

Организация web-сообществ в интеллектуальном пространстве для помощи в ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций*

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

Аннотация. Целью исследований является разработка подхода, позволяющего интегрировать в общую среду автономные ресурсы интеллектуального пространства с целью их вовлечения в совместные действия по оказанию помощи и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС). Методами исследований являются методы удовлетворения ограничений, корректировки предыдущих планов, определения семантической близости концептов, интеллектуальной интеграции разнородных объектов в общую среду, согласования решений, композиции web-сервисов. Основными результатами исследований являются модель поиска соответствий между онтологией проблемной области и описаниями web-сервисов; концепция решения задачи планирования операции по ликвидации последствий ЧС путем композиции сложного web-сервиса; концепция вовлечения независимых участников в операцию по ликвидации последствий ЧС на основании автоматически сгенерированного плана такой операции и включения этих участников в web-сообщество; модель онлайн-согласования решений. Подход может быть использован в области управления ЧС для оперативной помощи пострадавшим и ликвидации последствий ЧС, а также может быть адаптирован к другим проблемным областям, что потребует надлежащей онтологической модели.

Ключевые слова: интеллектуальная среда, управление контекстом, управление ресурсами, web-сервисы, web-сообщество, семантическая близость, динамическое планирование.

Введение

Интеллектуальные пространства (smart space) и web-сообщества постепенно начинают играть ощутимую роль в нашей жизни. Интеллектуальное пространство состоит из множества независимых ресурсов различного назначения. Предполагается, что эти ресурсы могут самостоятельно объединяться или интегрироваться в общую среду для выполнения действий, ожидаемых в текущей ситуации [13, 15]. В чрезвычайных ситуациях ресурсы интеллектуального пространства должны интегрироваться в целях сбора и предоставления друг другу релевантной информации о текущей ЧС, для принятия решений о плане

поведения операции по ликвидации последствий ЧС и оказанию помощи в ЧС, а также для участия в совместных действиях в соответствии с принятым планом.

В настоящее время в мире большое внимание уделяется исследованиям, направленным на разработку подходов к автоматической интеграции ресурсов в общую среду. Тем не менее потенциальные возможности интеллектуальных пространств пока в полной мере не реализованы. В некоторой степени потенциал интеллектуальных пространств во время ЧС используется в архитектуре, предназначенной для управления совместными действиями операторов спасательной службы. Эти операторы пользуются специальной системой (Process Management System) [6], установленной на их смартфонах и карманных персональных компьютерах (PDA). Функции системы заключаются в организации доступа к внешним источникам данных и сенсоров. Для этого используются специальные прикладные программы и автоматические сервисы.

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проекты № 10-07-00368, 11-07-00045, 11-07-00058, 12-07-00298), Президиума РАН (проект № 213), Отделения нанотехнологий и информационных технологий РАН (проект № 2.2) и Министерства образования и науки РФ (госконтракты № 14.740.11.0357 и 11.519.11.4025).

Web-сообщества представляют собой объединение людей, связанных общими интересами и использующими web-каналы для обмена информацией. При ликвидации последствий ЧС такие сообщества предоставляют преимущества в виде возможности онлайн-ого принятия решений о плане проведения операции по ликвидации последствий ЧС и мгновенного обмена сообщениями между участниками операции в ходе операции.

В настоящее время роль web-сообществ во время ЧС внимательно исследуется в рамках направления «антикризисная информатика» (crisis informatics) [7]. В качестве основы исследований взяты записи, фиксирующие обмен сообщениями с использованием web-каналов между людьми, имеющими информацию о ЧС или заинтересованными в получении такой информации [4, 12, 16, 19, 20], а также записи в блогах и на web-порталах [14, 21] во время различных ЧС. Исследования проводились для таких ЧС как, например, лесной пожар в Южной Калифорнии в 2003 г., наводнение в США в 2009 г., теракт 11 сентября 2001 г. в Нью-Йорке, ураган Катрина и других. В ходе исследований сделан вывод, что все формы web-сообществ являются мощным средством, обеспечивающими возможность эффективных совместных действий независимых сторон в случаях ЧС.

Информационная поддержка планирования и проведения операций по ликвидации последствий ЧС связана с необходимостью решения ряда актуальных проблем. Повсеместный доступ к информационным ресурсам привел к возможности получать информацию, предоставляемую многочисленными источниками. В результате в информационную систему поступают огромные потоки информации. Избыток получаемой информации ведет к существенным временным (а в ряде случаев и стоимостным) затратам на ее обработку, что в свою очередь затягивает и удорожает процедуру разработки плана операции по ликвидации последствий ЧС. Решение данной проблемы связано с уменьшением объемов информации, обрабатываемых информационной системой. С другой стороны, может возникнуть проблема недостатка информации. Следствием недостатка информации может стать неэффективный, а иногда и неверный план операции по ликвидации последствий ЧС. Информационная система, предназначенная для функционирования в условиях ЧС, должна поддерживать возможности поиска недостающей информации.

С появлением и развитием интеллектуальных пространств возникла проблема автоматической интеграции автономных ресурсов таких пространств в общую среду. Решение этой проблемы связано с преодолением семантической разнородности ресурсов, определением их функциональной совместимости и разработкой механизмов, обеспечивающих возможность взаимодействия ресурсов. Интеллектуальная

интеграция ресурсов позволяет уменьшить объемы обрабатываемой системами информации и соответственно повысить их производительность.

Последней из проблем, затрагиваемых в данной работе, является проблема вовлечения лиц, обладающих требуемыми компетенцией и возможностями, в операцию по ликвидации последствий ЧС. Решение этой проблемы связано с вовлечением независимых сторон, не имеющих на момент ЧС общего органа управления, в совместные действия.

Целью изложенных в работе исследований является разработка подхода, позволяющего объединять (интегрировать в общую среду) автономные ресурсы интеллектуального пространства с целью их вовлечения в совместные действия по оказанию помощи и ликвидации последствий ЧС. В рамках подхода предлагаются решения для перечисленных выше проблем, что подтверждает актуальность проводимых исследований.

1. Подход

В данной работе предлагается подход, в котором введено деление всех ресурсов интеллектуального пространства на два типа: информационно-вычислительные и исполнительные. К информационно-вычислительным ресурсам относятся различные электронные и вычислительные устройства, которые являются неотъемлемыми компонентами интеллектуальных пространств. Под исполнительными ресурсами понимаются люди, формирования и организации, которые могут принять участие в совместных действиях. Оба типа ресурсов представляются при помощи web-сервисов. Для вовлечения исполнительных ресурсов в совместные действия используется технология web-сообществ.

В основе подхода лежат результаты исследований, в ходе которых были разработаны концепция логистики знаний [18], методология управления контекстом [2] и гибридная технология контекстно-управляемой поддержки принятия решений [1]. В соответствии с упомянутыми результатами вовлечение ресурсов в совместное решение задач и (или) в совместные действия осуществляется в рамках текущей ситуации. Компьютерное представление текущей ситуации формируется с использованием технологии управления контекстом.

1.1. Управление контекстом

Текущая ситуация представляется при помощи двухуровневого онтолого-ориентированного контекста.

Контекст первого уровня — абстрактный контекст — это онтологическое интенциональное описание ситуации заданного типа. Абстрактный контекст интегрирует в себе знания проблемной области,

релевантные ситуации рассматриваемого типа. Эти знания извлекаются из прикладной онтологии, которая включает в себя две составляющие знаний: концептуальные знания и знания о методах решения известных в конкретной проблемной области задач.

Контекст второго уровня — прикладной контекст — это экстенциональное описание ситуации, которую представляет абстрактный контекст, с внедренной спецификацией знаний о методах решения задач, требующих решения в данной ситуации. Экстенционал абстрактного контекста продуцируется информационно-вычислительными и исполнительными ресурсами посредством конкретизации классов концептуальной составляющей знаний этого контекста. Данная конкретизация позволяет получить картину рассматриваемой ситуации и частично присвоить значения входным аргументам методов решения специфицированных задач. Эти задачи решаются информационно-вычислительными ресурсами. Присвоение значений всем входным аргументам достигается в ходе решения задач, которые являются подзадачами других задач.

В интеллектуальном пространстве тип ЧС распознается интеллектуальными сенсорами. Абстрактный контекст, представляющий ЧС конкретного типа, задает спецификацию следующих концептуальных знаний: 1) объектов инфраструктуры, которые являются релевантными ЧС (аэропорты, вокзалы, дороги, транспортные средства и т. п.); 2) видов услуг, требующихся для оказания помощи пострадавшим в ЧС указанного типа; 3) типов исполнительных ресурсов, которые должны быть вовлечены в операцию по ликвидации последствий рассматриваемой ЧС. Примерами исполнительных ресурсов являются оперативные формирования (бригады скорой помощи, пожарные бригады, аварийно-спасательные формирования и т. п.) и организации, предоставляющие свои услуги при ликвидации последствий ЧС. Также абстрактный контекст специфицирует задачу планирования операции по ликвидации последствий рассматриваемой ЧС.

Прикладной контекст представляет реальные объекты — интенционалы специфицированных в абстрактном контексте понятий. Прикладной контекст является основой для решения задачи планирования операции по ликвидации последствий ЧС.

1.2. Планирование операции по ликвидации последствий ЧС

Задача планирования операции по ликвидации последствий ЧС решается как задача динамической логистики методом удовлетворения ограничений. Ее решением является набор альтернативных планов, каждый из которых представляет собой множество исполнительных ресурсов со списком услуг, которые должны быть ими предоставлены, маршрутами следования мобильных ресурсов и расписанием выпол-

нения запланированных действий. Задача решается сетью web-сервисов. Концепция формирования сети web-сервисов описана в п. 1.4.

Из множества альтернативных планов выбирается эффективный план. За выбор эффективного плана отвечают либо один или несколько ресурсов интеллектуального пространства, либо лицо, принимающее решение. Эффективный план может выбираться с использованием двух критериев эффективности: по времени и по стоимости.

В момент выбора плана исполнительные ресурсы представлены посредством web-сервисов. Таким образом, вначале формируется множество web-сервисов, которые представляют включенные в план исполнительные ресурсы. Это множество является сервис-ориентированным представлением общего поля ресурсов. Web-сервисы, входящие в рассматриваемое множество, самостоятельного или опосредованно через сервис связи передают соответствующие сообщения ресурсам, которые они представляют. Эти сообщения являются сигналом, что тот или иной исполнительный ресурс получил задание на выполнение. Из исполнительных ресурсов, получивших задание, формируется web-сообщество (рис. 1).

1.3. Web-сообщество

Предполагается, что исполнительные ресурсы или их представители (касается организаций) имеют устройства, поддерживающие доступ к сети Интернет. Текущая ситуация (прикладной контекст) и план совместных действий отображаются на устройствах исполнительных ресурсов, включенных в план. Каждый участник видит ту часть плана, которая предназначена для выполнения этим участником. Исполнительные ресурсы, ознакомленные с планом, включаются в web-сообщество. Члены этого сообщества обмениваются сообщениями с целью:

- принятия решений о своей готовности принять участие в операции по ликвидации последствий ЧС;
- информирования друг друга о проблемах, возникших в ходе операции, или о ходе выполнении своего задания;
- предоставления недостающей информации, которая известна конкретному исполнителю, но неизвестна остальным участникам операции или информационной системе.

Исполнители могут соглашаться или нет участвовать в совместных действиях (рис. 2). В случае отказа хотя бы одного из участников, предпринимается попытка корректировки плана операции. Корректировка заключается в перераспределении действий, запланированных для исполнительного ресурса, который отказался принять участие в совместных действиях, между другими ресурсами, входящими в

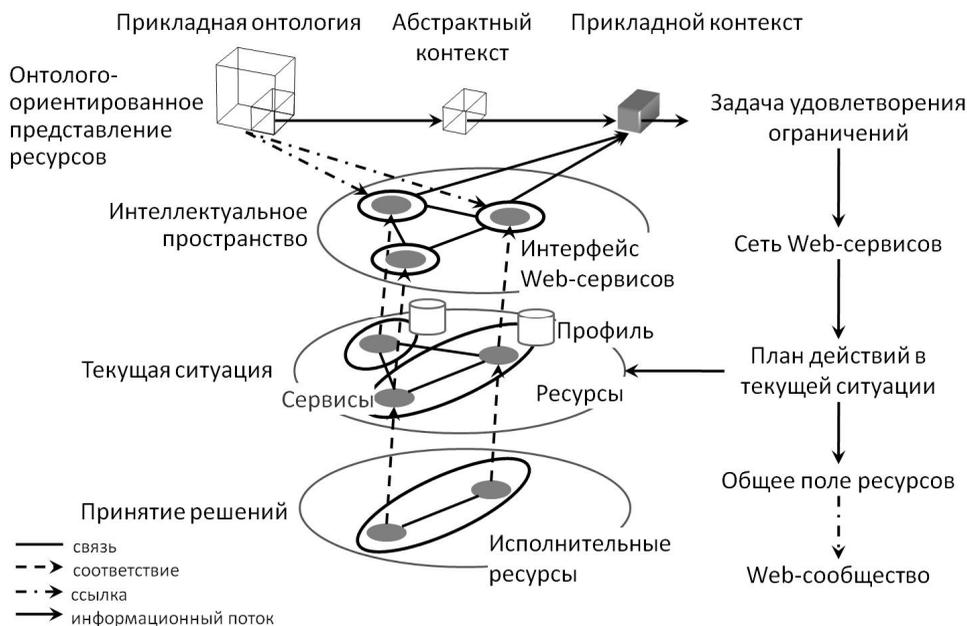


Рис. 1. Формирование web-сообщества для ликвидации последствий ЧС

Web-сообщество. При этом должно соблюдаться условие, что откорректированный план не ведет к значительной потере времени (в частности, запланированное время транспортировки пострадавших в больницы не должно превышать времени, известного как «золотой час» — период времени в течение первого часа после получения травмы). Если корректировка плана невозможна или ведет к потере времени, то генерируется новый набор альтернативных планов совместных действий, из которого опять выбирается эффективный план и передается на согласование исполнителям, включенным в этот план.

1.4. Управление ресурсами

Порождение прикладного контекста и решение специфицированных для конкретной ЧС задач осуществляется ресурсами интеллектуального пространства. Эти ресурсы объединяются для достижения общей цели в соответствии со своими функциональными возможностями. Для того чтобы было возможно определение функциональной совместимости ресурсов при их объединении, ресурсы представляются при помощи web-сервисов. В соответствии с используемым представлением потенциальные возможности ресурсов и ограничения на использование ресурсов зафиксированы в профилях соответствующих web-сервисов [11]. Таким образом, профиль описывает функциональную и нефункциональную семантику сервиса. Функциональная семантика описывается в терминах входных и выходных параметров сервиса. Нефункциональная семантика описывается в терми-

нах идентифицирующей информации о сервисе (имя, web-адрес, описание, поставщик и т. п.), а также в терминах доступности ресурса, его стоимости, уровня компетенции данного ресурса и веса ресурса. Для описания профиля сервиса используется язык WSDL.

Проблема семантической разнородности сервисов разрешается посредством согласования прикладной онтологии с WSDL-описаниями сервисов. Онтология поддерживает объектно-ориентированное представление знаний — знания описываются через множества классов, атрибутов этих классов и отношений между классами. Между прикладной онтологией и WSDL-описаниями устанавливаются сюръективные отображения, показывающие, значения каких атрибутов являются входными (выходными) параметрами сервиса.

Для установки отображений используется модель поиска соответствий. В модели прикладная онтология рассматривается в виде ее базовой составляющей — таксономии. Web-сервисы также представлены онтологиями, в которых классами верхнего уровня являются имена web-сервисов, подклассами — имена реализованных в web-сервисах функций. Атрибутами классов верхнего уровня являются нефункциональные характеристики web-сервисов, атрибуты подклассов соответствуют именам входных (выходных) параметров функций.

Например, сервис «Emergency sensor», представляющий аварийный датчик (рис. 3), реализует функции определения характеристик ЧС «Emergency characteristics» и количества пострадавших «Emergency victims». Выходными параметрами функции «Emergency characteristics» являются тип ЧС, местопо-

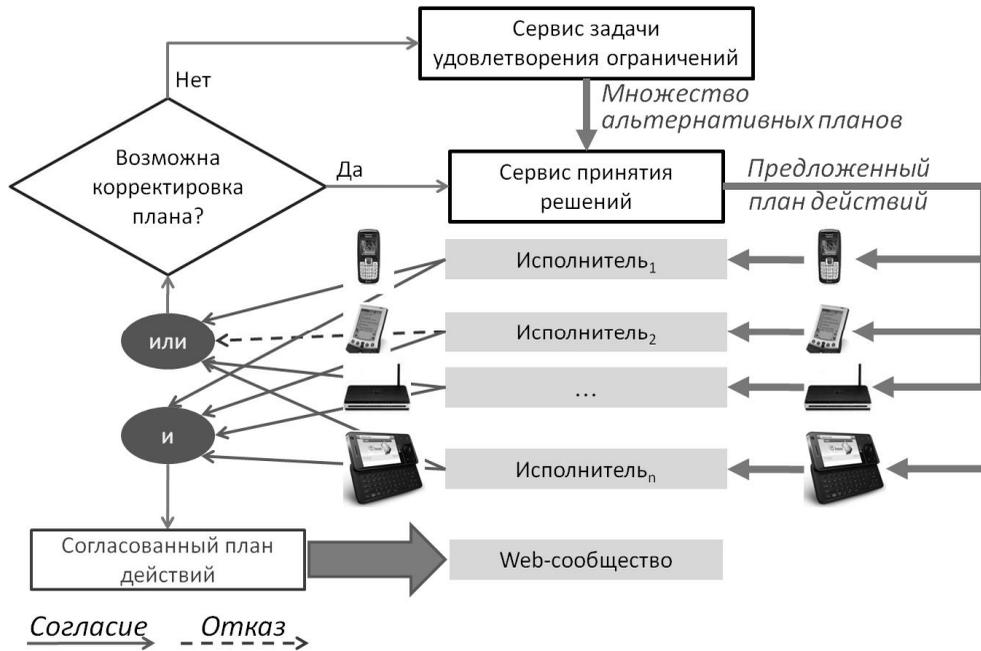


Рис. 2. Согласование плана совместных действий

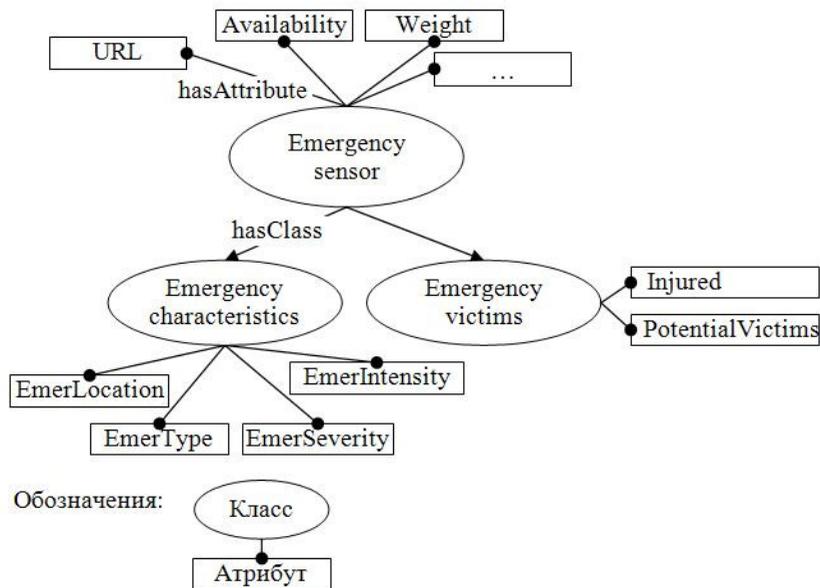


Рис. 3. Онтология сервиса, представляющего аварийный датчик

жение ЧС, скорость распространения ЧС, масштаб распространения ЧС, представленные атрибутами EmerType, EmerLocation, EmerIntensity и EmerSeverity соответственно. Выходными параметрами функции «Emergency victims» являются число травмированных (атрибут «Injured») и число потенциальных жертв (атрибут «PotentialVictims»).

Модель поиска соответствий позволяет устанавливать отображения между прикладной онтологией и WSDL-описаниями web-сервисов на лексическом, синтаксическом и семантическом уровнях (рис. 4). Результатом выполнения представленных на рисунке блоков 1 – 3 являются отношения соответствия между двумя концептами (один концепт принадлежит при-



Рис. 4. Модель поиска соответствий между онтологией и WSDL-описаниями сервисов

кладной онтологии, второй — описанию web-сервиса) с приспанными им мерами близости концептов. В блоке 4 оценивается окружение (семантический контекст) сопоставленных концептов в структурах. Если в двух структурах для семантически близких концептов существуют семантически близкие контексты, то значение меры близости двух концептов может быть повышено.

После выполнения операции поиска соответствий имена концептов в описаниях web-сервисов, для которых найдены близкие им концепты в онтологии, заменяются соответствующими именами концептов из онтологии. Концепты web-сервисов, для которых в онтологии не найдено соответствий, передаются на рассмотрение экспертам. В результате web-сервисам дается семантическое описание в терминах прикладной онтологии, за счет чего они становятся interoperable компонентами.

Объединение ресурсов с целью формирования сети web-сервисов и получения представления общего поля ресурсов осуществляется в соответствии с концепцией композиции web-сервисов [5, 8, 9]. Часть исходных данных (текущее местоположение исполнительного ресурса, его компетентность, доступность и т. п.) для решения задачи планирования операции по ликвидации последствий ЧС поступают от сервисов, представляющих исполнительные ресурсы. То есть исполнительные сервисы также участвуют в процессе композиции.

Согласно концепции композиции web-сервисов, сервисы объединяются на основании их семантических аннотаций с целью удовлетворения текущих

потребностей пользователя [10]. В рассматриваемом подходе вместо семантических аннотаций используется семантика, закрепленная в профилях сервисов, совместно с установленными соответствиями. Под текущими потребностями пользователя понимается решение задачи планирования операции по оказанию помощи и ликвидации последствий текущей ЧС. Эта задача специфицирована в абстрактном контексте.

Композиция web-сервисов осуществляется посредством обмена сообщениями между сервисами, чтобы определить, какие сервисы могут участвовать в порождении прикладного контекста и решении специфицированных задач, и установить последовательность вызова сервисов. Обмен выполняется в терминах входных (выходных) параметров. Если есть альтернативные сервисы, то создается набор последовательностей вызова. Конкретная последовательность выбирается на основании принципов максимальной функциональности, максимального интервала доступности и минимального веса [3]. Выбранная последовательность вызова web-сервисов и множество составляющих ее сервисов представляют собой сеть web-сервисов.

Сеть web-сервисов включает в себя все существующие в интеллектуальном пространстве исполнительные ресурсы, которые потенциально могут принять участие в операции по ликвидации последствий рассматриваемой ЧС. Выбор исполнителей, которые будут участвовать в этой операции, осуществляется в соответствии с ранее рассмотренной процедурой планирования (пп. 1.2, 1.3).

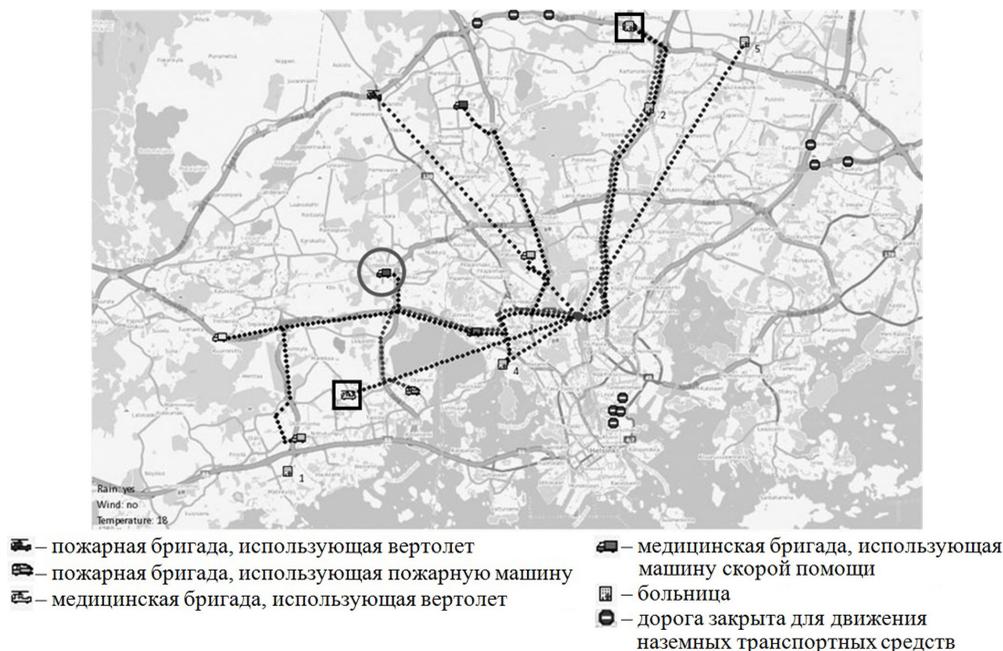


Рис. 5. План действий исполнительных ресурсов



Рис. 6. План транспортировки пострадавшего в больницу

2. Планирование операции по ликвидации последствий пожара

Основные идеи описанного подхода реализованы в рамках исследовательского прототипа системы поддержки принятия решений по управлению ЧС. В предыдущих публикациях, например [3, 17], уже рассматривалась работа системы с момента поступления сигнала о ЧС до момента выбора эффективного плана операции по ликвидации последствий этой ЧС. В данной работе сделан акцент на организации web-сообщества, принятии решений членами этого сообщества и корректировке плана в случае, когда исполнительные ресурсы не могут принять участие в операции. В качестве типа ЧС рассматривается пожар.

На рис. 5 приведен план действий при пожаре, случившемся в указанной на карте области. План предполагает направление 3 пожарных бригаад на

тушение пожара и 7 медицинских бригад на развозку 9 пострадавших по больницам. Таким образом, исполнительными ресурсами являются пожарные бригады, медицинские бригады и больницы. Пунктирами на рисунке показаны запланированные маршруты следования мобильных ресурсов (пожарных и медицинских бригад). Медицинская бригада, следующая на вертолете, и бригада, находящаяся на территории одной из больниц (эти бригады заключены в квадраты), делают по 2 поездки к месту пожара.

План транспортировки пострадавшего в больницу, предложенный для выполнения одной из медицинских бригад и отображенный на смартфоне руководителя этой бригады, приведен на рис. 6. На экране устройства исполнителя отображается только та часть общего плана, которая предназначена для выполнения именно этим исполнителем. Как только план появился на устройстве исполнителя, этот исполнитель включается в web-сообщество, после чего он принимает участие в согласовании плана (отказывается или соглашается действовать в соответствии с предложенным ему планом).

В соответствии с описываемым подходом если один или несколько исполнителей отказываются от запланированных действий, то предпринимается попытка корректировки плана операции. Например, если медицинская бригада, обведенная на рис. 5 кружком, оказалась заблокирована и не может принять участие в операции, план по транспортировке по-

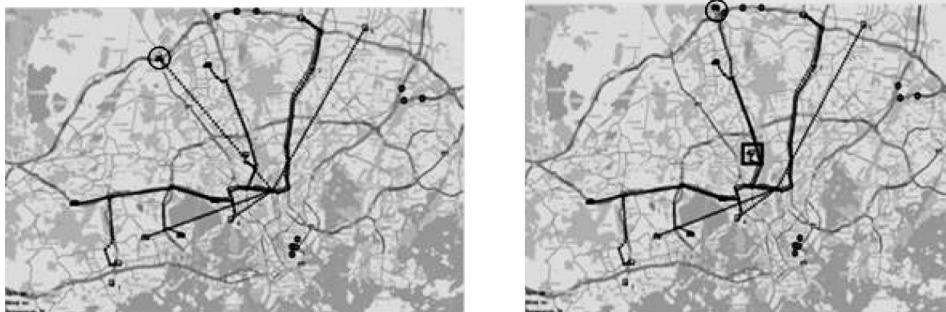


Рис. 7. Корректировка плана операции по ликвидации последствий ЧС

страдавших в больницы может быть распределен между другими медицинскими бригадами, включенными в первоначальный план. Пример откорректированного плана приведен в левой части рис. 7. В откорректированном плане медицинской бригаде, ближе всего расположенной к месту пожара (обведена квадратом), вместо одной поездки к месту пожара предложено сделать две.

Если же пожарная бригада, обведенная в левой части рис. 7 кружком, отказывается принять участие в операции, то корректировка плана невозможна. В этом случае генерируется новый план. Пример такого плана приведен в правой части рис. 7. Видно, что вместо пожарной бригады, имеющей в своем распоряжении вертолет, в новый план включена пожарная бригада, следующая на пожарной машине (обведена кружком на правой части рисунка).

После принятия плана всеми исполнителями, они могут продолжать обмениваться информацией о ходе своих действий и о сложившейся вокруг них ситуации как участники web-сообщества.

Заключение

В работе предложен подход, направленный на поддержку принятия решений по планированию операций по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций в интеллектуальном пространстве. Одной из основных рассмотренных в работе проблем является организация web-сообществ, которые объединяют в себе ранее независимые исполнительные ресурсы. Члены web-сообщества участвуют в онлайн-новом согласовании решений об их готовности участвовать в операции, а также обмениваются мгновенными сообщениями с информацией о ходе своих действий и о сложившейся вокруг них ситуации. Предложенный подход позволяет при необходимости вовлекать независимые стороны, не имеющие на момент ЧС общего органа управления, в экстренные мероприятия, а также использовать членов web-сообществ в качестве информационного ресурса при недостатке требуемой информации.

В качестве вспомогательных задач в рамках подхода рассмотрена задача преодоления семантической разнородности ресурсов интеллектуального пространства. На этапе планирования операции по ликвидации последствий ЧС предложено представлять ресурсы при помощи web-сервисов и решать задачу планирования операции по ликвидации последствий путем композиции этих сервисов. В работе предложена модель поиска соответствий между онтологией проблемной области и WSDL-описаниями сервисов. Эта модель позволяет преодолеть семантическую разнородность web-сервисов и определить их функциональную совместимость, что в свою очередь делает возможной их композицию.

Практическая применимость предложенного подхода демонстрируется на примере задачи планирования операции по ликвидации последствий пожара.

Литература

1. Смирнов А. В., Кашевник А. А., Левашова Т. В., Шилов Н. Г. Теоретические и технологические основы построения контекстно-управляемых систем поддержки принятия оперативных решений в открытой информационной среде // Мехатроника, автоматизация, управление, 2009. Вып. 96. № 3. С. 72–77.
2. Смирнов А. В., Пашкин М. П., Шилов Н. Г., Левашова Т. В. Теоретические и технологические основы построения контекстно-управляемых распределенных систем поддержки принятия оперативных решений в открытой информационной среде // Искусственный интеллект, 2006. № 2. С. 44–47.
3. Смирнов А. В., Левашова Т. В., Шилов Н. Г. Контекстно-ориентированное управление ресурсами интеллектуальной среды // Прикладные проблемы управления макросистемами: сб. науч. тр. / Ин-т системного анализа Рос. акад. наук; под ред. Ю. С. Попкова, В. А. Путилова. Т. 59. М.: Издательство ЛКИ, 2010. С. 16–28.
4. Armour G. Communities communicating with formal and informal systems: being more resilient in times of need // Bulletin of the American Society for Information Science and Technology, 2010. Vol. 36. No. 5. P. 34–38.
5. Bangemann T., Diedrich C., Riedl M. et al. Integration of Automation Devices in Web Service Supporting Systems //

- Preprints of the 30-th IFAC Workshop on Real-Time Programming and 4-th International Workshop on Real-Time Software. 2009. P. 161–166.
6. *Catarci T., Leoni M., Marrella A., Mecella M.* The WORKPAD Project Experience: Improving the Disaster Response through Process Management and Geo Collaboration [Electronic resource] // ISCRAM 2010 Conference Proceedings (Seattle, USA, 2010); eds. by S. French, B. Tomaszewski, C. Zobel: [Proc. 7-th Intern. Conf. Information Systems for Crisis Response and Management]. 2010. 1 CDR. URL: http://www.iscram.org/ISCRAM2010/Papers/136-Catarci_etal.pdf (access date: 30.06.2012).
 7. *Hagar C.* Introduction to Special Section on Crisis Informatics // Bulletin of the American Society for Information Science and Technology, 2010. Vol. 36. No. 5. P. 10–12.
 8. *Jammes F., Mensch A., Smit H.*, Service-Oriented Device Communications Using the Devices Profile for Web Services [Electronic resource] // Proceedings of the 3-rd International Workshop on Middleware for Pervasive and Ad-hoc Computing (MPAC'05) (Grenoble, FRANCE, Nov. 28 – Dec. 2, 2005). ACM, 2005. URL: <http://doi.acm.org/10.1145/1101480.1101496> (access date: 30.06.2012).
 9. *Karnouskos S.* Realising Next-Generation Web Service-Driven Industrial Systems [Electronic resource] // Intern. J. Advanced Manufacturing Technology. Springer, 2011. URL: doi: 10.1007/s00170-011-3612-z (access date: 30.06.2012).
 10. *Klusch M.* Semantic Web Service Coordination // Intelligent Service Coordination in the Semantic Web / H. Helin, H. Schuldt. Birkhaeuser Verlag, Springer, 2008. Ch. 4. P. 69–108.
 11. *Klusch M.* Semantic Web Service Description // Intelligent Service Coordination in the Semantic Web / H. Helin, H. Schuldt. Birkhaeuser Verlag, Springer, 2008. Ch. 3. P. 41–67.
 12. *Krakovsky A.* The Role of Social Networks in Crisis Situations: Public Participation and Information Exchange [Electronic resource] // ISCRAM 2010 Conference Proceedings (Seattle, USA, 2010); eds. by S. French, B. Tomaszewski, C. Zobel: [Proc. 7-th Intern. Conf. Information Systems for Crisis Response and Management]. 2010. P. 52–57. 1 CDR.
 13. *Lamorte L., Venezia C.* Smart Space a New Dimension of Context // AISB 2009 Convention Adaptive & Emergent Behaviour & Complex Systems: [Proc. Symp. PERSIST Workshop on Intelligent Pervasive Environments] (Edinburgh, Scotland, 6–9 April, 2009). The Society for the Study of Artificial Intelligence and Simulation of Behaviour, 2009. P. 20–25.
 14. *Mandel L. H., McClure C. R., Brobst J., Lanz E. C.* Helping Libraries Prepare for the Storm with Web Portal Technology // Bulletin of the American Society for Information Science and Technology, 2010. Vol. 36. No. 5. P. 22–26.
 15. *Özçelebi T., Lukkien J., Bosman R., Uzun Ö.* Discovery, Monitoring and Management in Smart Spaces Composed of Very Low Capacity Nodes // IEEE Transactions on Consumer Electronics. IEEE, 2010. Vol. 56. No. 2. P. 570–578.
 16. *Palen L., Starr R. H., Liu S.* Online Forums Supporting Grassroots Participation in Emergency Preparedness and Response // Communications of the ACM, 2007. Vol. 50. No. 3. P. 54–58.
 17. *Smirnov A., Levashova T., Shilov N., Kashevnik A.* Ubiquitous Computing for Personalized Decision Support in Emergency // Intern. J. Information Systems for Crisis Response and Management, 2011. Vol. 3. No. 4. P. 55–72. URL: doi: 10.4018/jiscrm.2011100104.
 18. *Smirnov A., Pashkin M., Chilov N., Levashova T., Haritatos F.* Knowledge Source Network Configuration Approach to Knowledge Logistics // Intern. J. General Systems. Taylor & Francis Group, 2003. Vol. 32. No. 3. P. 251–269.
 19. *Starbird K., Palen L.* (How) will the Revolution be Retweeted?: Information Propagation in the 2011 Egyptian Uprising // CSCW'12 Proceedings of the ACM 2012 Conference on Computer Supported Cooperative Work (Seattle, USA, 11–15 Feb. 2012). ACM, 2012. P. 7–16.
 20. *Starbird K., Palen L.* «Voluntweeters:» Self-Organizing by Digital Volunteers in Times of Crisis [Electronic resource] // ZOHI Conference Proceedings and Extended Abstracts (Vancouver, Canada, 7–12 May, 2011): [Proc. ACM CHI 2011 Conf. on Human Factors in Computing Systems]. ACM, 2011. P. 1071–1080. 1 CDR. URL: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1979102> (access date: 30.06.2012).
 21. *Vieweg S., Hughes A., Starbird K., Palen L.* Microblogging During Two Natural Hazards Events: What Twitter May Contribute To Situational Awareness // CHI 2010 Conference Proceedings (Atlanta, USA, Apr. 10–15 2010): [Proc. 28 Annual CHI Conf. Human Factors in Computing Systems]. ACM, 2010. P. 1079–1088.

Смирнов Александр Викторович. Заместитель директора СПИИРАН. Д. т. н., профессор. Окончил Ленинградский политехнический институт в 1979 г. Количество печатных работ: 353. Область научных интересов: интеллектуальные системы поддержки принятия решений, управление знаниями, управление контекстом, сети ограничений E-mail: smir@iias.spb.su

Левашова Татьяна Викторовна. С. н. с. СПИИРАН. К. т. н. Окончила Ленинградский электротехнический институт в 1986 г. Количество печатных работ: 187. Область научных интересов: интеллектуальные системы поддержки принятия решений, управление знаниями, управление контекстом, сети ограничений E-mail: tatiana.levashova@iias.spb.su

Шилов Николай Германович. С. н. с. СПИИРАН. К. т. н., доцент. Окончил Санкт-Петербургский государственный политехнический университет в 1998 г. Количество печатных работ: 140. Область научных интересов: конфигурирование виртуальных предприятий, управление сетями поставок, управление знаниями, проектирование онтологий, web-сервисы E-mail: nick@iias.spb.su

Кашевник Алексей Михайлович. С. н. с. СПИИРАН. К. т. н. Окончил Санкт-Петербургский государственный политехнический университет в 2005 г. Количество печатных работ: 102. Область научных интересов: системы поддержки принятия решений, управление знаниями, экспертные системы, интеллектуальные агенты, профилирование пользователей. E-mail: alexey@iias.spb.su