

ОЛЕЙНИК Андрей Григорьевич – кандидат технических наук, заместитель директора Института информатики и математического моделирования технологических процессов Кольского научного центра РАН, заведующий кафедрой информационных систем Кольского филиала Петрозаводского государственного университета.

ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ СИСТЕМА КОМПЛЕКСНОГО КОНЦЕПТУАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗАДАЧ РЕГИОНАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ¹

Использование информационных, вычислительных и телекоммуникационных ресурсов (ИВТР) в задачах регионального управления обладает рядом особенностей [1]. Это обусловлено такими свойствами региональных систем, как: существенная неоднородность и динамичность структуры; множественные причинно-следственные связи; пространственная и временная зависимость многих характеристик и параметров системы; различный уровень знаний о свойствах и характеристиках как компонентов системы, так и взаимодействиях между ними; и др. Сложность, разнородность и многофакторность региональных систем с одной стороны и наличие большого числа практических решений в области информационных технологий и систем, используемых при решении конкретных задач регионального управления [1], с другой стороны, предопределяет целесообразность создания методов и средств комплексного многократного использования разнородных моделей и существующих ИВТР [2]. Причем, создаваемые средства должны быть ориентированы на конечного пользователя как на непосредственного разработчика модели, т.е. разрабатываться в рамках направления, названного Г.С. Поспеловым «новой информационной технологией моделирования» [3].

В настоящее время в области разработки информационных систем, использующих распределенные коллективные знания, доминирующими являются объектно-ориентированные технологии [4, 5]. Но при решении конкретных прикладных задач для специалиста предметной области более естественным является «процедурное» представление - определение последовательности действий, ведущей к достижению поставленной цели. Объективные трудности комплексного описания региональной системы в рамках объектно-ориентированных технологий связаны с тем, что, в зависимости от решаемой проблемы, один и тот же «физический» элемент региональной системы может рассматриваться с различных точек зрения и не может быть однозначно отнесен к какому-либо заранее заданному классу.

Для разработки средств информационной поддержки регионального управления использована технология концептуального моделирования на основе функционально-целевого подхода [1, 2, 6]. Основным компонентом инструментальной системы является интегрированная концептуальная модель (ИКМ), которая предназначена для формализации и комплексного представления коллективных знаний экспертов о задачах, связанных с изучением, прогнозированием и управлением региональной системой, а также об информационно-вычислительных ресурсах, которые используются или могут быть использованы для решения представленных в модели задач. ИКМ формируется как структура, объединяющая в себе концептуальную модель предметной области (КМПО) и концептуальную модель исполнительной среды (КМИС) моделирования [7]. В свою очередь, концептуальная модель предметной области представляет собой два взаимосвязанных древовидных графа – дерево задач (процессов) и дерево данных (ресурсов). Модель исполнительной среды представляется тремя деревьями, отображающими структурную иерархию аппаратных, алгоритмических и информационных ресурсов. Информационные и алгоритмические ресурсы связаны с аппаратными ресурсами отношениями размещения. Каналы связи, необходимые для реализации распределенного моделирования, определяются в результате анализа атрибутов локализации аппаратных ресурсов. Связь между КМПО и КМИС задается путем описания отношений назначения исполнителей. Эти отношения определяют подмножество представленных в КМИС исполнительных ресурсов, выбранное для выполнения процессов или хранения данных, описанных в КМПО.

Специальный редактор концептуальной модели обеспечивает пользователю возможность использования терминологии предметной области при формировании формального описания. В ходе формирования концептуальной модели пользователям также предоставляются терминологические справочники объектов, которые уже внесены в модель, и электронные карты для идентификации географического места описываемого объекта предметной области. Формирование модели с использованием этих средств позволяют упростить последующее решение задачи согласования представленных описаний и обеспечения целостности модели.

¹ Работы поддержаны грантом РФФИ (проект № 05-07-97508-р_север_в)

Формальное представление концептуального описания решаемых задач регионального управления и используемых ИВТР обеспечивает автоматизацию процедур анализа целостности и разрешимости концептуальной модели, а также последующих этапов организации и проведения компьютерного моделирования [1, 6-8]. В ходе анализа целостности осуществляется контроль корректности и полноты сформированного формального описания с точки зрения назначения имен и типов элементов модели, проверка согласованности спецификаций элементов и информационных потоков модели, правильности синтаксических конструкций и обнаружение логических противоречий между структурами отношений модели. Под разрешимостью концептуальной модели понимается достижимость (возможность порождения) некоторого подмножества элементов модели, которые определяются как целевые, из другого подмножества элементов, которые определяются как исходные. Требования и ограничения, накладываемые на формальную структуру модели, заданы в виде соответствующих наборов логических правил, истинность которых проверяется в ходе выполнения специальных алгоритмов анализа. Для описания этих правил используются нотации теории множеств [6-9].

На основе интегрированной концептуальной модели осуществляется планирование конкретных вариантов реализации моделирования и генерация спецификаций исполнительской среды для его реализации [7-9]. Исходные условия решаемой задачи задаются на ИКМ маркировкой определенных элементов концептуального описания. Путем применения процедур логического вывода из КМПО выделяется связный фрагмент, являющийся концептуальным описанием варианта решения задачи. Спецификации исполнительской среды генерируются на основе КМИС путем анализа отношений назначения исполнителей для элементов выделенного фрагмента КМПО либо с использованием наборов отображений элементов описания КМПО на элементы среды реализации или алгоритмических конструкций. Полученные декларативные спецификации исполнительской среды описывают состав, структуру и организацию работы ИВТР, необходимых для реализации распределенного моделирования. Это обеспечивает возможность дальнейшей практической реализации исполнительской среды распределенного моделирования средствами существующих технологий.

Структура узла системы комплексного концептуального моделирования

Инструментальная система концептуального моделирования обеспечивает поддержку следующих этапов моделирования:

- интерактивное построение и долговременное хранение древовидной ИКМ для исследований некоторого комплекса проблем регионального управления;
- анализ целостности и разрешимости комплексной концептуальной модели;
- постановка конкретной задачи моделирования и выбор множества фрагментов ИКМ, являющихся декларативным описанием решения поставленной задачи;
- сопоставление альтернативных вариантов реализации моделирования по задаваемым критериям;
- синтез спецификаций исполнительской среды моделирования в соответствии со структурой сформированного декларативного описания.

Все перечисленные этапы моделирования являются разделенными во времени и реализуются специализированными модулями инструментальной системы. Модульная организация системы позволяет относительно независимо разрабатывать, модифицировать и использовать блоки поддержки различных этапов моделирования под управлением единого монитора. На рисунке 1 представлена структурная схема инструментальной системы, обеспечивающей работу с интегрированной концептуальной моделью.

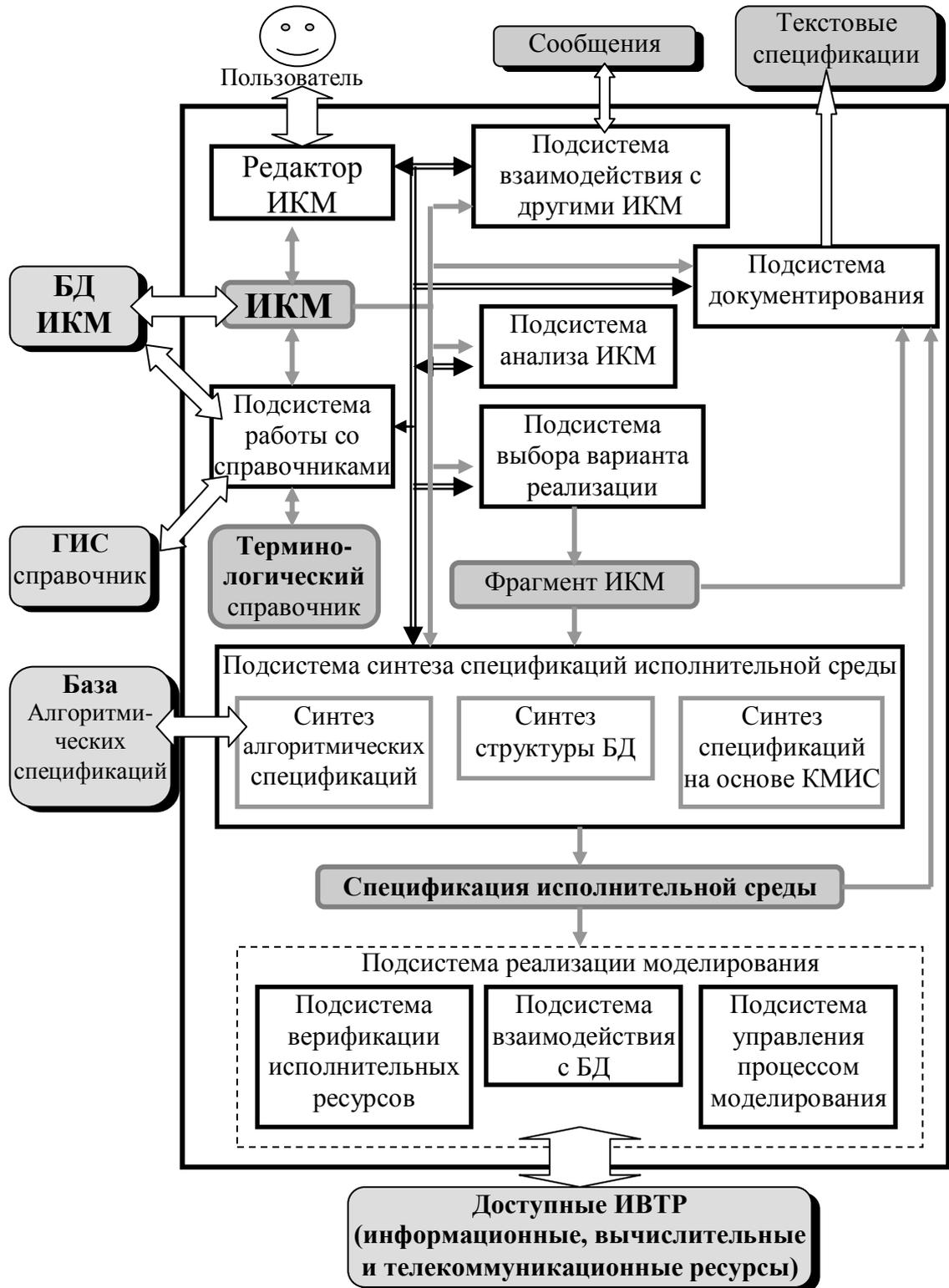


Рис. 1. Структура типового узла инструментальной системы концептуального моделирования

Взаимодействие пользователя с системой осуществляется редактором ИКМ. Редактор обеспечивает не только формирование ИКМ, но и предоставляет интерфейс для работы с остальными подсистемами. В течение сеанса работы с ИКМ модель хранится в оперативной памяти (блок «ИКМ» на рис. 1.). Подсистема работы со справочниками выполняет две основные функции. Она обеспечивает формирование терминологических справочников на основе заданных условий целевого отбора элементов концептуального описания. Терминологические справочники являются виртуальными таблицами – представлениями проекции базы данных ИКМ или ИКМ, хранящейся в оперативной памяти. Причем, если данная инструментальная система включена в состав распределенной системы концептуального моделирования, то терминологический справочник включает и текстовые характеристики элементов, представленных в других ИКМ распределенной региональной системы. Взаимодействие с другими ИКМ в рамках распределенной системы реализуется специальной подсистемой и осуществляется путем обмена сообщениями. Второй функцией подсистемы работы со справочниками является ведение ГИС-справочника. Данная функция реализуется средствами языка Avenue и обеспечивает решение следующих задач: установление географической привязки элементов ИКМ; выбор и отображение на электронной карте элементов ГИС-справочника в соответствии с запросом пользователя, заданным с помощью средств редактора ИКМ; выбор элементов ИКМ и терминологических справочников в соответствии с запросом, заданным путем выделения элементов или области на электронной карте.

Подсистема взаимодействия с другими ИКМ инициируется, если данная система включена в распределенную комплексную систему концептуального моделирования. Основная функция данной подсистемы – обеспечение «прозрачности» распределенной организации комплексной ИКМ для пользователей.

Подсистема анализа осуществляет проверку целостности и разрешимости сформированного концептуального описания, выявление в ИКМ ошибок и несогласованностей и предъявление их разработчику модели для устранения средствами редактирования. Процедуры вывода, обеспечивающие анализ разрешимости концептуальной модели, используются также в подсистеме выбора варианта реализации моделирования. Результатом работы данной подсистемы является фрагмент концептуальной модели предметной области, описывающий в декларативном виде решение конкретной поставленной («Фрагмент КМПО» на рис.1).

Полученный фрагмент вместе с отношениями назначения, заданными в ИКМ, является исходной информацией для работы подсистемы синтеза спецификаций исполнительской среды. В системе предусматриваются варианты синтеза спецификаций исполнительской среды на основе ИВТР, представленных в КМИС, или на основе атрибутов элементов КМПО, специфицирующих имена и типы предполагаемых исполнителей. В случае синтеза спецификаций на основе имен и типов исполнителей, заданных в качестве атрибутов процессов и данным КМПО, в процедурах синтеза используются таблицы соответствий между элементами описания фрагмента КМПО и синтаксических конструкций алгоритмической среды («База алгоритмических спецификаций» на рис. 1). Совмещение различных вариантов синтеза спецификаций при решении конкретной задачи моделирования позволяет ускорить формирование исполнительской среды и сократить разработку новых исполнительских ресурсов за счет использования уже существующих и удовлетворяющих требованиям задачи. В зависимости от решаемой задачи и состава доступных ИВТР полученная спецификация исполнительской среды может быть передана в подсистему реализации моделирования и/или в подсистему документирования.

Функции подсистемы документирования заключаются в формировании и выводе текстовых или графических спецификаций по результатам работы остальных подсистем. Это могут быть: структура ИКМ, фрагментов реализации или отдельных шаблонов модели; сводные таблицы отношений; тематические справочники (терминологические и в виде фрагментов электронных карт); спецификации исполнительской среды. Вывод может осуществляться подсистемой документирования в файлы, на устройство печати или экран.

Задачами подсистемы реализации моделирования является выбор (на основе полученной спецификации) ИВТР, необходимых для реализации моделирования, и организация их совместного использования с целью решения поставленной задачи моделирования. В процессе реализации моделирования, как правило, осуществляется выборка требуемого подмножества конкретных экземпляров (значений) исходных данных из БД предметной области и их обработка с целью достижения указанного подмножества результатов. Процессы анализа и представления результатов моделирования декларируются на этапе построения концептуальной модели и имеют стандартную для процессов КМПО структуру описания. Они могут быть сразу включены во фрагмент реализации моделирования, либо выделены в отдельную задачу. Во втором случае системой будет создана отдельная спецификация для задачи анализа и представления результатов. В систему концептуального моделирования включено несколько специально разработанных исполнителей для решения специфических задач.

Организация распределенной системы концептуального моделирования

Системы регионального управления организованы по иерархическому принципу. На верхнем уровне системы располагаются региональные органы управления, решения которых играют основную роль в стратегических вопросах управления регионом. Следующие уровни формируют органы районного и

муниципального управления. Далее следуют конкретные организации или персоны, принимающие решения по конкретным, локальным задачам. Аналогичной схемой определяется и структура управления отраслевыми подсистемами в рамках региональной социально-экономической системы. Принципы функционально-целевого подхода согласуются с организационной структурой регионального управления. Система концептуального моделирования задач регионального управления и развития организована в виде иерархической структуры однотипных локальных (или тематических) систем. Каждая локальная система обеспечивает как автономную разработку отдельной ИКМ, так и разработку подмодели в рамках комплексной ИКМ региона.

Разработка комплексной информационной системы поддержки регионального управления предусматривает планирование структуры системы сверху, а практическое ее построение – снизу. Свойства ИКМ позволяют рассматривать любой ее целостный фрагмент как самостоятельную модель некоторой задачи исследуемой предметной области. Идентичность формального представления для различных уровней модели предопределяет возможность интеграции существующих моделей в модель более высокого уровня и углубление декомпозиции путем дальнейшей детализации терминальных уровней. Все системы оснащены одинаковым интерфейсом. В составе интегрированной среды моделирования система непосредственно взаимодействует только с одной доминирующей системой и, возможно, несколькими нижележащими в иерархии системами. Корнем дерева является система, работающая с ИКМ верхнего уровня. Следующий уровень иерархии образуют системы, в которых представлены ИКМ, детализирующие некоторые терминальные вершины ИКМ вышележащего уровня.

Терминологические справочники каждой системы содержат текстовые и служебные идентификаторы элементов «собственной» ИКМ и всех элементов ИКМ системы следующего нижележащего уровня. В качестве идентификатора (ключа) записи справочника используется агрегат данных <ICM_num, loc_el_num>, где ICM_num – номер модели, в которой описан данный элемент, а loc_el_num – локальный номер данного элемента в модели ICM_num. Локальный номер элемента формируется в ходе сеанса работы с ИКМ на узле, к которому она приписана и может меняться в ходе эволюции модели. Номер модели ICM_num задается однократно при включении данной модели в комплексную ИКМ в качестве подмодели и является константой. При удалении подмодели из комплексной ИКМ, ее номер больше не используется. В результате, в справочнике модели верхнего уровня представлены текстовые идентификаторы элементов всех интегрированных в общую систему справочников. Поэтому для получения списка всех элементов, представленных комплексной ИКМ, подмодели любого уровня достаточно передать запрос к корню дерева. Физический доступ к полному концептуальному описанию элемента осуществляется по навигационному принципу. Такая организация существенно упрощает реализацию и наращивание комплексной системы, обеспечивает преемственность алгоритмов анализа ИКМ. Избыточность хранения текстовых идентификаторов в справочниках ИКМ промежуточных уровней позволяет, при необходимости, использовать эти модели автономно.

В рамках интеграционного интерфейса реализуются функции обмена информацией о структуре ИКМ, входящих в систему моделирования задач регионального управления. Основная цель данного обмена – предоставление пользователю любой локальной ИКМ, включенной в комплексную систему, данных о наличии, структуре и свойствах имеющихся в рамках системы элементов концептуальных моделей предметной области и исполнительской среды. Информационный обмен осуществляется на основе XML сообщений. Такое решение связано с ориентацией на Web-технологии для реализации работы распределенной системы концептуального моделирования. Кроме этого XML-схемы и документы без особого труда могут быть использованы в современных СУБД в качестве схем данных. Если на узле, к которому осуществляется запрос, программная система работы с ИКМ не запущена, то происходит обращение к БД хранения ИКМ на данном узле («БД ИКМ» на рис. 1). Если в момент запроса на узле осуществляется сеанс работы с ИКМ, то требуемые в запросе данные выбираются из оперативной памяти.

Литература:

1. Емельянов С.В., Попков Ю.С., Олейник А.Г., Путилов В.А. Информационные технологии регионального управления // М.: Едиториал УРСС, 2004. – 400 с.
2. Олейник А.Г., Шишаев М.Г. Пути повышения эффективности использования региональных информационных ресурсов// Информационные ресурсы России. – 2004. - №1. – С. 2-5.
3. Поспелов Г.С. Искусственный интеллект – основа новой информационной технологии. – М.: Наука, 1988.- 278 с.
4. Управление онтологиями / Левашова Т.В., Пашкин М.П., Смирнов А.В., Н.Г. Шилов // Известия академии наук. Теория и системы управления. - 2003. - №4 - С.132-146, № 5. - С.89-101.
5. Gomez-Perez A., Benjamins V.R. Overview of Knowledge Sharing and Reuse Components: Ontologies and Problem-Solving Methods/ Proceedings of the IJCAI-99 workshop on Ontologies and Problem-Solving Methods (KRR5). Stockholm, Sweden, August 2, 1999.- (<http://sunsite.informatik.rwth-aachen.de/Publications/CEUR-WS/Vol-18/1-gomez.pdf>).
6. Синтез моделей вычислительного эксперимента / Бржезовский А.В., Жаков В.И., Путилов В.А., Фильчаков В.В. – Спб.: Наука, 1992. – 231 с.

7. Олейник А.Г. Синтез спецификаций исполнительской среды вычислительного эксперимента на основе концептуальной модели предметной области // Информационные технологии в региональном развитии. – Апатиты, 2004. – Вып. IV. – С. 12-16.
8. Инструментальная система поддержки вычислительного эксперимента на основе древовидной модели предметной области / Олейник А.Г., Смагин А.В., Фридман А.Я., Фридман О.В. // Программные продукты и системы. – 1999. - № 2. - С.7-13.
9. Путилов В.А., Горохов А.В., Олейник А.Г. Технология автоматизированной разработки динамических моделей для поддержки принятия решений // Информационные ресурсы России. – 2004. - №1. – С.30-33.