



ИНТЕГРАЦИЯ АГЕНТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ МОДЕЛЕЙ С ГЕОИНФОРМАЦИОННЫМИ СИСТЕМАМИ

Работа поддержана грантами РФФИ № 17-06-00514 А, № 19-01-00103 А и № 18-47-350001 р-а

В данной работе рассматриваются вопросы интеграции на информационном уровне агентно-ориентированных моделей сложных предметных областей с геоинформационными системами с использованием онтологий.

Агентно-ориентированное моделирование, геоинформационные системы, онтологии.

В последнее время значительный практический интерес вызывают агент-ориентированные модели сложных предметных областей. Они позволяют более точно отображать реальные процессы по сравнению с иными используемыми в настоящее время способами имитационного моделирования. Однако с расширением пространства моделирования количество объектов среды становится огромным, а для формирования поведения агентов необходимо учитывать их текущее точное по отношению к объектам среды расположение.

Решить эту проблему можно путем интеграции агентно-ориентированных моделей с геоинформационными системами, которые имеют развитые средства хранения и отображения в пространстве различных объектов с точной привязкой их к географическим координатам, аналитической обработки пространственной информации и интерфейсы взаимодействия с внешними системами. Подходам к ее реализации на сегодняшний день посвящено множество научных работ. Среди них труды таких зарубежных авторов, как D.T. Robinson, A.T. Crooks, A. Heppendall, H. Randy Gimblett. В нашей стране наиболее весомые результаты достигнуты учеными, представляющими Центральный экономико-математический институт РАН. Среди них можно выделить В.Л. Макарова, А.Р. Бахтизина, Е.Д. Сушко. Анализ представленных научных работ показывает, что основное внимание авторы уделяют аспектам технологической интеграции на уровне программных продуктов, а также решению проблемы большой размерности пространства вычислений. При этом многими исследователями отмечается, что реальные пространственные данные должны не только рассматриваться внутри модели, но и стать элементами самой модели [1]. В этой связи актуальной является задача интеграции АОМ и ГИС на информационном уровне.

Данная задача разбивается на две подзадачи: соотнесение информационных объектов, определенных на уровне обеих систем, и построение на этой базе общей вычислительной модели.

Соотнесение информационных объектов двух систем необходимо рассматривать через призму их информационных моделей. В работе [2] отмечается, что отображение информационных моделей является необходимым шагом при решении задач над неоднородными информационными ресурсами.

При отображении моделей решается интеллектуальная задача формирования концептуальных конструкций неоднородных моделей различных информационных систем и установления соответствия их элементов путем поиска релевантных (имеющих сходную семантику) конструкций. Интеграция информационно неоднородных систем должна осуществляться при наличии единого концептуального интерфейса между ними [3].

В настоящее время активно используются и динамично развивающимся средствами структурирования, формализации и унификации представления знаний с целью их многократного и гибкого использования в информационных системах являются онтологии [4]. Они используются для формальной спецификации понятий и отношений, которые характеризуют определенную область знаний. Преимуществом онтологий в качестве способа представления знаний является их формальная структура, которая упрощает их компьютерную обработку [5]. Онтология обеспечивает непротиворечивое накопление любого количества информации в стандартной структуре классификации. Такой подход гарантирует однозначную идентификацию информационных элементов независимо от различных трактовок их наименований.

Традиционно онтология представляется в виде следующей формальной системы:

$$O = \langle X, R, F \rangle,$$

где X – конечное множество концептов (понятий) заданной предметной области;

R – конечное множество семантически значимых отношений между концептами предметной области;

F – конечное множество функций интерпретации, заданных на концептах и/или отношениях.

Создание единого интерфейса интеграции информационно-неоднородных систем требует разработки целевой онтологии, общей для подсистем, способной на концептуальном уровне интегрировать разномодальные входы и выходы. Для обеспечения данного процесса целевая онтология должна иметь возможность интерпретировать концепты уровня интегрированных систем, что предполагает существование их прикладных онтологий. В нашем случае имеются две прикладные онтологии: онтология геоинформационной системы и онтология агент-ориентированной модели.

Онтология геоинформационной системы может быть выражена через концептуальную модель предметной области, лежащей в основе ее базы данных. На ее уровне определены основные концепты, их атрибуты и связи. При этом концептуальную модель следует рассматривать с учетом наличия двух типов взаимоуязванных сущностей, отображающих атрибутивный состав пространственных объектов и их расположение. Формально онтология геоинформационной системы представляется в следующем виде:

$$O^{GIS} = \langle (X_0^{GIS}, X_S^{GIS}), (R_0^{GIS}, R_{0-S}^{GIS}) \rangle,$$

где X_0^{GIS} – конечное множество концептов, отображающих пространственные объекты геоинформационной системы;

X_S^{GIS} – конечное множество концептов, отображающих элементы пространственного расположения объектов геоинформационной системы;

R_0^{GIS} – конечное множество семантически значимых отношений между концептами, отображающими пространственные объекты геоинформационной системы;

R_{0-S}^{GIS} – конечное множество семантически значимых отношений между концептами, отображающими пространственные объекты геоинформационной системы, и концептами, отображающими элементы пространственного расположения объектов геоинформационной системы.

В силу явного определения в концептуальных моделях геоинформационных моделей концептов и отношений между ними, функции интерпретации в онтологии геоинформационной системы отсутствуют:

$$F^{GIS} = \emptyset.$$

Онтологию агент-ориентированной модели можно определить следующим образом:

$$O^{AOM} = \langle X^{AOM}, R^{AOM}, F^{AOM} \rangle,$$

где X^{AOM} – конечное множество концептов агент-ориентированной модели, отображающих агентов и элементов среды;

R^{AOM} – конечное множество семантически значимых отношений между концептами агент-ориентированной модели;

F^{AOM} – конечное множество функций интерпретации, заданных на концептах и отношениях между концептами агент-ориентированной модели. В них определены модели поведения концептов.

При интеграции происходит преобразование информации от одной предметной онтологии к другой

через целевую онтологию. Отдельные сегменты предметных онтологий описывают одну предметную область и содержат концепты и связи, имеющие сходную семантику. В процессе интеграции на уровне целевой онтологии элементы одной предметной онтологии ассоциируются с элементами другой предметной онтологии. Исходя из этого, целевая онтология представляется как:

$$O^{PRP} = \langle X^{PRP}, R^{PRP}, F^{PRP} \rangle,$$

где X^{PRP} – множество концептов из предметных онтологий, имеющих пересечение в их семантическом значении:

$$X^{PRP} = ((X^{AOM} \equiv X_0^{GIS}) \cup (X_0^{GIS} \equiv X^{AOM}) \cup X_S^{GIS} \leftrightarrow (X_0^{GIS} \equiv X^{AOM})),$$

где \equiv – функция определения семантического соответствия элементов одного множества элементам другого множества, \leftrightarrow – функция выбора элементов одного множества, имеющих связи с элементами другого множества;

R^{PRP} – множество отношений между концептами, входящими во множество X^{PRP} :

$$R^{PRP} = ((R^{AOM} \leftrightarrow (X^{AOM} \equiv X_0^{GIS})) \cup (R_0^{GIS} \leftrightarrow (X_0^{GIS} \equiv X^{AOM})) \cup (R_{0-S}^{GIS} \leftrightarrow (X_S^{GIS} \leftrightarrow (X_0^{GIS} \equiv X^{AOM}))));$$

F^{PRP} – конечное множество функций интерпретации, заданных на концептах и отношениях целевой онтологии. Содержит функции интерпретации элементов одной предметной онтологии посредством элементов другой предметной онтологии.

В функциях интерпретации целевой онтологии необходимо реализовать механизмы устранения конфликтов предметных онтологий, к которым относят [6]:

- конфликт имен;
- конфликт типов или форматов атрибутов;
- использование различного набора атомарных атрибутов для описания объектов одного класса;
- использование различных объектных структур и степени детализации для описания информации об объектах одного класса;
- использование разных по семантике элементов онтологии для типизации одних и тех же по семантике объектов (семантические конфликты);
- конфликты ограничений целостности онтологий.

Кроме этого, необходимо установить соответствие между механизмами описания пространственного расположения объектов в геоинформационной системе и агент-ориентированной системе.

Использование предлагаемого подхода позволит разрабатывать программные интерфейсы для интеграции агент-ориентированных моделей и геоинформационных систем, которые могут обеспечить решение задач по идентификации объектов одной системы в другой с целью получения возможности интерпретировать результаты выполняемых ими специализированных функций, а также синтеза наборов экземпляров элементов одной системы на основе информации, содержащейся в другой системе.

Литература

1. Гулин, К. А. Российский и зарубежный опыт интеграции агент-ориентированных моделей и геоинформационных систем / К. А. Гулин, А. И. Россошанский // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. – 2016. – № 5. – С. 141–157.
2. Скворцов, Н. А. Использование онтологии верхнего уровня для отображения информационных моделей / Н. А. Скворцов, С. А. Ступников // Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции : труды 10-й Всероссийской научной конференции (RCDL'2008). – Дубна : ОИЯИ, 2008. – С. 122–127.
3. Хахалин, Г. К. Прикладная онтология на языке гиперграфов / Г. К. Хахалин // Труды второй Всероссийской конференции с международным участием «Знания-Онтологии-Теории» (ЗОНТ-09). – Новосибирск, 2009. – С. 223–231.
4. Горохов, А. В. Синтез имитационных моделей макросистем на основе онтологических описаний / А. В. Горохов, О. В. Шелех // Труды Института системного анализа Российской академии наук. – 2009. – Т. 39. – С. 195–201.
5. Митрофанова, О. А. Онтологии как системы хранения знаний / О. А. Митрофанова, Н. С. Константинова // Всероссийский конкурсный отбор обзорно-аналитических статей по приоритетному направлению «Информационно-телекоммуникационные системы», 2008. – 54 с.
6. Erhard Rahm. A survey of approaches to automatic schema matching / Erhard Rahm, Philip A. Bernstein. – (DOI) 10.1007/s007780100057 // The VLDB Journal. – 2001. – Vol. 10, № 4. – P. 334–350.

A.N. Shvetsov, S.V. Dianov

INTEGRATION OF AGENT-ORIENTED MODELS WITH GEOINFORMATION SYSTEMS

This paper discusses the issues of integration at the information level of agent-based models of complex subject areas with geographic information systems using ontologies.

Agent-based modelling, geographic information systems, ontology.