

Контекстно-управляемая поддержка принятия решений в распределенной информационной среде¹

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

Аннотация. В статье представлены результаты исследования, посвящённого построению контекстно-управляемых систем поддержки принятия решений в распределённой информационной среде. В рамках предлагаемого подхода были исследованы проблемы оперативной интеграции информации, получаемой от разнородных источников, в контексте текущей ситуации. Подход ориентирован на использование онтологической модели знаний, специфицированной средствами формализма объектно-ориентированных сетей ограничений.

Ключевые слова: контекстно-управляемые системы поддержки принятия решений, контекст, онтология, объектно-ориентированные сети ограничений.

Введение

Проблема поддержки принятия сложных решений в период широкого использования информационных технологий сталкивается с необходимостью манипулирования и управления значительными объемами информации и знаний, накопленных в информационных ресурсах, и с необходимостью оперативной обработки динамической информации. Сложные решения характеризуются тем, что они принимаются на основании хорошо специфицированных знаний, специально предназначенных для решения определенной задачи. Такие решения базируются на предыдущем опыте, они должны приниматься быстро, при этом должны быть учтены возможные альтернативные решения.

В статье предлагается подход к принятию сложных решений с помощью контекстно-управляемой системы поддержки принятия решений (СППР). На основании анализа отечественных и зарубежных систем контекстно-управляемой поддержки принятия решений

были выдвинуты следующие требования к системам такого типа: наличие знаний проблемной области, представленных в виде, пригодном для компьютерной обработки; возможность оперативного доступа из системы к информации, получаемой от динамических источников; наличие в системе механизмов, позволяющих организовать персонифицированную поддержку пользователя; возможности для формирования контекстных знаний; возможности накопления и дальнейшего анализа принятых решений; доступ из системы к электронным документам, содержащим пояснения к знаниям проблемной области (например, как эти знания были получены, кем, где можно получить консультацию по интересующему вопросу и т.п.).

В предлагаемом подходе оперативная поддержка принятия решений выполняется в рамках текущей ситуации. Под текущей ситуацией понимается модель задачи, которая сформулирована в запросе пользователя к СППР, с ограничениями на значения переменных задачи. Значения переменным задачи присваиваются автоматически на основании оперативной ин-

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты № 07-01-00334, 08-07-00264), программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Интеллектуальные информационные технологии, математическое моделирование, системный анализ и автоматизация» (проект № 2.13) и научной программы СПб РЦ РАН (проект № 112)

формации, получаемой от информационных источников в динамическом режиме. При этом предполагается, что данные источники могут быть разнородными.

В рамках подхода выделены несколько типов источников информации: сенсоры, пользователи, базы данных и другие источники, позволяющие организовать к ним доступ средствами Web-сервисов. Часть источников используются как поставщики набора данных для моделирования окружающей среды. Это позволяет динамически отслеживать состояние окружающей среды и оперативно обрабатывать поступающую из среды информацию.

Необходимость получения и организации разнородной информации послужила причиной использования модели контекста в качестве модели задачи. В информационных технологиях модель контекста позволяет установить, какая информация может быть использована для описания ситуации, в которой находится в данный момент некоторый объект [7], и для организации информации внутри контекста [5,6].

В описываемом подходе применяются два типа контекста: абстрактный и оперативный. *Абстрактный контекст* представляет собой модель задачи, построенной на основании интеграции знаний проблемной области, релевантных для данной задачи, и формальных представлений информационных источников, от которых поступают значения переменным задачи. *Оперативный контекст* является экземпляром абстрактного контекста с приписанными текущими значениями переменным, входящим в модель задачи [3].

В первой части статьи описан технологический базис предложенных СППР. Далее описаны механизмы взаимодействия с источниками информации в таких системах. В третьей части представлена разработанная архитектура распределённых контекстно-управляемых СППР, основанная на Web-сервисах. В четвёртой части продемонстрирована возможность использования систем, имеющих предложенную архитектуру, для поддержки принятия решений при проведении спасательных операций. В заключении сформулированы выводы по статье и предложены направления дальнейших исследований.

1. Контекстно-управляемая система поддержки принятия решений

Так как оперативная поддержка принятия решений основывается на предыдущем опыте и заранее специфицированных процедурах, предлагаемый подход ориентирован на использование знаний проблемной области. В качестве средства спецификации знаний используется онтологическая модель представления знаний.

Применение формализма объектно-ориентированных сетей ограничений (ООСО) позволяет представить онтологическую модель задачи пользователя задачей в ограничениях [8] и интерпретировать ее как задачу удовлетворения ограничений. В соответствии с формализмом онтология описывается множеством *классов*, множеством *атрибутов* данных классов, множеством *доменов* атрибутов и множеством *ограничений*. Множество ограничений включает в себя: отношение (класс, атрибут, домен); таксономические (быть экземпляром) и иерархические (быть частью) отношения между классами; отношения совместимости классов; ассоциативные отношения между классами; ограничения на число классов в подмножестве классов; функциональные ограничения.

Обобщенный сценарий работы предлагаемой контекстно-управляемой СППР (Рис.1) заключается в интеграции информации и знаний, релевантных задаче, в контекст, построении онтологической модели задачи, генерации ООСО, описывающей данную задачу, и решении задачи как задачи удовлетворения ограничений (задачи поиска допустимого решения). Информация, требуемая для решения задачи, предоставляется внешними источниками информации [4].

Модель задачи, сформулированной пользователем в его запросе к СППР, создается посредством извлечения знаний, релевантных задаче пользователя, из прикладной онтологии (Рис.1). Прикладная онтология строится заранее экспертами проблемной области. Она объединяет в себе знания, описывающие конкретную макроситуацию (катастрофа, промышленный бизнес, туризм и т.п.). В прикладную онтологию интегрируются знания из онтологий различных проблемных областей, которые эксперты считают

релевантными для данной макро-ситуации. На этапе создания прикладной онтологии различно представленные знания преобразовываются в формализм ООСО. В результате этой операции прикладная онтология описывается средствами данного формализма.

Прикладная онтология связывается с формальными представлениями источников информации (Рис.2). Для того чтобы упростить интеграцию информации, получаемой от информационных источников, и обеспечить совместимость между представлениями знаний и информации, источники информации описываются также средствами формализма ООСО.

Отношения между онтологией и представлением источника знаний устанавливаются таким образом, чтобы показать, от какого элемента схемы источника информации подается значение некоторому атрибуту онтологии. Для этого устанавливаются связи между соответствующими атрибутами прикладной онтологии и атрибутами представления информационного источника (пунктирные линии на Рис. 2). При этом один и тот же атрибут может получать значения от нескольких информационных источников.

Для разрешения семантических конфликтов между различными представлениями и для других преобразований данных используются функциональные ограничения. Например, на Рис.2 функция F_1 задает преобразование значения относительной влажности (h), предоставляемого метеостанцией, в процентное значение влажности, требующееся в прикладной онтологии.

Знания, релевантные запросу пользователя, определяются на основании соответствий между словарем запроса и словарем прикладной онтологии. С помощью разработанных правил

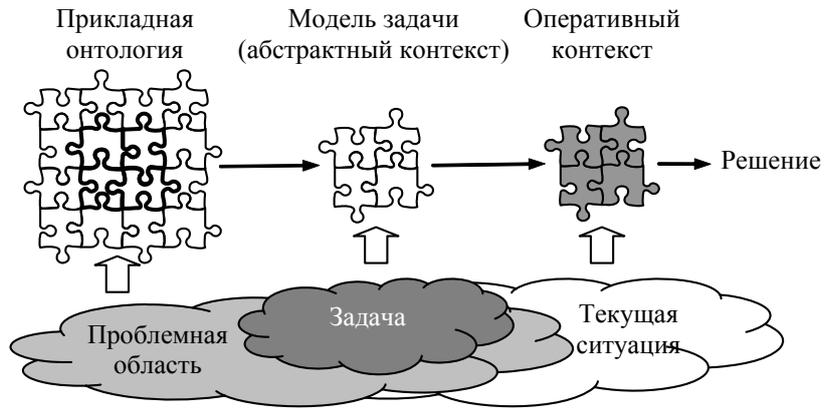


Рис. 1. Контекстно-управляемая СППР

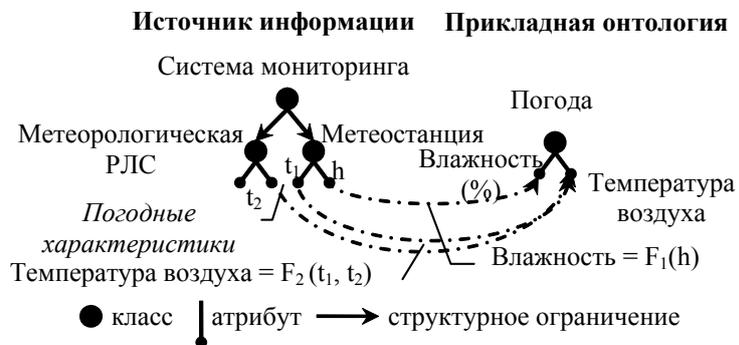


Рис. 2. Соответствия между прикладной онтологией и источником информации

для найденных соответствий формируется множество срезов прикладной онтологии, содержащих релевантные запросу знания. Полученное множество срезов объединяется в общий срез, который расширяется ограничениями на значения переменных, содержащимися в запросе пользователя, и ограничениями, извлекаемыми из профиля пользователя (например, ролью, компетенцией). После проверки данного среза на непротиворечивость он представляет собой онтологическую модель задачи, описанную средствами формализма ООСО.

При формировании срезов для включаемых в срезы атрибутов сохраняются связи этих атрибутов с источниками информации. В результате модель задачи связана с теми источниками, которые предоставляют значения переменным задачи. Из представлений источников информации также формируются срезы. В срезы

включаются только те элементы представлений, которые предоставляют значения переменным задачи. В Табл.1 приведена модель данных, полученная при формировании среза системы мониторинга, приведенной на Рис.2.

Табл. 1. Модель данных, полученная для системы мониторинга

Класс	Атрибут	Домен
Метеостанция	t_1	$t_1 \in R \mid -100 \leq t_1 \leq 100$
Метеостанция	h	$h \in R \mid 0 \leq h \leq 100$
Метеорологическая РЛС	t_2	$t_2 \in R \mid -50 \leq t_2 \leq 50$

Онтологическая модель задачи и срезы источников информации объединяются с пересечением доменов. Так как задача удовлетворения ограничений решается на доменах переменных, такое объединение ведет к получению более точной модели задачи. Результат объединения рассматривается как абстрактный контекст.

Оперативный контекст формируется из абстрактного контекста посредством получения от источников информации значений атрибутов и назначения их доменам переменным, содержащимся в абстрактном контексте. Он передается решателю задач в ограничениях. Решение принимается на основании множества допустимых решений, сгенерированных решателем.

Используемые в подходе технологии зависят от типа задач, решаемых в процессе формирования и принятия решения (Табл.2). 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*.

2. Взаимодействие с источниками информации

Источники информации предложено разделять на две группы: пассивные (базы знаний, базы данных, репозитории и др.), которые предоставляют информацию по запросу, и активные, которые способны анализировать происходящие события и посылать информацию в СППР самостоятельно, в соответствии со своими знаниями или убеждениями (эксперты, интеллектуальные агенты и др.).

В настоящее время выделены следующие виды взаимодействия с источниками информации:

1. Извлечение (Pull) – источник информации предоставляет информацию по запросу СППР. Например, датчик температуры измеряет температуру, а СППР использует его Web-сервис

Табл.2. 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

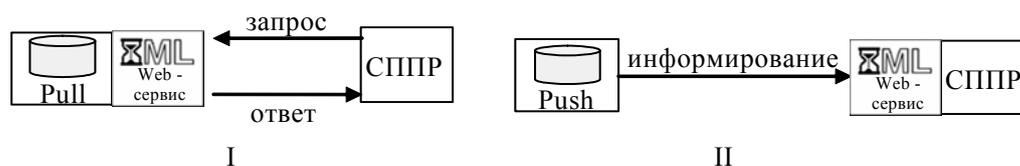


Рис. 3. Виды взаимодействия с источниками информации

тогда, когда эта информация необходима (Рис.3, часть I).

2. Информирование (Push) – источник информирует Web-сервис СППР об изменении ситуации. Например, датчик задымления при возникновении пожара посылает эту информацию ЛПР для планирования необходимых действий (Рис.3, часть II).

Пользователь (ЛПР, эксперт) является источником информации. Он может работать, используя графический интерфейс, который предоставляет вспомогательную информацию и, взаимодействуя с Web-сервисом СППР, пересылает его запросы, визуализирует альтернативы и позволяет выбирать наилучшее решение. В этом случае пользователь может рассматриваться как источник информации, взаимодействие с которым имеет вид Pull. Информация о пользователе, необходимая для описания ситуации, в абстрактном и оперативном контексте, может быть получена из профиля пользователя либо напрямую от пользователя. В этом случае пользователь может рассматриваться как источник информации, взаимодействие с которым имеет вид Push.

В сложных системах с большим количеством источников информации могут использоваться как только Pull или Push взаимодействия, так и оба типа взаимодействия одновременно. Использование Push взаимодействия придаёт активность источнику информации, что позволяет создавать системы, реагирующие на изменение ситуации.

Как было указано ранее, доступ к электронным документам является одним из основных требований к СППР. В рамках представленного подхода разработаны алгоритмы поиска документов, релевантных контексту, и метрики для оценки их релевантности для представления лицу, принимающему решения (ЛПР). На этапе описания проблемной области формируется набор документов, которые эксперты считают относящимися к этой области. На этапе обработке

пользовательских запросов система в динамическом режиме генерирует множество документов, релевантных текущей (моделируемой) ситуации, т.е. контексту.

Для согласования с современными стандартами, ориентированными на использование метаданных для аннотирования документов, в предложенном подходе документ рассматривается как пара: набор метаданных, характеризующих документ и текстовое наполнение документа [9].

Набор метаданных включает в себя следующие компоненты: *заголовок* – присвоенное документу имя; *тема* – категория представленного в документе материала; *описание* – текстовая аннотация документа; *связь* – ссылка на другие документы, имеющие отношение к теме данного документа; *дата* – дата, связанная с некоторым событием в жизненном цикле документа, например, дата создания, модификации и т.п.; *право доступа* – информация о правах доступа к текущему документу; *право собственности* – уровень доступа для чтения и модификации документов; *идентификатор* – уникальное символическое имя документа; *указатель* – стандартная ссылка, используемая для описания документа, например, Uniform Resource Identifier – URI, Digital Object Identifier – DOI, International Standard Book Number – ISBN; *формат* – формат документа, например, текстовый, графический, видео; *язык* – язык, на котором изложено содержимое документа.

3. Основанная на Web-сервисах архитектура

На основании требований к системам контекстно-управляемой поддержки принятия решений в динамических проблемных областях и рассмотренных сценариев работы таких систем разработана архитектура системы контекстно-управляемой поддержки принятия решений (Рис.4). Основными компонентами архитектуры являются:



Рис. 4. Архитектура системы контекстно-управляемой поддержки принятия решений

– *профиль пользователя*, хранящий информацию о пользователях системы и их предпочтениях;

– *библиотека онтологий* – внутреннее хранилище знаний, содержащее прикладную онтологию проблемной области и онтологии, на основании которых она была построена (эти онтологии были импортированы из внешних разнородных источников знаний);

– *картограмма знаний*, хранящая соответствия между источниками информации, которые подают значения в систему и атрибутами классов прикладной онтологии, которые эти значения принимают;

– *архив контекстов* – хранилище версий абстрактных и прикладных контекстов, которые использовались для обработки запросов пользователей;

– *набор документов* – организованное хранилище гипертекстовых ссылок на индексированные документы, используемые системой для помощи пользователям;

– *база решений* – накапливаемый банк решений, принятых пользователями в предложенных системой контекстах;

– *набор проблемно-ориентированных Web-сервисов*, отвечающих за взаимодействие системы с источниками информации и реализующих сценарии работы системы.

Предложенная методология ориентирована на функционирование в открытой информационной среде с распределенными взаимодействующими объектами и источниками знаний. Поэтому архитектура системы основывается на использовании стандартов открытой информационной среды (XML, OWL, и др.) и реализуется средствами Web-сервисов, что обеспечивает ее межплатформенность и предоставляет пользователю широкий набор функционально-ориентированных Web-сервисов. Архитектура СППР разработана в соответствии с рекомендациями W3C² (World Wide Web Consortium) для построения распределенных систем, основанных на Web-сервисах.

² <http://www.w3.org/>

Табл. 3. 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 информации;	Внешние источники информации
• внутренние источники знаний:	
○ знания проблемной области;	Внутренний источник знаний
○ абстрактный и прикладной контексты задачи	Внутренний источник знаний

К вопросам архитектуры относятся вопросы идентификации и представления ресурсов системы. Для идентификации ресурсов и организации взаимодействия между ними в рамках технологии W3C каждый ресурс характеризуется универсальным идентификатором (URI), на основании которого осуществляется доступ к его содержимому. Для описываемой методологии определены следующие ресурсы: пользователь, внешние источники данных, информации и знаний, внутренние источники знаний, контекст задачи. В Табл. 3 представлены группы используемых в системе идентификаторов ресурсов. 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 информации — внутренними и внешними. 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 контекст, описывающий ее, сохраняется во внутреннем архиве контекстов. Источники внешней информации идентифицируются URI, заданным в данных источниках.

Сервисы в рамках рекомендуемой архитектуры также являются ресурсами и, соответ-

венно, наследуют все свойства ресурсов. Выделены следующие категории сервисов для использования в СППР:

- *в части взаимодействия пользователя с системой*: сервисы по поддержке профилей пользователей; сервисы по сопровождению пользователя при работе с системой; сервисы по администрированию; сервисы для поддержки работы экспертов; набор проблемно-ориентированных сервисов, предназначенных для определения задачи, сформулированной в запросе пользователя, передачи пользователю решений системы и получения выбранного пользователем решения;

- *в части взаимодействия системы с внешними ресурсами*: сервисы по организации доступа к информационным ресурсам; сервисы по получению значений данных от источников информации; набор проблемно-ориентированных сервисов, выполняющих функции преобразования знаний между различными форматами представления знаний; процедуры обновления знаний;

- *в части поддержки библиотеки онтологий*: сервисы по поддержке библиотеки онтологий; сервисы по поддержке библиотеки методов, в рамках прикладной онтологии конфигурируемых для решения задач; сервисы по созданию абстрактного и оперативного контекстов;

- *в части взаимодействия с решателем задач в ограничениях*: Web-сервисы, используемые для решения типовых задач, формализованных различным образом и решаемых в общем случае с помощью разных программных средств.

Конфигурирование разработанных Web-сервисов предложено осуществлять на основе заранее подготовленных контекстов, описы-

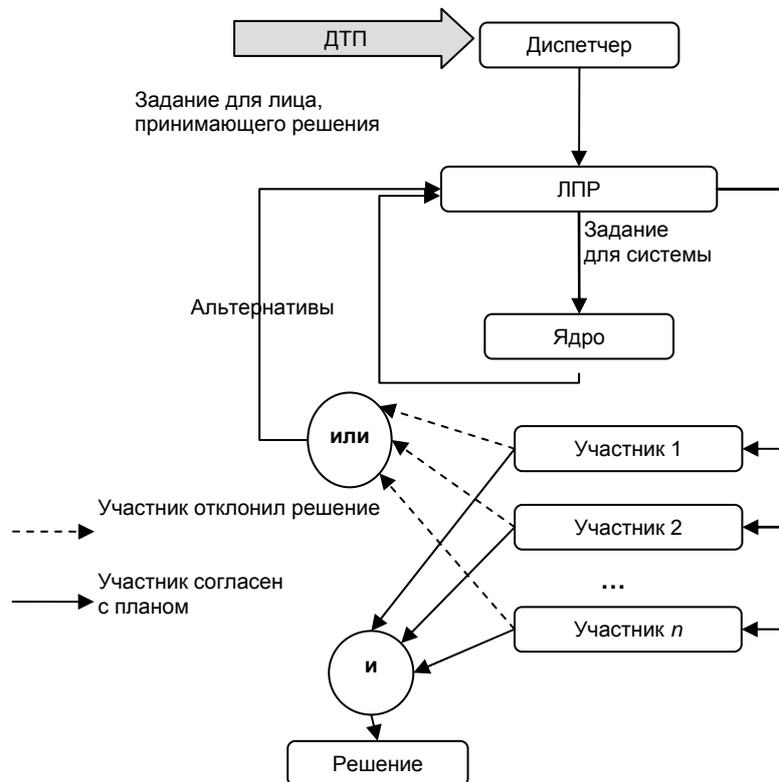


Рис.5. Роли пользователей системы и их взаимодействие

вающих типовые ситуации (типичные задачи пользователей), в рамках которых правила использования Web-сервисов predetermined.

4. Пример поддержки принятия решений при проведении спасательных операций

Одним из приоритетных направлений национальных российских проектов на 2008-2010 г.г. является обеспечение своевременной и качественной медицинской помощи при дорожно-транспортных происшествиях (ДТП) [2]. По данным ГАИ в 2006 году в России зарегистрировано около 230000 аварий, жертвами которых стали 32500 человек [1]. Эти факты мотивировали выбор ликвидации последствий дорожно-транспортного происшествия в мегаполисе в качестве тестового примера для проверки применимости разработанной методологии, моделей и методов.

В реализованном в рамках созданного прототипа СППР сценарии участвуют пользователи трех типов: «диспетчер», «лицо, принимающее

решения» («ЛПР»), и «руководитель пожарной / медицинской бригады» (участники). Для учета различных типов пользователей, принимающих участие в спасательной операции, введено понятие ролей. На Рис.5 представлен сценарий взаимодействия различных ролей пользователей, используемых в тестовом примере.

Описание текущей ситуации, полученное в результате наполнения контекста информацией и расчетов, в лексикографическом виде поступает к ЛПР (Рис.6). ЛПР задает дополнительные условия (например, предпочтения по параметрам оптимизации), и задание снова попадает в систему. На данном этапе выполняются окончательные расчеты по поиску кратчайших путей для бригад к месту ДТП, поиску кратчайших путей к больницам, построению расписания эвакуации пострадавших медицинскими бригадами и генерируются допустимые решения. Указанные задачи решаются как задачи удовлетворения ограничений. ЛПР просматривает предложенные решения и выбирает наиболее предпочтительное с его точки зрения решение (Рис.7).

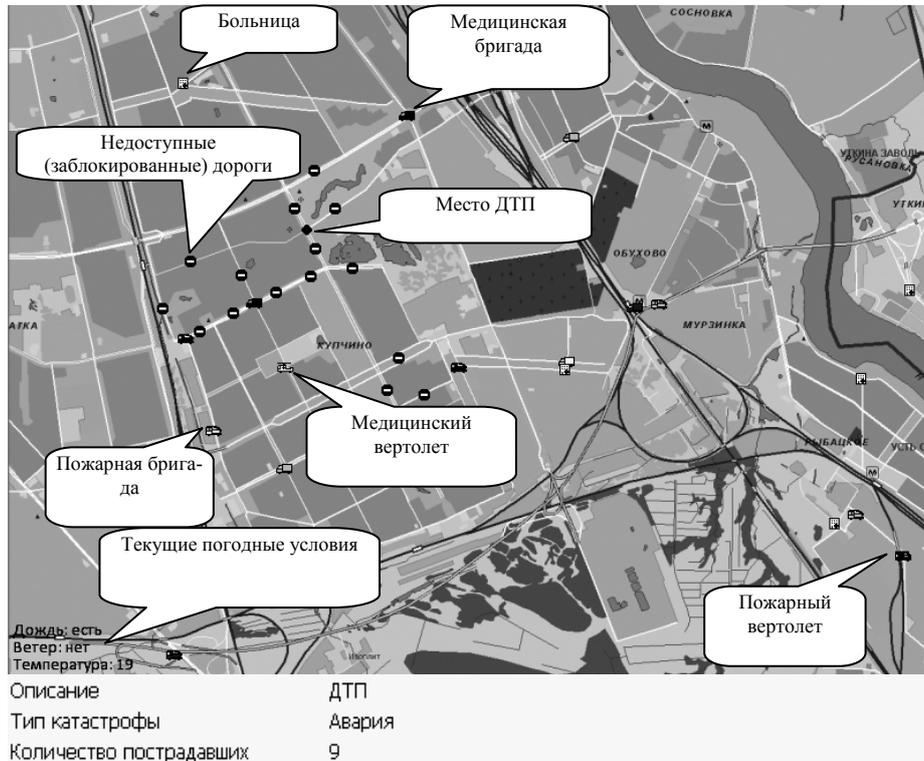


Рис.6. Окно с текущей информацией о районе ДТП и доступных ресурсах



Рис.7. Окно с предложенным решением по оказанию помощи

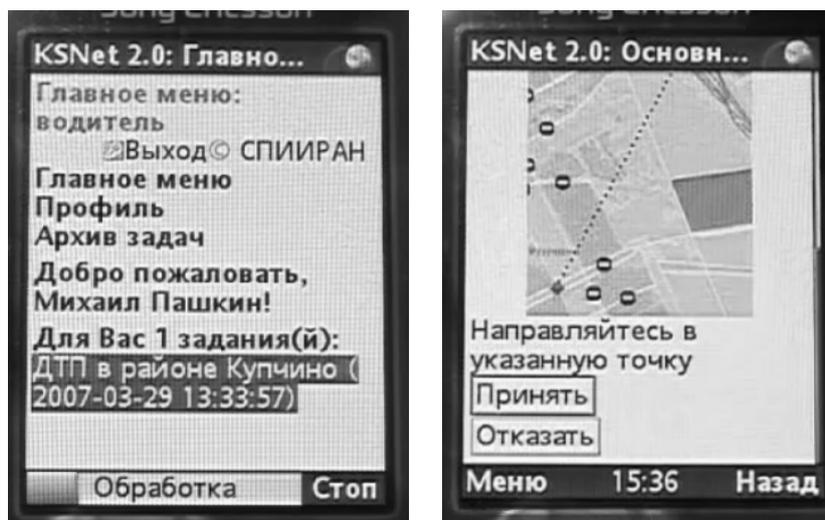


Рис.8. Пример задания, представленного руководителю медицинской бригады на экране мобильного телефона

В соответствии с принятым решением система планирует действия участников операции по ликвидации последствий ДТП. Участники операции могут посмотреть в Интернет-обозревателе назначенные им задания при помощи, например, персонального компьютера, карманного персонального компьютера или мобильного телефона (Рис.8). Если по какой-либо причине бригада не может участвовать в спасательной операции, руководитель бригады отклоняет задание, и ситуация вновь предоставляется ЛПР для принятия другого решения.

Работа системы поддержки принятия решений начинается с описания происшедшего события диспетчером. Он выбирает тип события (например, наличие возгорания), местоположение его возникновения и число пострадавших. На основе данной информации формируется контекст задачи, который наполняется доступной актуальной информацией. Эта информация включает: дорожную сеть региона, предоставленную геоинформационной системой; текущие погодные условия, предоставленные сервисом погоды; имеющиеся пожарные и медицинские бригады; места нахождения данных бригад, предоставляемые самими бригадами (например, посредством GPS), а также больницы и наличие в них свободных мест из соответствующих справочников. На основе имеющейся на данный момент информации рассчитываются: число требуемых пожарных

бригад; доступность дорог (некоторые дороги могут быть затоплены при сильном дожде); ограничения на возможность использования вертолетов (например, при сильном ветре).

Заключение

В статье предлагается подход к поддержке принятия решений в распределённой информационной среде с помощью контекстно-управляемой СППР. Дается характеристика оперативных решений и обоснование использования модели контекста в СППР, ориентированных на поддержку таких решений. Описан способ использования модели контекста для решения задачи пользователя как задачи удовлетворения ограничений. Предложена архитектура контекстно-управляемой СППР, основанная на использовании стандартов открытой информационной среды, кратко описаны основные компоненты данной архитектуры.

Использование онтологий для описания знаний проблемных областей и нотации объектно-ориентированных систем ограничений для их моделирования обеспечивают возможность компьютерной обработки знаний проблемной области. Наличие связей между элементами прикладной онтологии и источниками информации решает проблему оперативного доступа к динамически изменяющейся информации. Использование профилей пользователей позво-

ляет организовать персонифицированную поддержку лиц, принимающих решения на основе выявления их предпочтений, уровней компетенции и ролей. Разработанные алгоритмы построения и интеграции срезов онтологий обеспечивают быстрое построение контекстных моделей проблемных областей. Накопление сформированных структурированных контекстов и принятых пользователями решений позволяют применять методы извлечения знаний из данных для оценки качества принимаемых решений и их повторного использования в сходных ситуациях. Для обеспечения доступа к электронным документам был предложен набор метаданных для их описания и разработаны алгоритмы для оценки релевантности документов запросам пользователя. Для тестового примера планирования и управления оказанием медицинской помощи пострадавшим при дорожно-транспортном происшествии был сформирован и формализован иллюстративный набор задач, которые должны быть оперативно решены с учетом особенностей текущей ситуации.

Литература

1. Газета «Ведомости» № 74 (1848) от 25.04.2007, статья «От редакции: Календарный пиар».
2. Поручения Президента России по итогам заседания Совета по реализации приоритетных национальных проектов и демографической политике, состоявшегося 7 марта 2007 года.
3. <http://www.kremlin.ru/text/docs/2007/04/122205.shtml>.
4. Смирнов А.В., Пашкин М.П., Шилов Н.Г., Левашова Т.В. Использование контекста при формировании модели задачи для интеллектуальной поддержки принятия оперативных решений // Материалы докладов V-ой Международной конференции «Интеллектуальные системы», Россия, Дивноморское, 3—10 сентября, 2005. – М.: Физматлит, 2005. – Т. 1. – С. 356–361.
5. Смирнов А.В., Пашкин М.П., Шилов Н.Г., Левашова Т.В. Методология использования контекста при интеллектуальной поддержке принятия решений. Материалы докладов 1-ой Международной конференции «Системный анализ и информационные технологии», Россия, Переславль-Залесский, 12—16 сентября, 2005. Т. 1, 276—282.
6. Brézillon P. Context in Artificial Intelligence: I. A Survey of the Literature // Computer & Artificial Intelligence, 1999. – Vol. 18. – № 4. – Pp. 321–340.
7. [Brézillon P. Context in Artificial Intelligence: II. Key Elements of Contexts // Computer & Artificial Intelligence, 1999. – Vol. 18. – № 5. – Pp. 425–446.
8. 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 (eds.). – Lawrence-Erlbaum, 2001. – Vol. 16.
9. Smirnov A., Pashkin M., Chilov N., Levashova T., Krizhanovsky A.: Ontology-Driven Knowledge Logistics Approach as Constraint Satisfaction Problem. In: Meersman, R. et al., (eds.): On the Move to Meaningful Internet Systems: CoopIS, DOA, and ODBASE. LNCS 2888. Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York, 2003, P. 535—652.
10. Smirnov A.V., Levashova T.V., Pashkin M.P., Shilov N.G., Krizhanovsky A.A., Kashevnik A.M., Komarova A.S. Context-sensitive access to e-document corpus. // In: Proceedings of International Conference “Corpus Linguistics”, St. Petersburg, Russia, October 10—14, 2006. P.360—364.

Смирнов Александр Викторович. Окончил Ленинградский политехнический институт в 1979 г. Доктор технических наук, профессор, заместитель директора Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации РАН (СПИИРАН), заведующий лабораторией интегрированных систем автоматизации. Автор более 270 научных работ. Основная область деятельности - научные исследования, связанные с проблемами корпоративного управления знаниями, многоагентными системами, системами поддержки принятия решений, виртуальными предприятиями.

Пашкин Михаил Павлович. Окончил Ленинградский государственный университет (ЛГУ) в 1992 г. Кандидат технических наук. Автор более 45 научных работ. Специалист в области прикладной математики. Основная область деятельности – разработка информационных технологий.

Шилов Николай Германович. Окончил Санкт-Петербургский политехнический институт в 1998 г. Кандидат технических наук. Автор более 100 научных работ. Специалист в области системного анализа. Основная область деятельности – конфигурирование производственных сетей.

Левашова Татьяна Викторовна. Окончила Ленинградский электротехнический институт им. В.И. Ульянова (Ленина) в 1986 г. Автор более 100 научных работ. Специалист в области информационных технологий. Основная область деятельности - научные исследования, связанные с проблемами представления знаний, управления знаниями, управления онтологиями и управления контекстом.

Кашевник Алексей Михайлович. Окончил Санкт-Петербургский политехнический институт в 2002 г. Автор более 30 научных работ. Специалист в области управления знаниями. Основная область деятельности – профилирование пользователей.