

Интеграция информационных ресурсов в задачах исследования морской среды¹

С.В. Белов, В.Б. Бритков

Аннотация. В работе описывается модель интеграции гетерогенных информационных ресурсов. Рассматриваются свойства информационных ресурсов, метаданные и протоколы обмена данными. Разработанная модель описания применяется при создании технологии интеграции Единой государственной системы информации об обстановке в Мировом океане.

Введение

Интеграция программных средств и информационных ресурсов (ИР) является одной из основных современных тенденций развития информационных технологий. Единого подхода для осуществления интеграции пока нет, но на сегодняшний день существует большое количество различных технологий, позволяющих решать данную задачу для некоторых проблемных областей. Выбор подхода существенно зависит от характера рассматриваемой проблемы.

Реализация требований к информационному обеспечению в области анализа природной среды и, в частности, морской научной и практической деятельности, особенно в части комплексного представления разнообразной информации о различных процессах и явлениях в морской среде, требует интеграции информационных ресурсов, находящихся в различных источниках и системах хранения, в том числе распределенных [1, 2]. Уровень интеграции информационных ресурсов в этой области недостаточен для оперативной обработки разнородных (гетерогенных) и распределенных данных.

Попытки интеграции данных об окружающей среде предпринимались при создании режимно - справочных банков данных в восьмидесятых годах [3], когда данные из разных

источников в разнообразных структурах конвертировались в одну базу данных. Такой подход требует больших трудозатрат, а главное - участия человека в этом процессе.

В настоящее время проблемы интеграции ИР теоретически изучены достаточно полно, разработаны разнообразные подходы к их решению: создание системы неоднородных баз данных [4], учет семантики распределенных ИР, интеграция слабоструктурированных данных, использование онтологий для интеграции геоинформационных ресурсов [5].

Разработка методов и средств интеграции распределенных и разнородных (гетерогенных) ИР является на сегодняшний день актуальной задачей во многих предметных областях [6, 7]. Об этом свидетельствуют действующие программы федерального, регионального и отраслевого масштабов: Единая государственная система информации об обстановке в Мировом океане - ЕСИМО, ФЦП «Мировой океан», <http://esimo.oceaninfo.ru/>; «Совершенствование взаимодействия органов государственной власти и органов местного самоуправления с хозяйствующими субъектами и внедрение ИКТ в реальный сектор экономики» - ФЦП «Электронная Россия», <http://www.e-rus.ru/site.shtml?id=20>; Программа фундаментальных исследований Президиума РАН «Разработка фун-

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 07-01-00662)

даментальных основ создания научной распределенной информационно вычислительной среды на основе технологий GRID» (Направление: «Электронная Земля: научные информационные ресурсы и информационно-коммуникационные технологии»), <http://earth.viniti.ru/>; исследования по интеграции информационно-аналитических ресурсов в ИСА РАН, <http://www.isa.ru/eoinform/>.

Широкое использование существующих методов, средств интеграции и обмена данными затруднительно, поскольку у них имеются следующие недостатки:

- большинство существующих систем обмена данными передают информацию в структуре хранения или близкой к ней без перекодирования в международные и национальные системы классификации, требуя, чтобы исходная информация была уже приведена к ним с помощью разработанных заранее конверторов;

- при описании ИР не учитывается тип информации (исходные, аналитические, прогностические, обобщенные – климатические данные, документальная информация);

- во многих существующих и разрабатываемых системах обмена недостаточно детально проведена систематизация, классификация и обобщение атрибутов хранимых данных для близких по назначению объектов, например, один и тот же параметр среды - температура воды - может храниться в нескольких базах данных и файловых системах в виде измеренных и статистических характеристик с различными пространственно-временными масштабами осреднения. В локальных базах данных для этих атрибутов дают разные имена. С точки зрения пользователя это один параметр.

Главной задачей для устранения этих недостатков является разработка единой среды метаданных и программного обеспечения управления распределенными и неоднородными ИР, поиска данных и доступа к ним.

Для интеграции данных необходимо провести классификацию и унификацию данных, имен, структур хранения, применяемых классификаторов и кодов; разработать единую модель интеграции данных, включающую описание распределенных гетерогенных информационных ресурсов. Модель должна обеспечить

решение задач управления гетерогенными и слабоструктурированными ИР посредством:

- уникальной идентификации источников данных;

- единообразного доступа ко всем ИР и использования специфических поисковых атрибутов для разных форм представления информации (текстовой, фактографической, графической, пространственной), типов данных;

- применения нескольких методов доступа в зависимости от специфики источника данных (базы данных, файловые системы хранения, Интернет-ресурсы).

Для описания ИР в мире уже разработано несколько моделей, которые можно было бы применить для рассматриваемой предметной области. Например, в области образовательных ресурсов это Learning Object Metadata Core (LOM), научно-технической информации - Dublin Core (DC) и т.д. Эти модели не учитывают специфику данных о состоянии природной среды: наличие прогностической и климатической информации; необходимость регулярного пополнения ранее представленных в систему ИР; разнообразную географическую привязку данных (координаты, имена географических объектов – морских районов, государственных образований); большой список параметров наблюдений и их пространственно – временных масштабов обобщения. Поэтому необходима разработка специализированной модели описания ИР в области исследований природной среды и морской деятельности. При разработке модели описания ресурса за основу взят стандарт метаданных ISO 19115.

1. Модель описания информационных ресурсов

1.1. Свойства информационных ресурсов

Массивы, базы данных, потоки оперативной информации (декларативная информация), а также данные, создаваемые программными приложениями (процедурная информация) создают информационное пространство рассматриваемой предметной области. Это информационное пространство состоит из неоднородных [8] и слабоструктурированных информационных ресурсов (Рис. 1).

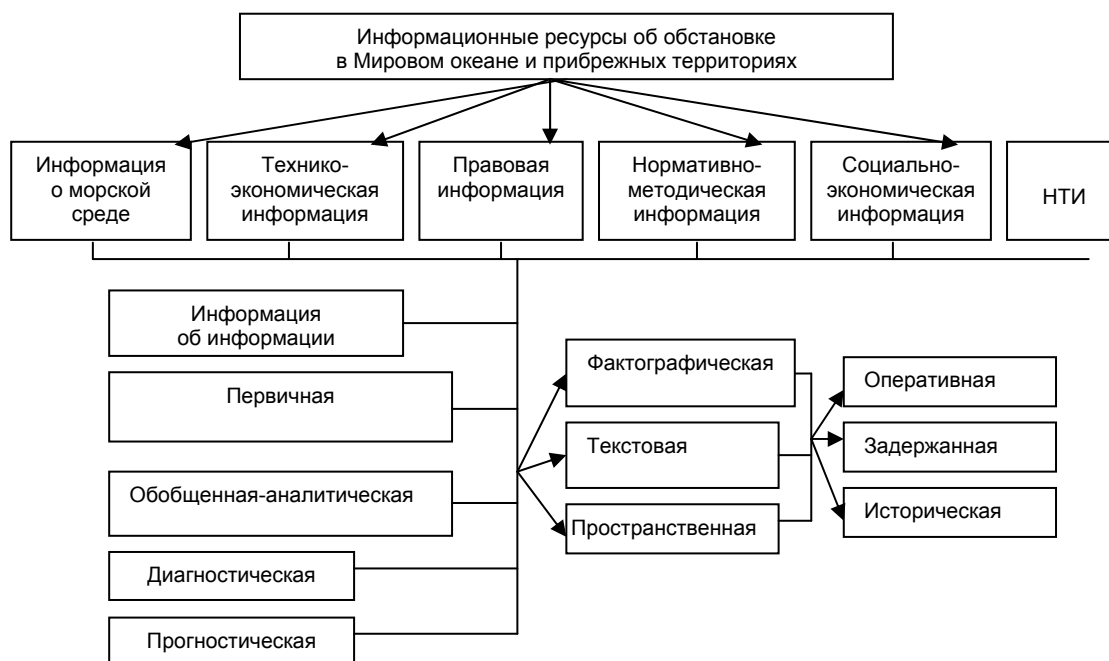


Рис. 1. Структура информационных ресурсов об обстановке в Мировом океане

Информационное пространство (и составляющие его ИР) обладают свойствами, которые подразделяются на категории идентификация, содержание, производство, происхождение, связность, ограничения и жизненный цикл.

Идентификация включает уникальный идентификатор и имя ресурса, его наименования и другие спецификации. Содержание описывает спецификации процессов и явлений, параметров, географического и временного покрытия и других свойств, связанных с семантической природой данных. Производство представляет собой спецификации методов и средств, использованных для порождения данных (платформы наблюдений, приборы измерений, методы расчетов и моделирования). Происхождение определяет спецификации организации – обладателя данных, организации – поставщика данных. Связность – это спецификации методов и средств соединения сервисов технологии с локальными системами данных и генерации ресурса. Ограничения описывают спецификации ограничений на доступ к данным. Жизненный цикл ресурса отражает даты создания и модификации как локальной системы данных, производящей ресурс, так и самого ресурса.

Свойства ИР подразделяются на семантические и физические. Семантические свойства

информационных ресурсов отражают предметную область: тематику, географическое и временное представление ресурсов, специфику отображения морских процессов и явлений и т.п. Физические свойства информационных ресурсов отражают специфику ресурсов с точки зрения функционирования сервисов – форматы, методы доступа, адреса в распределенном пространстве.

Для дальнейшего формального использования упоминаемых терминов дадим их определения.

Определение 1. ИР (Информационные Ресурсы) - это поименованная совокупность данных, генерируемых источником информации от локальной системы. Этот термин используется для того, чтобы абстрагироваться от разнородных данных, хранящихся в локальных системах данных. С этой точки зрения, ИР – это данные локальной системы после применения к ним операций, реализуемых поставщиком данных. В связи с тем, что продуцирование ИР осуществляется только в ответ на запрос к источнику данных, распределенные ИР системы можно рассматривать как динамическое “виртуальное” информационное пространство. И в этом случае термин “информационный ресурс” в значительной степени представляет аспект отобра-

жения локальной системы данных в системы распределенных (интегрированных) ИР.

Для определения единицы ресурсов, по отношению к которой осуществляются процессы описания и нормализации, как к единому целому, введем понятие *набор ИР*.

Определение 2. Набор ИР - это совокупность информации, представляющая некую самоценную и достаточную единицу информационного пространства. Обладает такими свойствами как идентификатор ресурса (физический и логический), тематика ресурса (сфера, процесс, параметры), тип ресурса (данные наблюдений, климатическая, диагностическая и другая информация), пространственно-временное разрешение, форма представления (символьная, структурированная, текстово-графическая и пространственная информация) и метод доступа к ИР. Тип ресурса и пространственно-временное разрешение являются специфическими атрибутами описания ИР в области морской среды.

1.2. Метаданные

Каждый элемент ИР может быть отображен в виде метаданных (данные о данных в семантическом и физическом смысле) и собственно данных. Метаданные классифицируются на категории по функциональному назначению:

- метаданные унификации - словарь атрибутов метаданных; словарь параметров состояния среды и морской деятельности; общие таблицы кодов, используемые для унификации метаданных и данных;

- сервисные метаданные: описания ИР различного уровня, используемые для навигации, поиска, интеграции данных из различных источников; описание пользователей, их прав и персонализации в системе, ведения сведений о системе;

- тематические метаданные: описания организаций, программ и платформ наблюдений, методов получения, используемые для понимания природы, происхождения, точности, качества и других свойств данных.

Ключевым звеном систематизации ИР являются сервисные метаданные, которые обеспечивают интеграцию данных через поддержание связей элементов ИР между тематическими метаданными (описаниями организаций, проектов, приборов, программ наблюдений, массивов

и баз данных) и данными. Взаимодействие между источниками данных и системными метаданными основывается на специальном механизме идентификации ИР различного уровня, порождаемых источником данных.

Унификация данных обеспечивается ведением единых словарей атрибутов метаданных и параметров, таблиц общих кодов и кодификаторов. Словарь атрибутов метаданных представляет собой логическое пространство имен атрибутов сервисных, тематических и ассоциируемых с данными метаданных. Словарь параметров обеспечивает унификацию разнообразных интерфейсов на уровне имен параметров данных, аналогично словарю атрибутов метаданных. Общие коды и кодификаторы обеспечивают раскодирование метаданных и данных для организации внешнего представления и унификации информационных, программных интерфейсов через значения кодов и определения. При этом максимально используются международные классификаторы (стандарты Международной организации по стандартизации, Всемирной метеорологической организации, Межправительственной океанографической комиссии).

С учетом семантических и физических свойств ИР для всех системных и тематических метаданных, применяемых в рамках построения распределенной системы [9], выделен ряд соглашений, которые используются в качестве логического правила формализации и описания этих объектов. При этом выделены базовые структуры и соглашения по их использованию. Описание ресурса как объект метаданных строится из блоков (элементов) и разделов (классов) и представляется в виде набора блоков (записи).

Определение 3. Элемент является неделимой частью описания в составе раздела описания, который может быть использован в различных разделах. Элемент может быть представлен как ключевым элементом (идентификатором), так и характеристикой. Обладает уникальным именем и типом представления (строковое, числовое и т.п.).

Определение 4. Класс или раздел представляет собой составную часть описания ИР, включающую те или иные характеристики, описывающие набор однородных свойств ИР в

терминах категорий классификации ресурсов. Классы - это фиксированный набор элементов, скомпонованный по определенным правилам, задающим последовательность элементов и их повторяемость в пределах этой последовательности.

Определение 5. Запись определяет композицию классов, отображающих структуру объектов технологии. Другими словами, запись есть формализованное описание объекта технологии в рамках информационной модели. Аналогично классам, записи строятся по четко определенным правилам встречаемости классов (необязательные, обязательные, больше двух вхождений и т.п.), обозначающие, что конкретное свойство может отсутствовать, быть обязательным или иметь несколько описаний для различных характеристик (например, жизненный цикл объекта).

Для интеграции ИР, построенной на единой модели описания данных, выделено пространство имен, форматы системных метаданных и протокол обмена данными. Пространство имен определяет тематический и структурный набор элементов для электронного обмена в распределенной системе, представленных в виде глобальной и концептуальной схем, описанных на языке XML Schema на базе стандартов WMO Core Metadata и ISO 191139 [10, 11].

Разработанная модель описания ИР:

- включает элементы данных (наблюденные параметры морской среды, показатели морской деятельности и их производные характеристики в результате обработки или обобщения данных – средние, минимальные, максимальные значения и другие) и метаданные (пространственно-временные координаты, платформы наблюдений), сопутствующие данным;

- соответствует отдельным наборам описаний информационных ресурсов в источниках данных, специфицированных для прикладной задачи (класса пользователей). Это позволяет строить совокупности тематических (специализированных) федераций источников данных (сегментов распределенной системы [12]), имеющих общий список источников данных, информационных ресурсов, систем кодирования и параметров наблюдений/измерений/вычислений океанологической информации [13].

1.3. Протокол обмена данными

Протокол обмена данными обеспечивает поддержку унифицированного диалога (механизма «запрос-ответ») между программными компонентами, а также поддержку электронного обмена данными. Он позволяет инициировать процесс выборки информации из распределенного источника данных, используя сообщение-запрос. В ответ на сообщение-запрос удаленная система данных продуцирует сообщение-ответ, позволяющий инициированной стороне получить требуемые данные в виде объекта под названием «транспортный файл данных». Сообщения-запроса и ответа имеют логическую структуру, согласно которой производится поиск данных в распределенном источнике. Транспортный файл данных также структурирован и формализован. Таким образом, протокол обмена определяет форматы и механизмы обмена данными между компонентами технологии и состоит из сообщения-запроса, сообщения - ответа (XML формат) и обменного файла данных (формат NetCDF, двоичный файл).

Сообщение-запрос представляет собой XML-документ содержащий единичную операцию («Поиск» или «Статус») и отображающий действие над локальным источником данных, критерии запроса и параметры, которые должны содержаться в результате. В ответ на запрос источник данных возвращает сообщение-ответ.

На Рис. 2 приведен пример XML структуры запроса для одного источника данных. Запрос представлен двумя основными блоками – заголовок сообщения и тело сообщения. Тэг *destination* в заголовке определяет точку доставки запроса и идентификатор ИР, к которому данный запрос адресован. Заголовок также содержит дату и время формирования запроса и IP-адрес источника запроса. Основная структура запроса прописана в тэге *search*. В нем указываются критерии запроса (*filter*) и необходимые в ответе элементы данных (*structure*). Секция *filter* содержит последовательность логических операторов, именуемых LOP (Logical Operator) и операторов сравнения (Comparison Operator, COP), формализующих условия поиска в терминах протокола. В приведенном примере представлено следующее выражение: широта больше или равняется 78.54 и широта

```

<request>
  <header>
    <version>0.95</version>
    <sendTime>2005-08-03T14:47:52+03:00</sendTime>
    <source>127.0.0.1</source>
    <destination resource="RU_RIHMI_01">http://data.meteo.ru:80/digir/DiGIR.php</destination>
    <type>search</type>
  </header>
  <search>
    <filter>
      <and>
        <lessThanOrEquals>
          <e2edm:Latitude>78.54</e2edm:Latitude>
        </lessThanOrEquals>
        <greaterThanOrEquals>
          <e2edm:Latitude>60.0</e2edm:Latitude>
        </greaterThanOrEquals>
      </and>
    </filter>
    <records limit="100" start="0">
      <structure>
        <xsd:element name="record" xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
          <xsd:complexType>
            <xsd:sequence>
              <xsd:element ref="e2edm:Latitude"/>
              <xsd:element ref="e2edm:Longitude"/>
              <xsd:element ref="e2edm:platformName"/>
              <xsd:element ref="e2edm:DEPH"/>
              <xsd:element ref="e2edm:TEMP"/>
            </xsd:sequence>
          </xsd:complexType>
        </xsd:element>
      </structure>
    </records>
    <count>>false</count>
  </search>
</request>

```

Рис. 2. Структура запроса к источнику данных

меньше или равняется 60 градусам. В протоколе используются следующие логические операции – «И» (AND), «ИЛИ» (OR), «НЕ И» (NOT AND), «НЕ ИЛИ» (NOT OR) и операции сравнения – «равно» (equals), «не равно» (not equals), «больше или равно» (greaterThanOrEquals), «меньше или равно» (lessThanOrEquals), больше (greaterThan) и меньше (lessThan).

На Рис. 3 представлен пример XML структуры сообщения-ответа. Сообщение-ответ генерируется источником данных в ответ на сообщение-запрос. В случае успешного выполнения источник данных возвращает XML-документ, содержащий ссылку на транспортный файл данных, соответствующий запрошенному ресурсу. Аналогично запросу, сообщение ответ состоит из заголовка и тела ответа (тэг *content*). В заголовке указывается дата и

время формирования ответа от источника данных и идентификатор ресурса. Тело ответа содержит код типа записи данных (данные в точке - E2EPointDD, профильные данные – E2EProfileDD, сеточные данные – E2EGridDD и объектные файлы данных – E2EObjectDD), ссылку на транспортный файл данных, сгенерированный источником данных (тэг *transport-FileURL*), и число записей в ответе, необходимые для оценки размера файла данных.

2. Применение предлагаемой технологии

Предложенная модель интеграции ИР по тематике Мирового океана использована при выполнении проектов подпрограммы 10 ЕСИМО “ФЦП Мировой океан” и составили основу тех-

```

<responseWrapper>
  <response xmlns="http://digir.net/schema/protocol/2003/1.0">
    <header>
      <sendTime>2005-09-29T15:35:17+04:00</sendTime>
      <source resource="RU_RIHMI_03"/>
      <type>search</type>
    </header>
    <content>
      <record>
        <E2ETransportSpecification>
          <objectRecordName>E2EProfileDD</objectRecordName>
          <transportFileURL>http://data.meteo.ru:8090/dpms/ncResults/1127993716743-result.nc</transportFileURL>
        </E2ETransportSpecification>
        <count>7</count>
      </record>
    </content>
  </response>
</responseWrapper>

```

Рис. 3. Структура ответа источника данных

нологии интеграции ИР. Технология интеграции предназначена для формирования единого информационного пространства по заданной предметной области. Центральным объектом системы распределенных источников данных являются ИР, хранящиеся в локальных системах данных на серверах организаций – центров и организаций-поставщиков данных в виде баз данных, структурированных (по определенному формату) файлов данных и объектных файлов данных (простой текст, документы, изображения).

Технология интеграции обеспечивает выполнение следующих задач:

- регистрацию и описание пространственно-распределенных локальных систем данных центров ЕСИМО (организаций-поставщиков);
- унификацию кодирования и представления данных об обстановке в Мировом океане через Единый словарь параметров и общие кодификаторы ЕСИМО;
- поиск, доступ к локальным системам данных и обмен данными между программными компонентами технологии и внешними программными приложениями;
- информационное обеспечение автоматизированных рабочих мест ЕСИМО (внешних программных приложений для доступа к системе распределенных баз данных ЕСИМО посредством навигации запросов среди источников данных, выполнения запросов и представления их результатов внешнему приложению).

Обобщенная архитектура технологии интеграции отображена на Рис. 4.

Программный комплекс «Поставщик данных» предназначен для информационного взаимодействия с локальными системами данных, размещаемыми на серверах центров ЕСИМО и организаций-поставщиков информации. Программный комплекс «Сервер интеграции» предназначен для управления программным комплексом «Поставщик данных», поддержки средств унификации обмена данными, в том числе и с внешними приложениями.

Формализация модели описания ресурсов произведена с помощью таких языков как XML, XML Schema и UML. Для ведения и использования технологии интеграции разработан многокомпонентный, кросс-платформенный информационно-программный комплекс. При этом используются web - сервер Apache, сервер приложений JBOSS, языки разработки Java 2 и PHP. Пользовательский интерфейс реализован на базе технологии J2EE. Разработан набор сервисов, отвечающих за поддержку источников данных, сегментирование локальных данных на ИР, регистрацию и поддержку описаний ИР, перекодирование, преобразование локальных данных и построение федераций источников информации. Для проверки актуальности источников данных в системе распределенных ресурсов ЕСИМО осуществляется постоянный опрос источников данных на их доступность, получение информации о количестве ресурсов, объемах запрошенных данных и наиболее часто запрашиваемых ресурсах. Программный комплекс «Поставщик данных» ведет журнал

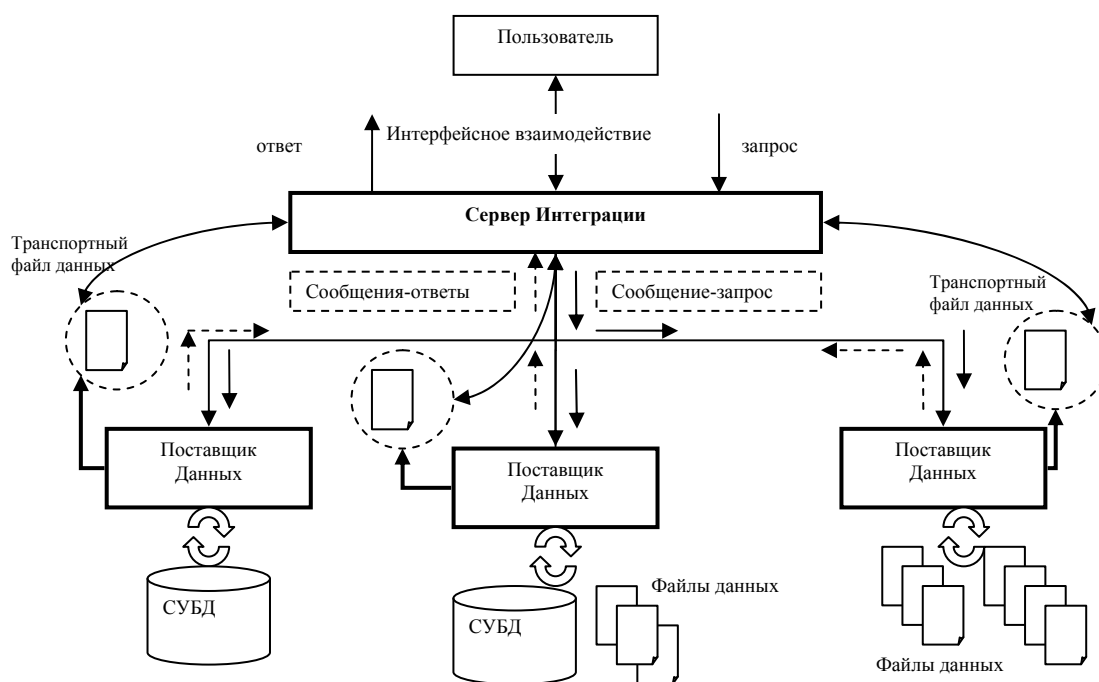


Рис. 4. Обобщенная схема архитектуры технологии интеграции

действий администратора и оператора, что позволяет получать информацию об использовании программного комплекса для выполнения поставленных задач по включению новых ресурсов и поддержанию уже существующих. Сводная информация о состоянии ИР ЕСИМО, полученная по результатам работы модуля мониторинга разработанной технологии, (http://data.meteo.ru:8080/iserv/stat/31-12-2007_T1.html) представлена в таблице. Из нее видно, что модуль позволяет отслеживать число неработающих ресурсов путем контрольных (тестовых) запросов к источникам данных. На начало 2008 г. процент ресурсов, находящихся под управлением СУБД, составлял 56,87%, в структурированных файлах - 10,18%, объектных файлах данных - 24,17% и автономных приложениях - 8,78%.

Заключение

Разработанная модель интеграции ИР является важным этапом разработки технологий интеграции информационно-аналитических ресурсов и позволяет описать распределенные локальные системы данных в виде баз данных реляционных СУБД; файлов структурированных символьных данных; объектных файлов –

документов, графических изображений, HTML-страниц Интернет - сайтов. Модель интеграции является универсальной для некоторого класса задач и позволяет описать не только информационный ресурс, но и другие объекты, являющиеся компонентами модели интеграции (источники данных - наблюдательные платформы, приборы; сервисы). Выделенные семантические структуры содержат свойства, необходимые для описания объектов применительно к рассматриваемой предметной области.

Технология, построенная по разработанной модели, адаптируема к структурам хранения и системам кодирования данных в локальных системах данных за счет использования механизма отображения локальных структур и кодов в общесистемные.

Реализованная на основе предложенной модели технология интеграции включает текущую, прогностическую, климатическую и социально-экономическую информацию. В ЕСИМО наряду с гидрометеорологическими данными представлены ИР по другим аспектам обстановки в Мировом океане – биоресурсы, геология-геофизика, батиметрия, правовая информация и др. Доступ к гетерогенным ИР ЕСИМО осуществляется по адресу <http://data.meteo.ru:81/srbd/>.

Сводная информация о состоянии ИР ЕСИМО

Поставщик Данных	Число ИР	Доступность данных в ресурсах (успешно/пустой ответ/сбой)	Система хранения (количество ИР)
ААНИИ	124	11/55/58	Автономное приложение (52), объектные файлы (67), структурированные файлы (6)
ВНИИГМИ-МЦД	187	123/37/28	Структурированные файлы (14), СУБД (173), объектные файлы (1)
Гидрометцентр России	10	10/0/0	Структурированные файлы данных (10)
ДВНИГМИ	14	13/1/0	СУБД (14)
Морсвязьспутник	19	13/0/6	СУБД (19)
НИЦИ МИД	2	1/0/1	Структурированные файлы (2)
НКОЦ РАН	16	16/0/0	Объектные файлы (11), СУБД (5)
НЦ ОМЗ	15	13/2/0	СУБД (15)
НЦУКС	18	0/17/1	СУБД (2), объектные файлы (16)
ЦНИИМФ	17	9/8/0	СУБД (10), объектные файлы (7)
НПО "Тайфун"	2	0/2/0	СУБД (2)

Авторы выражают благодарность Вязилову Е.Д. и Михайлову Н.Н. за постоянное внимание и помощь в работе.

Литература

- Velikhov E.P. (editor), Emelyanov S.V., Afanasiev A.P., Grinberg Y.R., Krivtsov V.E., Peltsverger B.V., Taylor R.G., Voloshinov V.V. Distributed Computing and its Applications. Felicity Press, USA, 2005. – 298 pp.
- Bernstein Philip A. Middleware - A model for Distributed System Services // Communications of the ACM, 1996. February, Vol.39, No.2, (Перевод: Открытые системы: Системы управления базами данных. 1997. Выпуск 2).
- Шаймарданов М.З., Пуголовкин В.В. Автоматизированные системы и технологии сбора, обработки и накопления данных гидрометеорологических наблюдений. – Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД. 2002. – 226 с.
- Калиниченко Л.А. Методы и средства интеграции неоднородных баз данных. М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1983. - 424 с.
- Дулин С.К., Поповидченко В.Г. Использование онтологий для интеграции геоинформационных ресурсов. В сб. "Интеллектуальные системы и технологии" "Научная сессия МИФИ-2007". М.: МИФИ, 2007 г.
- Геловани В.А., Безруков Д.И., Бритков В.Б., Голосов А.О., Цаленко М.Ш. Интерактивная разработка информационных систем. Известия АН СССР. Техническая кибернетика, 1986. №2. - С. 48-70.
- Геловани В.А., Башлыков А.А., Бритков В.Б., Вязилов Е.Д. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений в нештатных ситуациях с использованием информации о состоянии природной среды. Москва, Эдиториал УРСС, 2001, 304 с.
- Белов С.В. Методы интеграции структурированных и слабоструктурированных информационных ресурсов. Технология интеграции информационных ресурсов ЕСИМО (E2EDM) //Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2007. Вып. 172. - С.69-78.
- В.Р. Алеев, В.Б. Бритков, А.А. Васильев, С. Н. Шибачев. Интерактивная информационная система обеспечения океанологической информацией // М.: Сборник трудов «Программно-математические методы информатики в системном моделировании». 1987. Вып.15. Всесоюзный научно-исследовательский институт системных исследований. - С.51-64.
- W3C XML Schema - <http://www.w3.org/XML/Schema>
- WMO Core Metadata. <http://www.wmo.int/web/www/metadata/WMO-metadate-XML.html>
- Афанасьев А.П., Волошинов В.В., Рогов С.В., Сухорослов О.В. Развитие концепции распределенных вычислительных сред // М.: Труды ИСА РАН «Проблемы вычислений в распределенной среде: организация вычислений в глобальных сетях». РОХОС. 2004. С.6-105.
- Геловани В.А., Бритков В.Б., Вязилов Е.Д. Проблемы информационной поддержки исследований по природной среде на примере океанологической информации. Труды Международной конференции "Информационные ресурсы об океане – актуальные проблемы формирования, распространения и использования в научных исследованиях и в морской деятельности", Обнинск, ВНИИГМИ-МЦД, 2002 г. С. 105-106.

Бритков Владимир Борисович. Зав. лабораторией информационного моделирования Института системного анализа РАН. Окончил Московский физико-технический институт. Кандидат физико-математических наук. Имеет более 100 публикаций. Область научных интересов: системное моделирование, интеграция информационно-аналитических ресурсов, интеллектуальные методы анализа информации, системы поддержки принятия решений.

Белов Сергей Викторович. Программист Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологии - Мировой Центр Данных (ВНИИГМИ-МЦД) Окончил в 2002 году Обнинский государственный технический университет атомной энергетики (ОГТУ АЭ). Имеет более 13 публикаций. Научные интересы: системное программирование, проектирование распределенных информационных систем, web-технологии.