

ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ОТКРЫТОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЕ*

А. В. Смирнов¹, М. П. Пашкин, Н. Г. Шилов, Т. В. Левашова

Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН

СПИИРАН, 14-я линия ВО, д. 39, Санкт-Петербург, 199178

¹<smir@iias.spb.su>

УДК 658.519.011.56

Смирнов А. В., Пашкин М. П., Шилов Н. Г., Левашова Т. В. Подход к построению распределенной системы интеллектуальной поддержки принятия решений в открытой информационной среде // Труды СПИИРАН. Вып. 4, — СПб.: Наука, 2007.

Аннотация. Описывается подход к интеллектуальной поддержке принятия решений, основанный на интеграции информации и знаний в контекст, описывающий задачу пользователя или требуемую ситуацию и учитывающий динамику окружающей среды. Используются контексты двух типов: абстрактный и оперативный. Задача пользователя моделируется объектно-ориентированной сетью ограничений и решается как динамическая задача удовлетворения ограничений. Совместимость с онтологической моделью представления знаний обеспечивается применением формализма объектно-ориентированных сетей ограничений для описания знаний. В основе подхода лежит двухуровневая схема поддержки принятия решений, состоящая из подготовительного и основного уровней. Для реализации подхода предполагается использовать технологию Web-сервисов. — Библ. 24 назв.

UDC 658.519.011.56

Smirnov A. V., Pashkin M. P., Shilov N. G., Levashova T. V. An approach to building distributed intelligent support system on open information environment // SPIIRAS Proceedings. Issue 4, — SPb.: Nauka, 2007.

Abstract. The paper describes an approach to intelligent decision support. The approach is based on integration of information and knowledge into context that models a problem to be solved or a situation to be presented to a decision maker. The context takes into account dynamic of the environment. Two types of context are used: abstract and operational. The problem to be solved is modelled by a means of object-oriented constraint networks and interpreted as a temporal constraint satisfaction problem. Compatibility of the problem model with ontology model is ensured through application of formalism of the object-oriented constraint networks for knowledge representation. The approach relies upon a two-level framework of decision support. The framework has two distinct main phases: the preparatory phase and the decision making phase. The approach is offered to be implemented using the technology of Web-Services. — Bibl. 24 items.

1. Введение

Целью систем поддержки принятия решений (СППР) является обеспечение пользователя данными, знаниями и моделями для анализа и решения текущих проблем [2, 3]. В современных условиях СППР сталкивается с необходимостью управления большими объемами знаний, обработки информации и знаний, предоставляемых динамически изменяющимися источниками, а также с необходимостью персонифицированной поддержки пользователей.

Процесс принятия решений охватывает три уровня решений: стратегический, тактический и оперативный. Решения стратегического уровня направлены

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 05-01-00151), Президиума РАН (проект № 2.35) и ОИТВС РАН (проект № О-1.9)

на разработку общих направлений и определение долгосрочных целей и задач. Данные решения основываются на длительных отношениях между объектами, вовлекаемыми в процесс принятия решений. Решения тактического уровня формируются в рамках стратегических решений. В первую очередь данные решения касаются проблемы наиболее эффективного использования имеющихся ресурсов. Оперативные решения затрагивают действия, выполняемые в данный момент. Задачи, ресурсы и цели таких действий устанавливаются на стратегическом и тактическом уровнях. При генерации и принятии оперативных решений используются повторяющиеся, хорошо специфицированные процедуры [14] и решаются конкретные задачи [5].

СППР сильно связаны с окружающей средой. Они предполагают использование своевременной и точной информации (данных). Используемые данные предоставляются расположенными в окружающей среде источниками информации. В связи с этим в подходе используется модель, учитывающая отношения между СППР и окружающей средой. Окружающая среда в данной модели представляется набором данных, которые обрабатываются как информация.

Для организации интеллектуальной поддержки принятия решения недостаточно простого владения информацией. Необходимо, чтобы эта информация была интерпретируемой и могла быть включена в условие задачи или сценарий. Интерпретируемость информации обеспечивается прописыванием ее семантики. Это привело к тому, что современные СППР, предполагающие интеллектуальную поддержку, строятся как системы, основанные на знаниях [1].

2. Интеллектуальная поддержка принятия решений: контекстно-ориентированный подход

Специфика интеллектуальной поддержки принятия решений по отношению к информации и знаниям, используемым при генерации решения, заключается в том, что они должны быть релевантными текущей задаче. По отношению к пользователю (лицо, принимающее решения) интеллектуальная поддержка принятия решений должна предоставлять пользователю возможность определять, на основании чего было сгенерировано то или иное решение, и возможность оценивать альтернативные решения.

Для того чтобы учесть динамику источников информации рассматриваемый подход является контекстно-ориентированным подходом к формированию модели задачи. Для процессов, поддерживаемых информационными технологиями, контекст определяется как информация, которая может быть использована для описания ситуации, в которой находится в данный момент некоторый объект [13]. В общем случае контекст используется для определения, какая информация является релевантной в той или иной ситуации (для той или иной задачи). Учитывая направленность на интеллектуальную поддержку в рамках описываемого подхода контекст включает в себя не только информацию, но и знания, являющиеся релевантными задаче.

Предлагается контекст задачи описывать контекстами двух типов — абстрактным и оперативным. *Абстрактный контекст* представляет собой модель задачи, построенную на основании интеграции знаний проблемной области, релевантных для данной задачи. *Оперативный контекст* является экземпляром абстрактного контекста с приписанными текущими значениями переменных, входящих в модель задачи.

В качестве средства представления знаний и описания семантики компонентов СППР используется онтологическая модель. Данная модель описывает знания через множества классов, объединяющих типовые объекты реального мира, свойств, характеризующих данные объекты, и отношений, существующих между ними [15]. В настоящее время для моделирования знаний при помощи онтологии наметился переход к использованию языков представления знаний, поддерживающих логический вывод (дескриптивные логики [6] и фреймовая логика [17]).

Для СППР установлен набор компонентов, состоящий из внешних источников информации и знаний (пользователь, запрос пользователя, базы данных и знаний, сенсоры и др.) и внутренних источников знаний (знания проблемной области, абстрактный и оперативный контексты). Представление всех компонентов средствами онтологической модели обеспечивает однородное представление информации и знаний, поступающих от разнородных компонентов, упрощает интеграцию информации и знаний и позволяет обрабатывать разнородные источники информации аналогичным образом.

В рамках подхода интеллектуальная поддержка принятия решений основана на двухуровневой схеме: *подготовительный уровень* и *основной уровень*. Задачи, решаемые на подготовительном уровне, близки целям стратегического уровня. На данном уровне создаются модели источников информации и знаний и устанавливаются связи с окружающей средой. Подготовительный уровень поддерживается экспертами проблемной области, инженерами по знаниям и инженерами по онтологиям. Основной уровень отвечает за интеграцию информации и знаний, релевантных для поставленной пользователем задачи, создание модели задачи и ее решение. Задачи, решаемые на основном уровне, соответствуют задачам тактического и оперативного уровней.

3. Сеть ограничений как модель задачи

Согласно модели принятия решений, известной как модель Карнеги [10, 18,20], для решения задачи достаточно ограничиться выбором одного «удовлетворительного» решения из всего множества решений. Данное предложение хорошо применимо к сложным задачам, для формализации которых требуется большое количество ограничений. В основе описываемого подхода лежит формализация задачи объектно-ориентированной сетью ограничений (ООСО) с последующим решением данной задачи как задачи удовлетворения ограничений [4, 9]. Результатом решения задачи является одно или несколько решений, удовлетворяющих условиям моделируемой задачи.

Задача удовлетворения ограничений описывается тремя множествами: множеством переменных, множеством допустимых значений переменных и множеством ограничений, сужающих множество значений, одновременно принимаемых переменными. Для того чтобы описать задачу множеством ограничений, которые были бы совместимы как с онтологической моделью представления знаний, так и с внутренним представлением решателей ограничений (специальные программы, предназначенные для обработки ограничений) из множества отношений, поддерживаемых онтологиями и решателями, были выделены наиболее часто используемые. Выделенные отношения сформировали множество ограничений, используемых для моделирования знаний и информации в рассматриваемом подходе.

Типичными базовыми элементами моделирования онтологии являются классы, отношения, функции и аксиомы. Наиболее общепринятыми отношениями являются отношения, моделирующие таксономию классов (отношение «быть экземпляром»), иерархию классов (отношение «быть частью»), отношение наследования, ограничения на область значений и на количество элементов множеств классов, свойств классов, значений свойств и т.п. К наиболее часто используемым аксиомам относятся аксиомы непересекаемости и тождественности. Соответствие между используемыми в подходе базисными элементами онтологии и примитивами ООСО показано в табл. 1.

Таблица 1

Базовые элементы онтологической модели примитивы ООСО

Онтологическая модель	ООСО
Класс	Объект (класс)
Атрибут	Переменная
Область действия (область значений) атрибута	Домен
Отношения и аксиомы	Ограничения

В соответствии с формализмом ООСО, задача, представленная абстрактным контекстом, описывается как:

$$P = (O, A, D, C), \quad (1)$$

где O — множество классов объектов («классы»); A — множество атрибутов классов («атрибуты»); D — множество доменов атрибутов («домены»); C — множество ограничений. Множество ограничений включает в себя шесть типов ограничений для моделирования отношений, используемых в онтологиях и ООСО: C_1 — отношение (класс, домен, атрибут), используемое для моделирования тройки «класс — принадлежащие классу атрибуты — области допустимых значений атрибутов»; C_2 — таксономическое и иерархическое отношения, используемые для моделирования таксономии и иерархии классов, соответственно; C_3 — ограничение на совместимость классов, используемое для моделирования ситуации, когда два или более экземпляра классов не могут быть частями одного и того же класса; C_4 — ассоциативное отношение, используемое для моделирования любых отношений, в том числе отношений и аксиом, не поддерживаемых формализмом ООСО, но встречающихся в онтологиях, представленных другими формализмами; C_5 — мощность множества значений атрибутов, используемое для задания количества значений, которое может принимать данный атрибут; C_6 — функциональные отношения, используемые для моделирования функций и уравнений. Перечисленные ограничения и примитивы (табл. 1) могут быть легко отображены в конструкции языков решателей ограничений (см., например, ILOG [16]).

Представление (1) совместимо со стандартом DAML+OIL [11], используемым в качестве языка описания знаний в рамках технологии Semantic Web*,

* <http://www.semanticweb.org/>

языком Web-онтологий OWL [19], рекомендованным W3C* (World Wide Web Consortium), и удобно описывается средствами языка XML (Extensible Markup Language) [24], используемым в качестве базового языка для разработки распределенных приложений в рамках технологии W3C.

Предложенный формализм используется как внутренний формализм представления знаний для СППР. Он применяется для описания всех компонентов СППР. Знания, представленные при помощи других формализмов, переводятся во внутреннее представление на подготовительном уровне.

4. Архитектура системы

В связи с тем что предложенная методология ориентирована на функционирование в открытой информационной среде с распределенными взаимодействующими объектами и источниками знаний, СППР предложено реализовывать средствами Web-сервисов, что обеспечивает ее межплатформенность и предоставляет пользователю широкий набор функционально-ориентированных Web-сервисов. Архитектура СППР разработана в соответствии с рекомендациями W3C для построения распределенных систем, основанных на Web-сервисах.

Рекомендуемая архитектура состоит из четырех моделей, ориентированных на сообщения, сервисы, ресурсы, стратегии [23]. Для архитектуры СППР основными моделями являются модели, ориентированные на ресурсы и на сервисы. Ресурсы формируют стержень самой Web-архитектуры. Ресурс является фундаментальным понятием, на котором строится Web и большая часть Web-сервисов. Для идентификации ресурсов и организации взаимодействия между ними в рамках технологии W3C каждый объект характеризуется универсальным идентификатором ресурса (URI), на основании которого осуществляется доступ к его содержимому. Сервисы в рамках рекомендуемой архитектуры также являются ресурсами и соответственно наследуют все свойства ресурсов.

Для описываемого подхода ресурсами являются компоненты СППР. Каждый экземпляр компонента характеризуется собственным идентификатором. Табл. 2 показывает группы идентификаторов, объединяющие в себе идентификаторы экземпляров компонентов системы. Окружающая среда фактически не является компонентом системы, она моделируется набором данных от источников информации, каждый из которых характеризуется собственным URI.

Компоненты системы, соответствующие источникам знаний, в архитектуре системы задаются двумя типами источников знаний — внутренними и внешними источниками знаний. Так как описываемый подход предполагает возможное расширение знаний проблемной области знаниями из внешних источников, в архитектуре системы знания проблемной области, представленные онтологиями, рассматриваются как внутренние знания и определяются собственным URI. Абстрактный и оперативный контексты задачи также рассматриваются как внутренний источник знаний, т.к. после решения задачи контексты, описывающие ее, сохраняются во внутреннем архиве контекстов. Источники внешних знаний идентифицируются URI, заданным в данных источниках.

* <http://www.w3.org/>

Типы идентификаторов для компонентов СППР

Компоненты СППР	URI
Пользователь	Профиль пользователя
Запрос пользователя	Внешний источник знаний
Окружающая среда	Внешний источник данных / информации
Источники знаний:	
• внешние источники знаний;	Внешние источники знаний
• внутренние источники знаний:	
○ знания проблемной области;	Внутренний источник знаний
○ абстрактный и прикладной контексты задачи	Внутренний источник знаний

Разрабатываемая СППР предполагает предоставление интеллектуальных Web-сервисов для:

- поддержки пользователя (группы пользователей) и взаимодействия с ним;
- взаимодействия с внешними источниками информации и знаний;
- представления и поддержки знаний проблемной области;
- формирования абстрактного и прикладного контекстов задачи;
- генерации и выбора решений;
- поддержки архива контекстов;
- конфигурирования разработанных Web-сервисов в СППР.

4.1. Двухуровневая схема

4.1.1. Подготовительный уровень

На подготовительном уровне создаются модели знаний проблемной области и внешних источников информации, включая пользователя. *Знания проблемной области* описываются *онтологиями* двух типов: *предметной области и задач и методов*. *Пользователь* описывается моделью *профиля пользователя*. Для моделирования *источников информации* используется модель *функциональных возможностей источника информации*. Модели профиля пользователя и функциональных возможностей источника информации являются реализацией модели Composite Capability/Preference Profiles [22]. Данные модели используются для описания информации, определяющей, как можно использовать содержимое источников информации и каковы механизмы передачи содержимого. Модели могут включать такие признаки, как название устройства, производитель устройства, поддерживаемый протокол и т.п. Как было сказано выше, все модели описываются средствами формализма ООСО.

Подход основывается на наличии знаний проблемной области. Эти знания собираются прежде, чем они могут быть использованы при решении задачи. Стадия сбора и накопления знаний проблемной области включает в себя представление знаний, полученных от разнородных источников (экспертов проблемной области, баз знаний, сети Интернет и др.), и их интеграцию. Разнородные знания формализуются, используя онтологическое представление. Формализованные таким образом знания объединяются (интегрируются) в онтологии,

используемой для описания знаний проблемной области. Знания, представленные в виде онтологий, становятся внутренним источником знаний и хранятся в библиотеке онтологий. При этом знания проблемной области могут быть представлены несколькими онтологиями каждого типа.

Онтологии предметных областей используются для описания концептуальных знаний предметной области; онтологии задач и методов служат для формализации задач, существующих в данной области. В соответствии с формализмом ООСО, задачи и методы представляются классами, множество входных и выходных параметров представляются множеством атрибутов данных классов, множество типов данных параметров представляется множеством доменов атрибутов. Задача является верхним классом иерархии. Данный класс отношением «быть частью» связан с подклассами, представляющими методы решения данной задачи (учитывая альтернативные методы). В рамках каждой задачи иерархия методов задает последовательность использования методов для решения задачи. Онтологии предметных областей и задач и методов связываются функциональными ограничениями, устанавливаемыми между соответствующими атрибутами. Данные связи показывают, значения какого атрибута онтологии предметной области используются в качестве входного (выходного) параметра задачи (метода).

В терминологии решений стратегического уровня отношения внутри онтологий рассматриваются как долговременные отношения, а множество задач как долгосрочные цели, существующие в данной проблемной области.

Для того чтобы было возможно получение текущей информации, предоставляемой внешними источниками информации, между онтологиями и источниками устанавливаются связи, показывающие, от какого источника подаются значения свойствам объекта (рис. 1). Средствами формализма ООСО данные связи моделируются как ассоциативные отношения, устанавливаемые между атрибутами онтологий и атрибутами представлений источников информации.

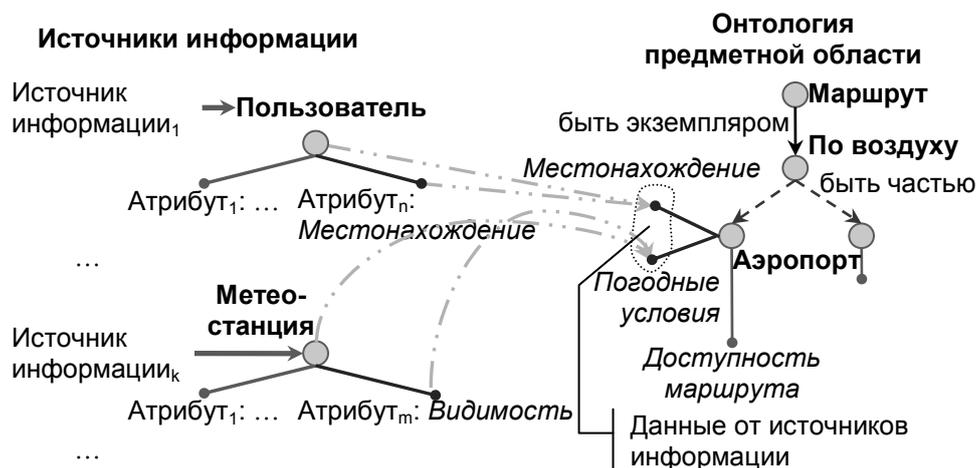


Рис. 1. Связывание онтологии и источников информации.

4.1.2. Основной уровень

Основной уровень опирается на модель инкрементального процесса принятия решений [21]. Данная модель описывает процесс принятия решений, состоящим из фаз «идентификации», «разработки» и «выбора». В рамках предложенного подхода фаза «идентификации», направленная на распознавание

задачи и установление цели, включает в себя этапы, фактически повторяющие все три ранее перечисленные фазы. Фазы «разработки» и «выбора», направленные на генерацию альтернативных решений и принятие решения, охватывают описываемый подход, решая задачу удовлетворения ограничений (табл. 3).

Фаза «идентификации» определяется как фаза поиска условий, влияющих на решение [21]. Данная фаза соответствует началу процесса принятия решений. Она включает в себя осознание проблемы, требующей решения, и сбор и анализ информации, относящейся к данной проблеме.

Таблица 3

Уровень принятия решений и трехфазная модель

Фаза	Содержимое фазы	Процессы	Реализация в рамках подхода
Идентификация	Определение проблемы	<ul style="list-style-type: none"> Осознание проблемы Диагностирование проблемы 	<ul style="list-style-type: none"> создание абстрактного контекста получение оперативного контекста
Разработка	Генерация возможных решений	<ul style="list-style-type: none"> Поиск альтернатив 	<ul style="list-style-type: none"> генерация эффективных решений на основе множества ограничений
Выбор	Выбор эффективных решений	<ul style="list-style-type: none"> Оценка и выбор эффективных решений 	

В рамках подхода отправной точкой этапа принятия решений является запрос пользователя, содержащий формулировку задачи в заданном пользователем виде. На основании синтаксического разбора запроса определяется соответствие между словарем запроса и словарями онтологий из библиотеки. Используя найденные соответствия, из данных онтологий формируются срезы [4], содержащие релевантные запросу знания. Формирование срезов состоит в том, что для найденных в онтологии терминологических соответствий определяется, какие структурные элементы онтологии должны быть включены в срез. Вопрос о включаемых терминах решается, используя правила наследования атрибутов и ограничений. Разные срезы, которые объединяют знания, описывающие альтернативные методы или альтернативные ветви различных онтологий предметных областей, рассматриваются как альтернативные срезы.

Фаза идентификации в подходе завершается формированием множества срезов, содержащих знания и информацию, релевантных запросу пользователя.

Фаза разработки характеризуется как фаза поиска, разработки и анализа возможных направлений действий [21]. Данная фаза связана с генерацией альтернативных способов решения задачи.

В описываемом подходе множество срезов, полученных на фазе идентификации, интегрируются в результирующий срез. При этом если некоторые срезы рассматривались как альтернативные, то они объединяются таким образом, чтобы альтернативные срезы формировали различные подходы к решению задачи пользователя. При наличии альтернативных срезов результатом операции интеграции является несколько результирующих срезов (рис. 2). Результирующий срез объединяет в себе знания, которые считаются релевант-

ными задаче пользователя, т.е. знания, используемые при формировании модели данной задачи.

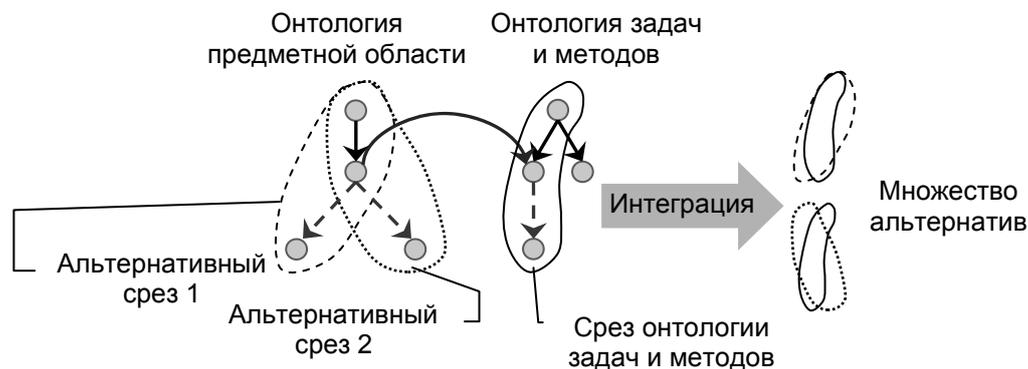


Рис. 2. Формирование множества альтернатив.

На основании связей с источниками информации (включая пользователя) установленных для онтологий, результирующие срезы также содержат ссылки на источники информации. С данными срезами оказываются связанными только те источники, которые были связаны со структурными элементами онтологий, включенными в результирующие срезы. От данных источников могут поступать значения, требуемые для решения задачи пользователя.

Связанные источники информации обрабатываются следующим образом. Из представлений источников, поддерживающих сложную структуру данных, формируются срезы, содержащие ссылки на те структурные элементы источников информации, которые представляют используемые при решении задачи данные (рис. 3). Для источников информации, имеющих простую структуру данных, срезы не формируются. В качестве среза используется представление данного источника информации.

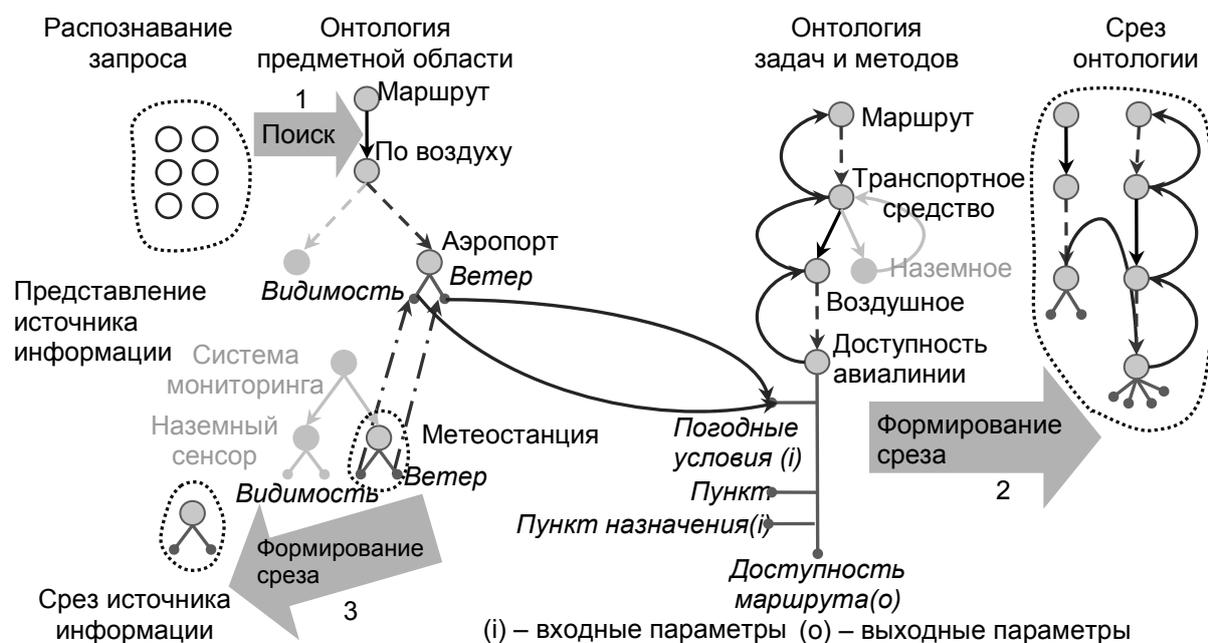


Рис. 3. Организация информации и знаний, релевантных задаче пользователя.

Срезы представлений источников информации объединяются с результирующими срезами, содержащими релевантные задаче пользователю знания. Так как решение сети ограничений ищется на доменах переменных (атрибутов), объединению доменов отводится особое место. Оно сопровождается контролем точности информации. Данный контроль ведет к построению более точной модели задачи и в случаях сужения доменов — к сужению пространства поиска. Интеграция знаний, основанная на онтологической модели, позволяет использовать средства логического вывода для проверки получившегося среза на непротиворечивость [7, 12]. Проверенный на непротиворечивость срез представляет собой абстрактный контекст задачи пользователя. Альтернативные срезы формируют альтернативные *абстрактные контексты*. Таким образом, абстрактный контекст является моделью задачи, основанной на знаниях и снабженной ссылками на источники информации, предоставляющие значения для задачи.

Оперативный контекст формируется из абстрактного контекста посредством получения от источников знаний и присваивания значений атрибутам, присутствующим в абстрактном контексте. Присваивание значений осуществляется через переопределение размеров доменов атрибутов. Абстрактный контекст с полностью или частично переопределенными размерами доменов атрибутов является *оперативным контекстом* (рис. 4). Оперативный контекст представляет собой, с одной стороны, основанную на знаниях модель задачи вместе со значениями переменных, а с другой — он является ООСО, которая будет решаться как динамическая задача удовлетворения ограничений. Изменения в окружающей среде учитываются в оперативном контексте.

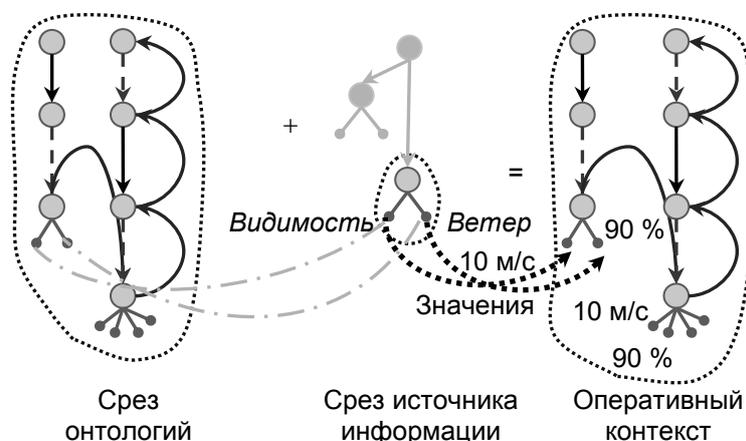


Рис. 4. Получение оперативного контекста.

В настоящее время в рассматриваемом подходе фаза разработки завершается созданием множества альтернативных абстрактных контекстов (альтернативных моделей задачи). Вопрос выбора лучшей модели из данного множества пока не рассматривался. Для решения данного вопроса предполагается выбрать или разработать набор критериев для оценки полученных моделей.

На фазе выбора все решения просматриваются, оцениваются и выбирается одно решение в качестве рекомендуемого [21]. Решения, принимаемые на данной фазе, затрагивают решения оперативного уровня.

В рассматриваемом подходе оперативный контекст, моделирующий задачу множеством ограничений, передается специализированному решателю для ее решения как задачи удовлетворения ограничений. Окончательное решение

принимается пользователем на основании множества допустимых решений, сгенерированных решателем как решения, удовлетворяющие всем сформулированным ограничениям (рис. 5).

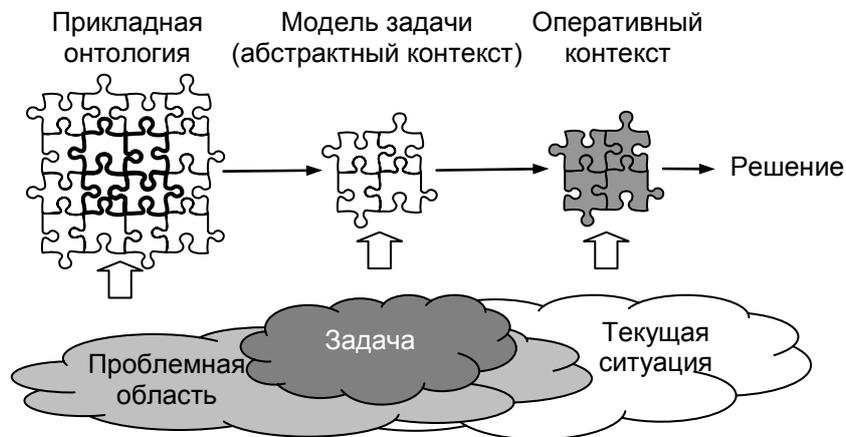


Рис. 5. Контекстно-управляемая поддержка принятия решений.

Наиболее известны три типа решения задачи удовлетворения ограничений [8]:

1. *Существование решения.* Для заданной сети ограничений определить, является ли множество решений данной сети непустым множеством.
2. *Экземпляр.* Для заданной сети ограничений вернуть для непустого множества решений любой кортеж из данного множества или «пусто» для пустого множества.
3. *Множество решений.* Для заданной сети ограничений вернуть множество решений.

Применительно к разработанному подходу перечисленные формы интерпретируются следующим образом. Если размеры всех доменов в оперативном контексте переопределены, то данный контекст считается описанием ситуации. Этот случай соответствует решению первого типа.

Если оперативный контекст содержит домены, размеры которых не были переопределены, то предполагается, что для него должно быть сгенерировано решение. В этом случае решение задачи удовлетворения ограничений соответствует решениям второго или третьего типа. Если оперативный контекст содержит задачу или метод, указанные в запросе пользователя, то считается что задача пользователя задана явно. В рамках оперативного контекста она определена и формализована. Если оперативный контекст содержит домены, размеры которых не были переопределены, кроме случая, описанного для задач и методов, то предполагается наличие в оперативном контексте неявно заданной цели. Решение задачи удовлетворения ограничений второго и третьего типов дает соответственно одно или несколько решений для каждого из альтернативных контекстов. Эти решения предоставляются пользователю для дальнейшей оценки и принятия окончательного решения.

Разложение фазы идентификации на основном уровне в терминах трехфазной модели инкрементального процесса принятия решений показано в табл. 4.

Таблица 4

Разложение фазы идентификации модели
инкрементального процесса принятия решений

Идентификация	Разработка	Выбор
Информация и знания, релевантные задаче	Множество альтернативных абстрактных контекстов	Множество допустимых решений (эффективное решение) для каждого из альтернативных оперативных контекстов

4.2. Технологическая модель

Используемые в подходе технологии зависят от типа задач, решаемых в процессе формирования и принятия решения (табл. 5). Для задачи определения и извлечения релевантных знаний, их интеграции в абстрактный контекст и проверки данного контекста на согласованность используется технология *управления онтологиями*. Для обеспечения возможности сбора, управления и анализа результатов принятых решений контексты, представляющие модели задачи пользователя, и соответствующие принятые решения сохраняются в архиве контекстов. В результате, пользователь обеспечивается готовыми для повторного использования моделями задач и информацией, какие решения принимались в ситуациях, подобных конкретной рассматриваемой ситуации. Определение релевантной для задачи пользователя информации, ее интеграция в контекст, получение данных от источников информации, присваивание значений переменным, сбор и анализ принятых решений, основанный на управлении версиями контекстов, являются функциями технологии управления контекстом. Задача пользователя интерпретируется как задача удовлетворения ограничений, для ее решения используется технология *удовлетворения ограничений*.

Таблица 5

Технологическая основа

Решаемые задачи	Сбор и организация релевантных знаний	Сбор и организация релевантной информации	Поиск допустимого решения (множества решений)	Повторное использование моделей задач, анализ результатов принятых решений
Результат в терминах ООСО	Модель задачи	Модель задачи со значениями переменных	Множество решений задачи	Сеть ограничений
Способ решения	Создание абстрактного контекста	Получение оперативного контекста	Обработка сети ограничений решателем	Сбор и организация контекстов в архиве
Технологии	Управление онтологиями Управление контекстом		Удовлетворение ограничений	Управление версиями контекстов

5. Заключение

В статье рассматривается подход к формированию модели задачи пользователя в рамках интеллектуальной системы поддержки принятия решений и решения данной задачи как задачи удовлетворения ограничений. Подход заключается в интеграции информации и знаний, релевантных задаче, в контекст задачи, построении онтологической модели задачи и генерации объектно-ориентированной сети ограничений, описывающей данную задачу. Подход учитывает динамические изменения окружающей среды, которая моделируется набором данных, поставляемых источниками информации.

В основе подхода лежит двухуровневая схема поддержки принятия решений, включающая в себя подготовительный и основной уровни. В статье показано соответствие между процессами, происходящими на основном уровне, и процессами, предусмотренными трехфазной моделью принятия решений («идентификация» — «разработка» — «выбор»), используемой при принятии управленческих решений.

В рамках подхода используются технологии управления онтологиями, управления контекстом и удовлетворения ограничений. Применение данных технологий зависит от типа решаемых в процессе формирования и принятия решения задач. Для реализации подхода предполагается использовать технологию Web-сервисов.

Литература

1. Вагин В. Н. Знание в интеллектуальных системах // Новости искусственного интеллекта. 2002. № 6, вып. 54. // <http://www.raai.org/about/persons/vagin/pages/vagin_zn.doc> (по состоянию на 10.06.2005).
2. Ларичев О. И., Мошков Е. М. Качественные методы принятия решений. М.: Наука. Физматлит, 1996. 208 с.
3. Ларичев И. О., Петровский А. Б. Системы поддержки принятия решений. Современное состояние и перспективы развития // Итоги науки. Техническая кибернетика. 1987. Т. 21. С. 131–164.
4. Левашова Т. В., Пашкин М. П., Смирнов А. В., Шилов Н. Г. Управление онтологиями // Известия РАН. Сер. «Теория и системы управления». 2003. Часть 1, № 4. С. 132–146. Часть 2, № 5. С. 89–101.
5. Anthony R. N. Planning and control systems: a framework for analysis. Boston, Mass., Harvard Graduate School of Business, Division of Research. 1965.
6. The Description Logic Handbook: Theory, Implementation and Application / F. Baader, D. Calvanese, D. L. McGuinness, D. Nardi, P. F. Patel-Schneider. Cambridge University Press, 2002.
7. Baclawski K., Matheus C., Kokar M., Letkowski J., Kogut P. Towards a Symptom Ontology for Semantic Web Applications // Proceedings of Third International Semantic Web Conference. Hiroshima, Japan, 2004. P. 650–667.
8. Constraint Processing Offers Improved Expressiveness and Inference for Interactive Expert Systems // International Workshop on Constraint Solving and Constraint Logic Programming. 2002. P. 93–108.
9. Bowen J., Chandra C., Smirnov A. V. Supply Chain Network E-Management Based on Constraint Models // Journal of Decision Systems. Advanced Information Technology for DMSS. 2002. Vol. 11, no 2. P. 205–230.
10. Cyert R. M., March J. G. A Behavioral Theory of the Firm. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1963. 332 p.
11. DAML: DAML Language, 2000–2001. // <<http://www.daml.semanticweb.org/language>> (по состоянию на 12.03.2006).
12. Decker S., Erdmann M., Fensel D., Studer R. Ontobroker: Ontology Based Access o Distributed and Semi-Structured Information // Semantic Issues in Multimedia Systems /

- R. Meersman et al.* Proceedings of DS-8. Boston: Kluwer Academic Publisher, 1999. P. 351–369.
13. *Dey A. K., Salber D., Abowd G. D.* A Conceptual framework and a toolkit for supporting the rapid prototyping of context-aware applications // Context-Aware Computing. A Special Triple Issue of Human-Computer Interaction / *T. P. Moran, P. Dourish*. Lawrence-Erlbaum. 2001. Vol. 16. // <<http://www.cc.gatech.edu/fce/ctk/pubs/HCIJ16.pdf>> (по состоянию на 24.07.2003).
 14. *Finlay P.* Introducing decision support systems. Oxford, UK Cambridge, Mass., NCC Blackwell; Blackwell Publishers, 1994.
 15. FIPA 98 Specification. Part 12–Ontology Service. Switzerland, Geneva: Foundation for Intelligent Physical Agents (FIPA), 1998. Version 1.0. // <<http://www.fipa.org>> (по состоянию на 10.05.2001).
 16. ILOG Corporate Web–site. 2005. // <<http://www.ilog.com>> (по состоянию на 20.05.2005).
 17. *Kifer M., Lausen G., Wu J.* Logical foundations of object-oriented and frame-based languages // Journal of the ACM, 1995. Vol. 42. no. 4. P. 741–843.
 18. *March J. G., Simon H. A.* Organizations. New York: John Wiley and Sons, Inc., 1958.
 19. OWL: язык веб-онтологий. Руководство. Рекомендация W3C, 10 февраля 2004. // <http://www.sherdim.rsu.ru/pts/semantic_web/REC-owl-guide-20040210_ru.html> (по состоянию на 17.06.2005).
 20. *Simon H. A.* Models of Man: Social and Rational. New York: John Wiley and Sons, Inc., 1957. 279 p.
 21. *Simon H. A.* The Shape of Automation. New York: Harper & Row, 1965.
 22. Composite Capability / Preference Profiles (CC/PP): A user side framework for content negotiation. W3C Note, 1999. // <<http://www.w3.org/TR/NOTE-CCPP>> (по состоянию на 12.03.2006).
 23. Web Services Architecture. W3C Working Group Note, 2004. // <<http://www.w3.org/TR/ws-arch>> (по состоянию на 12.03.2006).
 24. XML 1.1. – Рабочий проект W3C, 13 декабря 2001. // <<http://www.croll.hotbox.ru/W3C/TR/2001/WD-xml11-20011213>> (по состоянию на 17.06.2005).