – <http://www.ngs.ac.uk/tools/certwizard>
 20. *Лазарев И.В., Сухорослов О.В.* Использование *workflow*-методологии для описания процесса распределенных вычислений // *Проблемы вычислений в распределенной среде: Модели обработки и представления данных. Динамические системы: Тр. ИСА РАН.* – М.: КомКнига, 2005. – Т. 14. – С. 26–70.
 21. *Кобринский Н.Е., Трахтенброт Б.А.* Введение в теорию конечных автоматов. – М.: Наука, 1962. – 404 с.
 22. *Сандерсон С.* ASP.NET MVC Framework с примерами на C# для профессионалов – М.: Вильямс, 2009. – 620 с.
 23. *Крейн Д., Паскарелло Э., Джеймс Д.* Ajax в действии – М.: Вильямс, 2006. – 639 с.

Поступила 4.03.2012

Тел. для справок: +380 95 514-4228, +380 67 652-7896

(Симферополь)

+380 67 766-1951, +380 67 766-1951 (Киев)

E-mail: vlad_dip@ukr.net, saa@grid.org.ua,

m_v_k@univ.kiev.ua, uvn_@mail.ru

© В.В. Храмов, О.О. Судаков, М.В. Кононов,

В.М. Устименко, 2012