

УДК 519.7: 004.8



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ПЛАНИРОВАНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

А.А. Воскобойникова

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, voskobjnikova@gmail.com

Рассмотрена проблема поиска решения по запросу к нескольким информационным системам, в основе которых лежит онтологическая структура представления знаний. Как способ решения заданной проблемы предложено использовать направление искусственного интеллекта – методы автоматического планирования. Приведено описание требований к содержанию и формальному описанию структуры плана, а также его положение в архитектуре интеграции информационных систем.

МЕНЕДЖМЕНТ ЗНАНИЙ, ИНТЕГРАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ, ОНТОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА, ПЛАНИРОВАНИЕ, МЕТОДЫ ПОИСКА РЕШЕНИЙ

Введение

С развитием информационных технологий и World Wide Web актуальными стали вопросы о совместном использовании данных для различных пользователей (людей, систем, агентов, сервисов и так далее). Информационное пространство, развиваясь, стремится к однородности и общедоступности.

Одним из направлений на пути к совместному пользованию информацией является интеграция информационных систем, которая в последнее время стала актуальной задачей в свете мировой экономической обстановки, когда все чаще различные, в том числе и информационные, структуры объединяются в одну. Интеграция информационных систем происходит двумя путями, в зависимости от того, какими именно объектами оперируют интегрируемые системы. Первый путь интеграции – это интеграция данных. Этот подход применяется, когда основу бизнес-логики системы определяют структуры реляционных баз данных. Второй путь интеграции – интеграция знаний, применяется, когда бизнес-логика системы представлена в виде онтологической структуры. В то время, как первый путь интеграции предоставляет множество методов (консолидация, федерализация, распространение данных) и технологий (EAI, ETL, EIP) интеграции данных [1], второй путь оперирует лишь тремя подходами: интеграция онтологий, сопоставление (matching) и отображение (mapping) онтологических структур. Следует отметить, что интеграция онтологических структур приводит к образованию единой структуры из интегрируемых, что далеко

не всегда приемлемо для интегрируемых информационных систем, в основе которых лежат такие структуры. В то же время, отображение и сопоставление онтологических структур не решает вопроса интеграции и дальнейшего совместного использования таких структур (не предоставляет методов их совместной обработки), а решает задачи установления соответствия между отдельными объектами знаний системы [2, 3].

1. Проблема поиска решения задачи в интегрируемых онтологических структурах

Решение проблемы интеграции информационных систем, в основе которых лежит онтологическая структура, предложено в [4]. Суть подхода заключается в создании ядра интеграции, которое содержит в себе знания о взаимодействии интегрируемых систем и об интерфейсах общения с ними. Предложенная модель интеграции (рис. 1) позволяет решать проблемы реализации обращений с запросами от одной системы к другой посредством применения методов отображения и сопоставления онтологических структур. Однако остается проблема решения задач в рамках интегрируемых систем, которые требуют создания последовательности запросов к различным системам для получения конечного решения.

Рассмотрим ситуацию, когда реализуется интеграция нескольких систем S_i , где $i = \{min\ i = 2, max\ i = n\}$. Для ответа по запросу в такой архитектуре необходима реализация следующей последовательности действий:

1) формирование запроса в терминах системы, которая его посылает;



Рис. 1. Схема архитектуры интеграции интеллектуальных информационных систем

2) отправка запроса в ядро интеграции;

3) реализация разбиения запроса на подзадачи и формирование запросов соответственно каждой выявленной подзадаче;

4) определение системы, в которую следует перенаправить запрос, и представление его в терминах этой системы;

5) обработка решения каждой подзадачи и возвращение ответа системе, которая направила запрос.

Таким образом, при формировании запроса, который потребует создания последовательности других запросов для решения поставленной задачи, из некоторой системы S_i в архитектуре интегрированных систем, потребуется провести анализ $n-1$ систем для каждой k -ой подзадачи. Учитывая вычислительную сложность обработки онтологических структур, такая процедура поиска ответа по запросу потребует больших затрат ресурсов как временных, так и вычислительных.

Поэтому, предполагая, что множество сложных запросов, которые следует разбивать на подзадачи, конечно, целесообразно было бы хранить процедуру нахождения решения и при каждом запросе не проводить поиск ответа заново, а использовать готовый шаблон решения. Так же правомерно будет и утверждение о том, что часть шаблона поиска решения, которая содержит в себе некоторые подзадачи, может являться, в свою очередь, самостоятельным шаблоном поиска ответа на запрос, и комбинация нескольких шаблонов также может образовать новый шаблон нахождения ответа. Учитывая подобную специфику поиска решения, становится возможным применение планирования как процесса формирования шаблона.

2. Планирование как метод поиска решения

Планированием называется процесс выработки последовательности действий, позволяющих достичь цели. Существует классическое и неклассическое планирование. Первое оперирует наблюдаемыми, детерминированными, конечными, статическими, дискретными средами. Второе же – частично наблюдаемыми или стохастическими вариантами сред. Учитывая то, что главным свойством информационной системы, которая основана на онтологической структуре представления знаний, является возможность ее изменения в зависимости от изменений в предметной области и задач системы, рассматриваемая среда является стохастической.

Существует несколько методов планирования для стохастических сред, которые рассматриваются в рамках искусственного интеллекта [5]. Это:

1) планирование иерархической сети задач – первоначальный план, описывающий задачу, рассматривается как описание задачи на очень высо-

ком уровне абстракции. Выполнение такого плана происходит путем декомпозиции действий, когда действие высокого уровня сводится к частично упорядоченному набору действий низкого уровня;

2) планирование в недетерминированной среде – это возможность составления такого плана, который будет применим во всех возможных обстоятельствах и будет учитывать возможность появления неполных данных;

3) условное планирование – это составление плана с учетом неопределенности путем проверки того, что фактически происходит в среде при выполнении заранее заданных пунктов плана.

Рассматриваемая в работе среда – набор интегрированных информационных систем, основанных на онтологической структуре представления знаний, по сути, является полностью наблюдаемой, не содержащей противоречивой информации, однако недетерминированной. Поэтому примирительно к такой среде целесообразно будет применять, как один из методов планирования, задачи последовательного принятия решений.

В целом механизмы планирования позволяют проводить конкретизацию действий по нахождению решения задачи, учитывая последовательность действий, ограничения на их выполнение, временные ограничения и ограничения на использование ресурсов. Таким образом становится возможным утверждать, что при создании плана возникает некоторое знание о процедуре нахождения решения задачи, а также всех альтернативных процедурах поиска решения в условиях недоступности основной. Следовательно, планирование можно рассматривать как часть менеджмента знаний, что делает его мощным инструментом для решения задач в информационных системах, в основе которых лежит онтологическая структура представления знаний о предметной области.

3. Положение плана в архитектуре интеграции

Исходя из представленной в пункте 1 данной статьи процедуры поиска ответа на запрос, шаблоны планов с их формальным описанием должны быть расположены в ядре интеграции. Таким образом, единожды сформированный план, части плана или комбинация планов могут быть использованы любой из интегрируемых систем.

Предполагается рассматривать множество сформированных планов как множество экземпляров объекта онтологии интеграции, которая будет описывать механизмы взаимодействия интегрируемых систем. Реализация выполнения плана должна осуществляться посредством агентных технологий, реализованных на платформе JADE, которая предоставляет удобные интерфейсы как для создания интеллектуальных агентов, так и для обработки онтологических структур.

4. Требования к формальному описанию плана

Рассмотрим планирование с частичным упорядочением действий (так как полного упорядочения любого такого плана можно достичь при помощи процедуры линеаризации). Формально такой план состоит из следующих компонентов: множество действий, множество ограничений упорядочения, множество причинных связей, множество открытых предусловий. Причем, последние два множества определяют то, каким образом план может быть дополнен.

План называется согласованным, если он не имеет циклов в ограничениях упорядочения и конфликтов между причинными связями.

Также, в связи с тем, что описание плана должно быть реализовано в терминах онтологии, определяются следующие требования к его компонентам [6]:

1) начальное состояние среды, S_0 – описывает состояние среды в начальный момент планирования;

2) цель, G – описывает целевое состояние It describes the desired state of the world we want to achieve through a planning process;

3) множество подзадач планирования, $PT = \{pt_1, \dots, pt_n\}$ – набор подзадач планирования, которые определяют промежуточные цели, которые должны быть достигнуты в процессе планирования, для достижения общей цели задачи планирования;

4) действия – для каждой подзадачи pt_i существует конечный набор действий $A_i = \{a_{i1}, \dots, a_{ik}\}$, который должен быть выполнен, чтобы цель подзадачи pt_i была достигнута;

5) агенты, $AG = \{ag_1, \dots, ag_m\}$ – набор интеллектуальных агентов, которые реализуют достижение целей плана посредством выполнения задач;

6) параметры, $PA = \{pa_1, \dots, pa_l\}$ – параметры, которые применяются как указатели мета-уровня на объекты-домены, которые релевантны процессу планирования;

7) период времени, TH – промежуток времени, обязательный для выполнения плана;

8) ограничения, $C = \{c_1, \dots, c_j\}$ – набор ограничений, которые должны быть соблюдены во время выполнения плана;

9) множество настроек, $PR = \{pr_1, \dots, pr_o\}$ – набор критериев, которые позволяют ранжировать планы. Эти критерии важны для осуществления оптимизации процесса планирования, а также для процесса приобретения знаний, и помогают предотвратить использование взаимно невыполнимых планов. Эти критерии принято называть «мягкими ограничениями (soft constraint)» во многих подходах проектирования и планирования;

10) функция стоимости, Cf – функция, которая реализует общий механизм сравнения «стоимости» выполнения альтернативных планов;

11) критерии решения, SOL – механизмы отображения плана P на множество $\{True, False\}$, которые определяют, является ли план-кандидат решением задачи. Критерии устанавливают, является ли план P законченным и валидным;

12) модель плана, $P = \{p_1, \dots, p_q\}$ – план-кандидат, который определяется парой $\langle pt_i, ag_j \rangle$, где pt_i – это подзадача плана, а ag_j – агент, способный выполнить соответствующие действия для достижения цели задачи pt_i .

Не все из заданных параметров являются обязательными. Но потенциально они дают возможность поддерживать выразительную мощь онтологических структур для представления знаний в информационных системах. Таким образом, используя подобное описание плана, становится возможным реализовать процедуру поиска ответа на сложный запрос к множеству информационных систем, в основе которых лежит онтологическая структура представления знаний.

5. Методы и технологии реализации и описания плана

Основываясь на характеристиках рассматриваемой среды – онтологических структурах, которые являются основой информационных систем, и характеристиках методов автоматического планирования, можно сделать вывод, что оптимальным методом планирования для описанной проблемы является метод планирования иерархической сети задач с последовательным принятием решений.

Планирование иерархической сети задач основано на сетях HNT (Hierarchical Task Network) [5]. Как было отмечено в разделе 2, такой метод планирования предусматривает декомпозицию первоначальной задачи, которая имеет наиболее общее абстрактное описание. Происходит так называемая процедура декомпозиции действий, которая заканчивается, когда достигнуты примитивные действия. Примитивные действия – это действия, которые могут быть выполнены агентом автоматически. Декомпозиция действий, согласно этому методу, проходит последовательно, за счет чего реализуется процесс уточнения и конкретизации деятельности по достижению цели, что в данном контексте эквивалентно получению нового знания.

Следует отметить, что при постановке конъюнктивных целей применяется гибридный подход к планированию, в котором декомпозиции действий используются как уточнения плана в планировании с частичным упорядочением в дополнение к стандартным операциям определения открытых условий и разрешения конфликтов путем введения ограничений упорядочения [5].

Применяя методы последовательного принятия решений, в планировании становится возможным выбор наиболее оптимальной стратегии – страте-

гии, которая принесет максимальную полезность в результате выполнения плана.

Реализация выполнения процедуры построения плана наиболее эффективно будет представлена посредством создания интеллектуальных агентов. Этот инструмент был разработан специально для решения задач поиска решений проблем методами искусственного интеллекта.

Само представление формального описания плана целесообразно реализовывать средствами Semantic Web, так как именно его технологии имеют максимальную выразительность, которая позволит полно задать формальную структуру плана.

Одними из наиболее оптимальных технологий являются OWL (Ontology Web Language) и RDF (Resource Description Framework).

Основная часть формального описания — это создание системы ограничений. Для этого OWL имеет мощный инструмент. Существует возможность задавать ограничения как на значения параметров (*owl:Restriction*), так и на классы [7]. Существуют ограничения значения свойств: *owl:allValuesFrom*; *owl:someValuesFrom*; *owl:hasValue*. Также существует три типа ограничений количества элементов: *owl:maxCardinality*; *owl:minCardinality*; *owl:cardinality*.

Посредством ограничений *rdfs:domain* и *rdfs:range* возможно задавать классы экземпляров объектов с заданными свойствами.

Также в рамках развития технологии OWL представлен стандарт OWL-S (Semantic Markup for Web Services), который поддерживает взаимодействие между онтологическими структурами и семантическими web-сервисами.

Выводы

В данной работе была рассмотрена проблема поиска ответа на запрос в системе, которая содержит несколько онтологических структур. Рассматривалась система, полученная в результате интеграции нескольких информационных систем согласно методу, предложенному в [4].

Как решение проблемы было предложено использовать технологию автоматического планирования, которая является релевантным механизмом для реализации поиска решения в заданных условиях недетерминированной среды. Проведен анализ методов автоматического планирования, на основе которого выявлено, что метод планирования иерархической сети задач с последовательным принятием решений является наиболее оптимальным.

Определено место размещения шаблонов планов в архитектуре интеграции информационных систем — это ядро интеграции.

Для реализации процедуры планирования выбрана технология создания интеллектуальных агентов и платформа для ее реализации — JADE. В

качестве механизмов формального описания шаблонов процессов планирования предложено использовать стандарты W3C — OWL и RDF.

Список литературы. 1. *Воскобойникова, А.А.* Интеграция данных и знаний в информационной системе [Текст] / А.А. Воскобойникова: сб. наук. пр. — Т. 3 / ПП Вишневский В.С. — Херсон: ISDMCI, 2008. — С. 94-97. 2. *J. Euzenat, P. Shvaiko* Tutorial on Schema and Ontology Matching [Электронный ресурс] / ESWC'05. — Режим доступа: [www / URL: http://dit.unitn.it/~accord/Presentations/ESWC'05-MatchingHandOuts.pdf](http://dit.unitn.it/~accord/Presentations/ESWC'05-MatchingHandOuts.pdf) — 29.05.2005 г. — Загл. с экрана. 3. *Namyoun Choi, Il-Yeol Song, and Hyoil Han* A Survey on Ontology Mapping, Department of Information Engineering and Computer Science [Электронный ресурс] / UNIVERSITY OF TRENTO. — Режим доступа: [www / URL: http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.107.4316&rep=rep1&type=pdf](http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.107.4316&rep=rep1&type=pdf) — 09.2006 г. — Загл. с экрана. 4. *Воскобойникова, А.А.* Разработка архитектуры интеграции нескольких информационных систем [Текст] / А.А. Воскобойникова // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2009. — №4/3(40). — с. 12-15. 5. *Рассел, С.* Искусственный интеллект: современный подход, 2-ое изд. [Текст] / С. Рассел, П. Норвиг: пер. с англ. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2007. — 1408 с. 6. *D. Rajpathak, E. Motta* An Ontological Formalization of the Planning Task [Электронный ресурс] / Knowledge Media Institute, The Open University. — Режим доступа: [www / URL: http://eprints.aktors.org/504/01/Fois2004_camera-ready-final.pdf](http://eprints.aktors.org/504/01/Fois2004_camera-ready-final.pdf) — 2004 г. — Загл. с экрана. 7. OWL Web Ontology Language Reference [Электронный ресурс] / World Wide Web Consortium — Режим доступа: [www / URL: http://www.w3.org/TR/owl-ref/](http://www.w3.org/TR/owl-ref/) — 10.02.2004 г. — Загл. с экрана.

Поступила в редакцию 15.04.2010 г.

УДК 519.7: 004.8

Використання методів планування для вирішення задач в інформаційних системах / Г.А. Воскобойникова // Біоніка інтелекту: наук.-техн. журнал. — 2010. — № 1 (72). — С. 126–129.

В інформаційних технологіях зараз існує дві тенденції — інтелектуалізація та глобалізація. В роботі розглядається проблема пошуку вирішення задач у випадку, коли інформаційне середовище — це декілька інформаційних систем, які проінтегровано в одну. Кожна з заданих систем побудована на основі онтологічного підходу до представлення знань. У якості вирішення розглянутої проблеми пропонується застосування автоматичного планування, яке реалізується за допомогою інтелектуальних агентів.

Л. 1. Бібліогр.: 7 найм.

UDC 519.7: 004.8

Planning methods for solving problems in information systems / A.A. Voskoboynikova // Bionics of Intelligence: Sci. Mag. — 2010. — № 1 (72). — P. 126–129.

Intellectualization and globalization are the main trends in information technology today. In this paper the problem of finding solutions to the challenges when environment are a few information systems that integrate into one system, and all these systems are the ontology-based. As a solution to this problem are encouraged to apply automatic planning which implemented using intelligent agents.

Fig. 1. Ref.: 7 items.