

# Принципы и модели контекстно-управляемой интеграции знаний

А.В. Смирнов, Т.В. Левашова

**Аннотация.** Целью работы является разработка моделей, обобщающих процессы интеграции знаний. Рассматриваются процессы, которые присутствуют в контекстно-управляемых системах и приводят к синергетическим эффектам. В качестве признаков обобщения процессов контекстно-управляемой интеграции знаний используются признаки сохранения (изменения) автономности и структуры источников знаний, участвующих в процессе интеграции, и результаты интеграции.

**Ключевые слова:** модели интеграции знаний, онтология, контекст, контекстно-управляемые системы поддержки принятия решений, управление чрезвычайными ситуациями.

## Введение

Современные информационные системы функционируют в средах с большим количеством разнородных распределенных ресурсов. Неотъемлемой частью таких систем являются процессы интеграции получаемых из ресурсов знаний. Здесь под ресурсами знаний понимаются все виды ресурсов, предоставляющих структурированный и неструктурированный контент, а также знания проблемной области. Множество требующихся в определенный момент системе ресурсов может меняться в зависимости от текущих целей системы, доступности тех или иных ресурсов в зоне расположения системы (особенно актуально для мобильных систем), а также других ограничений. Для формализации перечисленных условий используется модель контекста. Это модель, в рамках которой знания становятся интерпретируемыми применительно к текущей ситуации и, таким образом, становя-

ся пригодными для интеграции. Системы, опирающиеся в своей работе на модель контекста, называются контекстно-управляемыми.

К настоящему времени накоплен значительный опыт построения контекстно-управляемых систем [1-6]. Актуальной становится задача обобщения такого опыта. Целью данной работы является разработка моделей, обобщающих процессы интеграции знаний, которые присутствуют в контекстно-управляемых системах и порождают синергетические эффекты. Синергетический эффект характеризуется тем, что он приводит к появлению принципиально нового результата. В случае систем, основанных на знаниях, к которым относятся и контекстно-управляемые системы, принципиально новым результатом является новое знание. В работе рассматриваются процессы интеграции знаний, протекающие в контекстно-управляемой системе поддержки принятия решений (КУСППР), разработанной для проблемной области

<sup>1</sup> Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты №№ 11-07-00045, 11-07-00058, 13-07-12095 офи\_м), Программы 15 Президиума РАН (проект № 213) и Программы 1 Отделения нанотехнологий и информационных технологий РАН (проект № 2.2).

"управление чрезвычайными ситуациями". Описываются модели процессов интеграции знаний, результаты которых получены благодаря синергетическим эффектам.

## 1. Синергетическая интеграция знаний

Под синергетической интеграцией знаний понимается интеграция знаний, приводящая к синергетическому эффекту. В результате анализа работ по интеграции знаний были выявлены следующие процессы интеграции, приводящие к различным синергетическим эффектам.

1. Интеллектуальная интеграция массивных объемов разнородных данных (информации) из большого количества распределенных источников в форму (модель), которая может быть использована системой и человеком в качестве основы для решения задач и (или) принятия решений [1, 2]. Интеллектуальная интеграция знаний подразумевает интеграцию знаний с учетом их семантики.

2. Интеграция знаний из различных источников, имеющая своим результатом получение совершенно другого типа знаний, отличного от интегрируемых типов или приводящая к возникновению новой идеи о способе (методе) решения задачи [4, 5]. Этот процесс включает в себя интеграцию знаний различных типов (знаний предметной области, процедурных знаний, презентаций и т.п.), в результате которой образуется новый тип знаний [3] или новый продукт знаний (сервис, процесс, технология и т.п.) [6, 7].

3. Получение формализованного знания в результате выполнения логического вывода над неявными знаниями, скрытыми в интегрируемых источниках [8].

4. Комбинирование знаний из разнообразных автономных источников знаний разными способами в различных сценариях, в результате чего могут быть обнаружены новые отношения между знаниями, находящимися в различных источниках [9, 10].

5. Реконфигурирование сети источников знаний с целью получения новой конфигурации, обладающей новыми возможностями (компетенциями) [11].

6. Обмен знаниями в ходе обучения, взаимодействия, дискуссии, практической деятель-

ности с целью усовершенствования своих возможностей или приобретения новых компетенций [11].

7. Вовлечение знаний из различных источников в решение задач, в результате чего находится решение задачи как новое знание [12].

Анализируя перечисленные процессы, можно выделить следующие результаты интеграции знаний, полученные благодаря синергетическим эффектам:

- получение нового знания из данных или информации (результат процесса 1);
- возникновение знания нового типа или нового продукта знаний (результат процесса 2);
- появление новой идеи или нового метода решения задачи (результат процесса 2);
- новое знание об объекте знаний (объект, порождающий или несущий знания) (результат процесса 3);
- выявление новых отношений между ранее несвязанными знаниями (результат процесса 4);
- приобретение новых способностей (компетенций) объектами знаний (результат процессов 5, 6);
- решение задачи (результат процесса 7).

Следует отметить, что каждый процесс может дать один и более результатов интеграции, а один и тот же результат может быть следствием разных процессов.

## 2. Модели интеграции знаний

Модели интеграции знаний вводят типизацию процессов интеграции знаний, происходящих в контекстно-управляемых системах, и обобщают эти процессы с точки зрения состояния источников знаний, вовлеченных в процесс интеграции, и результатов интеграции.

### 2.1. Признаки обобщения процессов интеграции знаний

В качестве признаков обобщения процессов контекстно-управляемой интеграции знаний используются признаки сохранения (изменения) автономности и структуры источников знаний, участвующих в процессе интеграции, и результаты интеграции.

Под структурой источника знаний понимается концептуальная структура, используемая данным источником для представления знаний.

Понятие автономности в данной работе ограничено рассмотрением отношений между источниками знаний. Если источник знаний не связан с другими источниками, то этот источник считается автономным. Знания, предоставляемые этим источником, могут быть в любой момент изменены, что не потребует внесения изменений в другие источники. Если источник знаний связан отношениями с одним или несколькими источниками, то эти источники считаются неавтономными. Изменения в одном неавтономном источнике могут потребовать внесения изменений в другие связанные с ним источники. Изменение состояния автономности источников знаний в процессе работы КУСППР не означает внесения изменений в структуру этих источников.

Для результатов интеграции описывается, как они проявляют себя в КУСППР. Для этих результатов определены соответствия выше приведенным результатам интеграции, которые получаются за счет синергетических эффектов. Также результаты интеграции отображаются в онтологическую парадигму. В настоящее время признано, что онтологии являются наиболее перспективным и технологичным способом представления знаний.

## 2.2. Язык спецификации моделей интеграции знаний

Язык спецификации моделей интеграции знаний для спецификации источников знаний, вовлеченных в процессы интеграции, предлагает использовать понятия исходного и целевого источника. Исходными источниками знаний называются источники, знания из которых интегрируются, порождая новое знание (результат интеграции). Источники знаний, включающие в себя новое знание, называются целевыми источниками. Для спецификации моделей интеграции знаний язык предлагает следующие конструкции:

**Name:** имя модели.

**Problem:** цель интеграции знаний.

**Solution:** содержательное описание процесса интеграции знаний.

**Initial knowledge source(s):** исходные источники знаний.

**Target knowledge source(s):** целевые источники знаний.

**Autonomy pre-states:** степень автономности источников знаний перед началом процесса интеграции; предусмотрены три степени: автономные, неавтономные, не определено (для несуществующих на момент начала интеграции источников).

**Result in DSS:** результат синергетической интеграции знаний в системе.

**Result in ontology terms:** представление результата интеграции знаний в онтологической парадигме.

**Post-states:** степени автономности источников знаний и сохранности их структуры после процесса интеграции; для спецификации степеней автономности используются три степени, введенные в конструкции "Autonomy pre-states"; для спецификации степеней сохранности структуры предусмотрены следующие три степени: сохранена, изменена, новая (для нового источника знаний, полученного как результат интеграции).

**Schematic representation:** графическое представление процесса интеграции.

**DSS phase:** стадия функционирования системы, на которой осуществляется интеграция знаний.

## 3. Контекстно-управляемая система поддержки принятия решений

КУСППР, рассматриваемая в данной работе, предназначена для поддержки решений при планировании действий по оказанию помощи в чрезвычайных ситуациях (ЧС) и ликвидации последствий таких ситуаций. В работе КУСППР можно выделить две основные фазы, каждая из которых включает в себя несколько стадий. Этими фазами являются подготовительная и исполнительная. На подготовительной стадии создается прикладная онтология проблемной области и устанавливаются необходимые семантические соответствия между этой онтологией и онтологическими представлениями ресурсов КУСППР. Эти отношения обеспечивают семантическую интероперабельность ресурсов и делают возможной интеграцию знаний. На исполнительной фазе осуществляется генерация и принятие решений, а также архивирование компонентов системы, связан-

ных с принятием решений. Именно на исполнительной стадии вступают в действие контекстно-управляемые функции системы. Так как работа посвящена контекстно-управляемой интеграции знаний, в ней рассматриваются только процессы интеграции знаний, присутствующие на исполнительной фазе.

В КУСППР используется двухуровневое представление ЧС. На первом уровне ситуация представлена абстрактным контекстом, который является онтологической интенциональной моделью, интегрирующей в себе знания, релевантные для принятия решений в текущей ЧС. Эти знания извлекаются из прикладной онтологии проблемной области "управление ЧС". Абстрактный контекст интегрирует в себе знания двух типов: знания предметной области и знания о методах решения задачи планирования действий по оказанию помощи и ликвидации последствий ЧС. Примерами знаний предметной области являются знания о ЧС (тип, местоположение, уровень сложности и т.п.), знания об инфраструктуре местности, где сложилась ЧС и т.д. В абстрактном контексте эти знания представлены на концептуальном уровне, т.е. заданы только характеристики (свойства) объектов реального мира, которым должны быть присвоены значения.

На втором уровне ситуация представлена прикладным контекстом, который является экстенционалом абстрактного контекста (его конкретизацией для текущих условий). Прикладной контекст порождается информационно-вычислительными ресурсами среды, в которой функционирует КУСППР. С этой целью конфигурируется сеть ресурсов, задающая последовательность вызова предоставляемых ресурсами функций. Вначале прикладной контекст является копией абстрактного контекста, в которой отсутствуют значения свойств объектов реального мира или содержатся значения свойств, заданные по умолчанию. Когда всем свойствам с помощью доступных ресурсов КУСППР присваиваются значения, возникает прикладной контекст. Этот контекст содержит представления для объектов реального мира и полностью или частично значения входных аргументов методов решения задачи планирования. При этом динамические свойства и параметры

в прикладном контексте обновляются по мере их изменения. Например, постоянно обновляется транспортная ситуация, может меняться уровень сложности ЧС, местоположение мобильных бригад и т.п.

Задача планирования действий по оказанию помощи и ликвидации последствий ЧС также решается ресурсами КУСППР. В анализируемой системе данная задача решается как задача удовлетворения ограничений. Результатом ее решения является множество допустимых в текущей ЧС планов действий. План действий представляет собой множество исполнительных ресурсов со схемами перемещения мобильных исполнительных ресурсов и расписанием действий исполнительных ресурсов. Исполнительными ресурсами являются организации и люди, которые могут принять участие в ликвидации последствий ЧС (больницы, бригады скорой помощи, пожарные бригады и т.п.). Набор этих ресурсов определяется типом ЧС, инфраструктурой и географией региона.

Множество планов действий предлагается лицу, принимающему решение (ЛПР). ЛПР выбирает одно решение, которое является руководством к действию для исполнительных ресурсов, включенных в выбранный план. Для упрощения процедуры выбора ЛПР предлагаются критерии оптимизации (минимальная стоимость операции, минимальное время операции, составной критерий).

После завершения операции по оказанию помощи и ликвидации последствий ЧС абстрактный контекст, прикладной контекст, представления ресурсов КУСППР, множество допустимых решений и выбранное решение помещаются в архив. Прикладной контекст и представления ресурсов КУСППР архивируются в тех состояниях (с теми значениями свойств и аргументов), в которых они находились в момент генерации множества решений.

#### **4. Модели контекстно-управляемой интеграции знаний**

Модели контекстно-управляемой интеграции знаний используют понятия исходного и целевого источников знаний. В данной работе такими источниками могут являться приклад-

ная онтология, абстрактный контекст, прикладной контекст и информационно-вычислительные ресурсы КУСППР.

**4.1. Абстрактный контекст**

Применительно к абстрактному контексту рассматриваются три стадии.

**4.1.1. Построение абстрактного контекста**

Абстрактный контекст создается из знаний, представленных только в одном источнике – прикладной онтологии. Процедура построения абстрактного контекста заключается в формировании срезов прикладной онтологии, содержащих знания, релевантные типу текущей ЧС, и интеграции этих срезов в новый источник знаний – абстрактный контекст.

Пример абстрактного контекста, построенного для ЧС типа "пожар" приведен на Рис. 1. Помимо всего прочего, данный контекст специфицирует, что в ситуации заданного типа

требуются услуги больниц, пожарных и медицинских бригад. Для передвижения бригады имеют в своем распоряжении машины скорой помощи, пожарные машины и вертолеты.

Процессы, поддерживающие стадию построения абстрактного контекста, представлены в модели "простая интеграция" (Рис. 2). Исходным источником знаний в этой модели является прикладная онтология; целевым – абстрактный контекст. Прикладная онтология сохраняет свою структуру и автономность, абстрактный контекст становится новым автономным источником знаний с соответствующей структурой. Результат интеграции заключается в появлении нового источника знаний того же типа, что и исходный источник знаний; этот целевой источник является моделью, которая может быть использована КУСППР и ЛПР в качестве основы для решения задач и принятия решений. В онтологической парадигме появление нового источника знаний соответствует появлению новой онтологии.

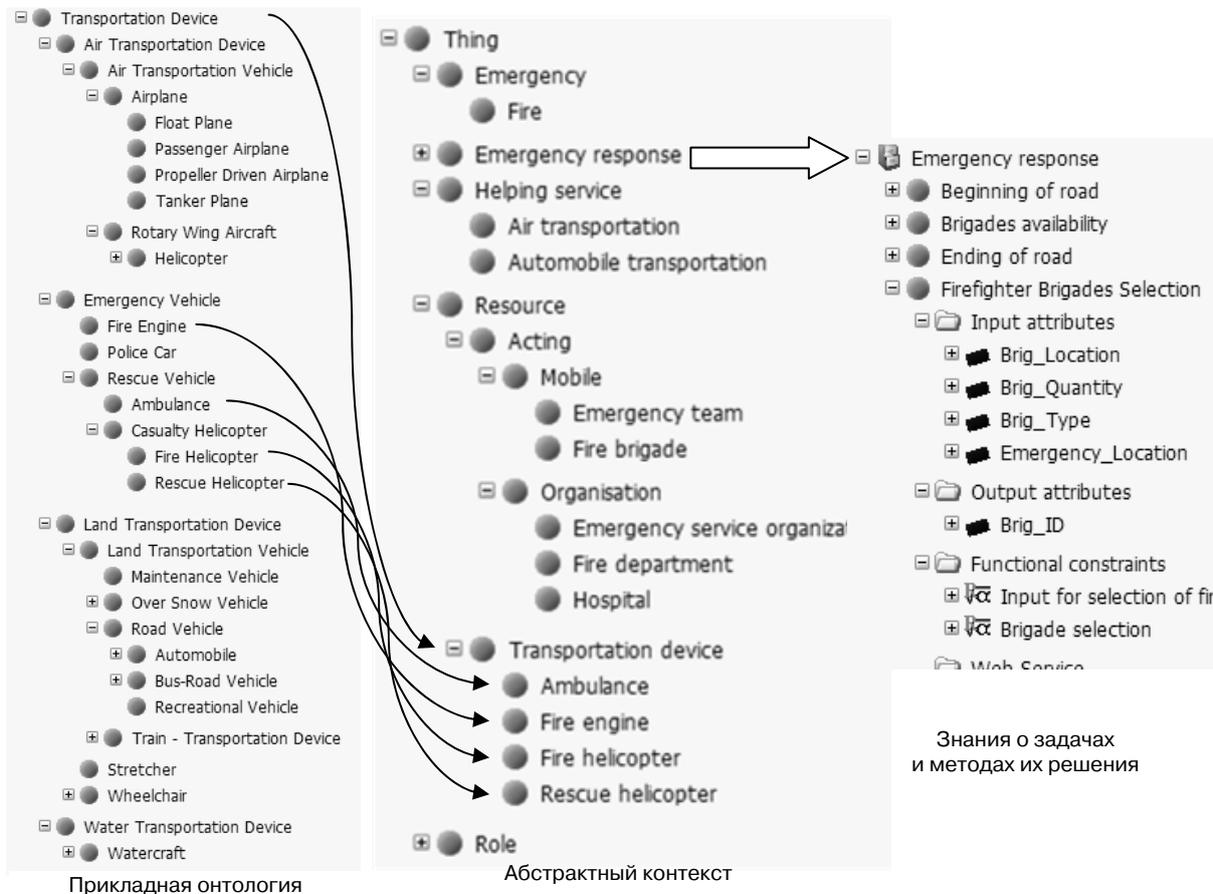


Рис. 1. Фрагмент абстрактного контекста для ЧС типа "пожар"

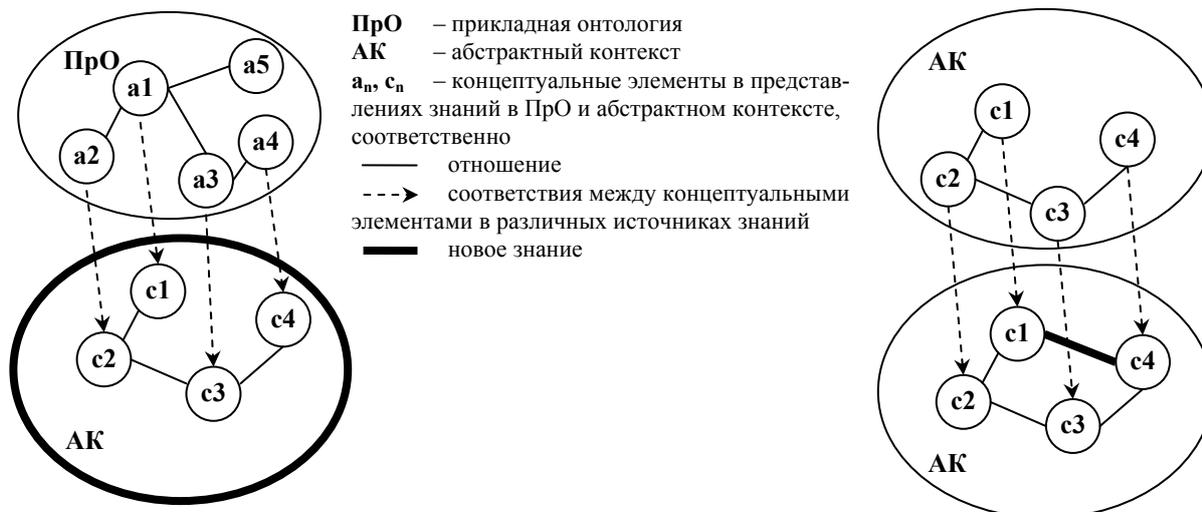


Рис. 2. Простая интеграция (слева) и расширение (справа)

**Name:** простая интеграции

**Problem:** создание интенциональной модели текущей ситуации

**Solution:** интеграция множественных фрагментов знаний из единственного исходного источника знаний в новый источник знаний

**Initial knowledge source(s):** прикладная онтология

**Target knowledge source(s):** абстрактный контекст

**Autonomy pre-states:** исходный источник знаний автономный

целевой источник знаний не определено

**Effect in DSS:** новый источник знаний, созданный на основании знаний, представленных в другом источнике

**Result in ontology terms:** новая онтология

**Post-states:** исходный источник знаний

целевой источник знаний

Структура: сохранена  
 Автономность: автономный

новая автономный

**Schematic representation:** рис. 2 (слева)

**DSS phase:** построение абстрактного контекста

Рис. 3. Простая интеграция

Пример спецификации модели "простая интеграция" предложен на Рис. 3. Спецификации остальных моделей даны в приложении.

#### 4.1.2. Уточнение абстрактного контекста

При объединении извлеченных из прикладной онтологии знаний между знаниями, несвязанными в онтологии, в абстрактном контексте могут появиться новые отношения. Как правило, появление новых отношений является результатом логического вывода.

На Рис. 4 представлен случай, когда в прикладной онтологии задано, что значение текущего местоположения транспортного средства служит входным аргументом метода выбора маршрута "Route computation" (1). В этой онто-

логии концепты "Mobile", представляющий мобильный исполнительный ресурс, и "Transportation device", представляющий транспортное средство, связаны функциональным отношением (2). Это отношение означает, что значение для местоположения мобильного исполнительного ресурса (Mob\_Location) равно значению местоположения транспортного средства (TDev\_Location), которым данный ресурс пользуется. В абстрактном контексте выведено новое функциональное отношение (3), означающее, что значение местоположения мобильного исполнительного ресурса может быть использовано в качестве входного аргумента для метода выбора маршрута.

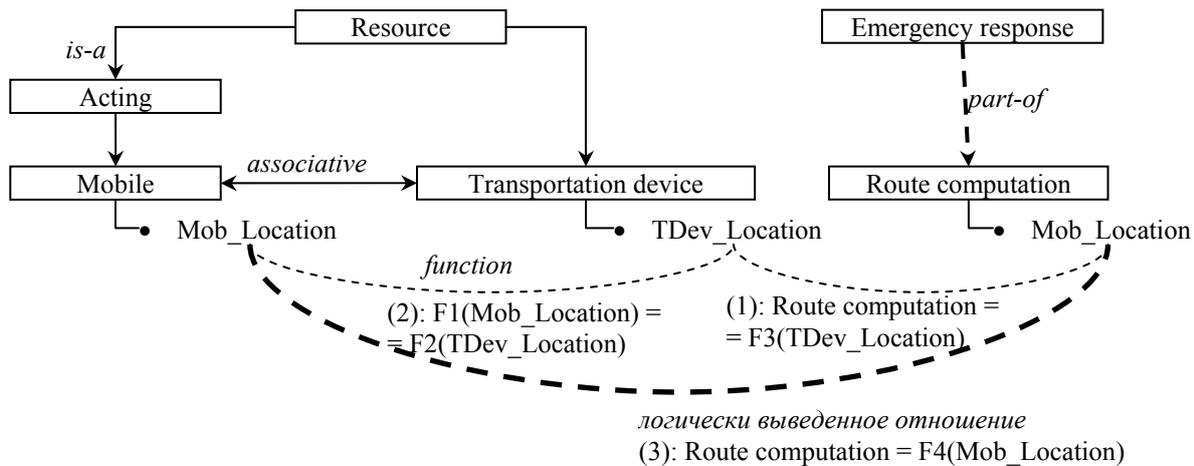


Рис. 4. Логический вывод нового отношения

В общем случае, следствием логического вывода могут быть любые новые элементы концептуальных структур (не только отношения). Процессы, поддерживающие стадию уточнения абстрактного контекста, представлены моделью "расширение" (Рис. 2). В этой модели абстрактный контекст является одновременно исходным и целевым источником знаний. Он сохраняет свою автономность, но структура контекста в связи с появлением новых элементов меняется. Результат интеграции заключается в появлении новых элементов в концептуальной структуре абстрактного контекста. В онтологической парадигме это соответствует появлению новых элементов в онтологии. Под элементами онтологии понимаются любые структурные компоненты, которые используются для моделирования знаний в выбранном формализме.

#### 4.1.3. Повторное использование абстрактного контекста

При повторном использовании абстрактного контекста в новых условиях (когда не все ресурсы предназначены для конкретизации этого контекста) в некоторых случаях можно сконфигурировать сеть из имеющихся ресурсов. Например, на Рис. 5 представлен случай, когда в абстрактном контексте задано, что один из методов ("GetLocation"), используемых для решения задачи выбора маршрута, возвращает текущее местоположение объекта в формате координат точки на карте. Причем этот метод

использует данные от сенсоров. Для рассматриваемой здесь ЧС требуется определить местоположение больниц, в которые могут быть отправлены пострадавшие при пожаре.

В окрестности точки, где сложилась ЧС, нет сенсоров, определяющих местоположение таких статических объектов, как больницы. Но имеются другие ресурсы. Один из этих ресурсов (*A*) реализует метод "MedicalCareSuggestions", который предоставляет сведения о медицинских организациях, предлагающих интересующие пользователя услуги. Этот ресурс пользуется базой данных с информацией о больницах. Ресурс *A* возвращает адреса больниц в формате почтового адреса. Другой ресурс (*B*) реализует метод "Conversions", который осуществляет конвертацию между почтовым форматом и форматом координат. Последовательное выполнение методов, реализованных в ресурсах *A* и *B*, создает альтернативу отсутствующему сенсору.

Спецификации для методов "MedicalCareSuggestions" и "Conversions" вносятся в абстрактный контекст в качестве альтернативных методов для получения местоположения больниц. Это приводит к расширению абстрактного контекста новыми элементами. В то же время, использование альтернативных методов вызывает необходимость реконфигурирования сети ресурсов.

Таким образом, на стадии повторного использования абстрактного контекста интеграция знаний приводит к тройному результату:

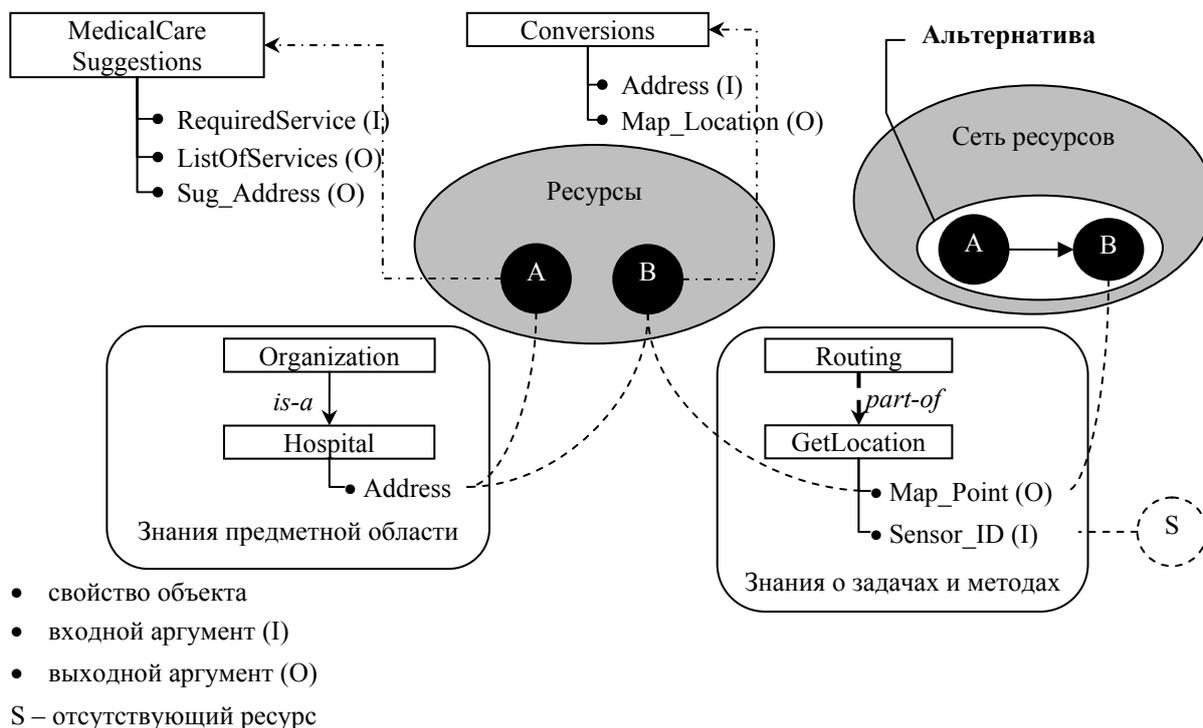


Рис. 5. Обнаружение альтернативного метода решения задачи

появление новых элементов в концептуальной структуре абстрактного контекста, появление нового (альтернативного) метода решения задачи, получение новой конфигурации сети ресурсов. В онтологической парадигме этот результат соответствует появлению новых элементов онтологии.

Так же, как и в модели "расширение", исходным и целевым источником в модели интеграции знаний, поддерживающей стадию повторного использования существующего абстрактного контекста в новых условиях, является абстрактный контекст. Этот контекст сохраняет свою автономность, но его структура меняется в связи с появлением новых элементов. Предлагаемая спецификация моделей интеграции знаний не предусматривает конструкции для внесения в модель новой конфигурации сети ресурсов. Таким образом, рассматриваемая на данной стадии модель интеграции знаний совпадает с описанной выше моделью "расширение" (Рис. 2).

Подводя итог моделям интеграции знаний, описанных на стадиях работы с абстрактным контекстом, можно сказать, что на этих стадиях выделены две типовые модели интеграции знаний "простая интеграция" и "расширение".

## 4.2. Прикладной контекст

Применительно к прикладному контексту рассматриваются стадии, связанные с созданием экстенциональной модели текущей ЧС, генерацией, выбором и реализацией решений, а также архивированием информационных компонентов КУСППР.

### 4.2.1. Порождение прикладного контекста

Прикладной контекст порождается посредством интеллектуальной интеграции знаний, предоставляемых ресурсами КУСППР, в модель абстрактного контекста. На Рис. 6 показан пример прикладного контекста в некоторый момент времени. Такой вид генерируется КУСППР для удобства восприятия контекста пользователем. Прикладной контекст характеризует текущую ситуацию.

В момент порождения прикладного контекста связи между ним и абстрактным контекстом не поддерживаются. Как уже было сказано, создается автономная копия абстрактного контекста, которая затем конкретизируется. В момент копирования ресурсы КУСППР автономны. Как только эти ресурсы начинают конкретизировать

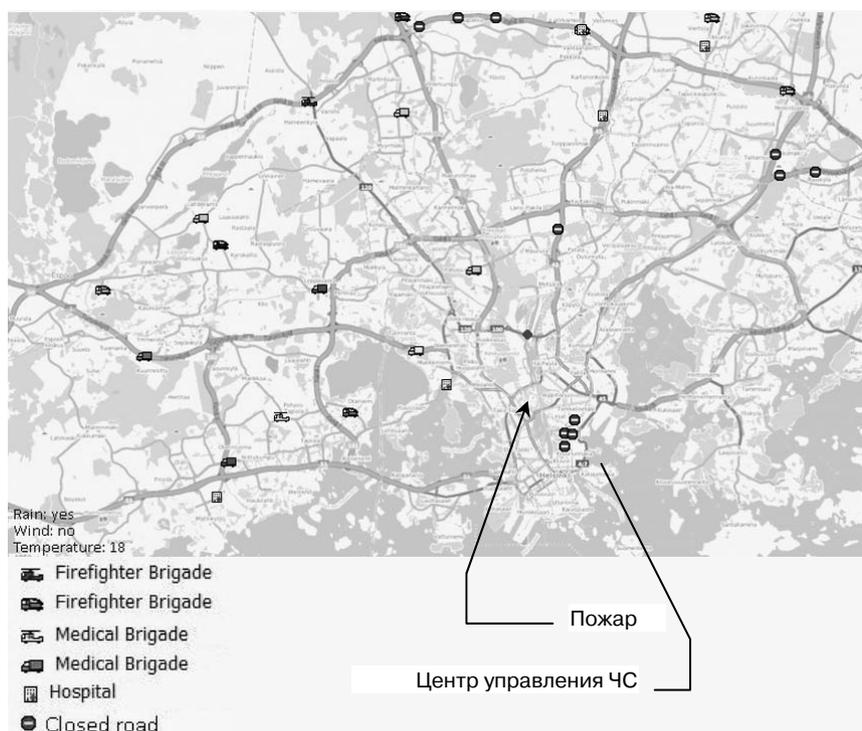


Рис. 6. Прикладной контекст

копию абстрактного контекста, то есть породить прикладной контекст, они теряют свою автономность (но сохраняют структуру) и становятся связанными с прикладным контекстом. Прикладной контекст и ресурсы связаны в течение всего периода взаимодействия ЛПР с этим контекстом, то есть периода управления ЧС.

Интеграция знаний, происходящая на стадии порождения прикладного контекста, описывается моделью "конкретизация" (Рис. 7). Исходным источником знаний в этой модели является абстрактный контекст, а целевым – прикладной контекст. Абстрактный контекст сохраняет свою структуру и автономность. Прикладной контекст становится новым неавтономным источником знаний нового (динамического) типа. Стадия порождения прикладного контекста приводит к следующим результатам:

1) появляется новый источник знаний, созданный посредством интеллектуальной интеграции данных (информации) в онтологически ориентированную модель, которая может быть использована системой и человеком в качестве основы для решения задач и (или) принятия решений;

2) появившийся источник знаний является источником нового (динамического) типа. В онтологической парадигме этот результат соответствует появлению новой онтологии нового типа.

В отличие от онтологии, представляющей абстрактный контекст, новая онтология является экстенциональным представлением текущей ситуации, в котором динамические свойства объектов реального мира меняются. То есть онтология, представляющая прикладной контекст, является онтологией динамического типа.

#### 4.2.2. Генерация решений

Множество возможных планов действий является решением задачи планирования действий по оказанию помощи в текущей ЧС для условий, специфицированных в прикладном контексте. Для ЛПР возможные планы представлены на визуализации прикладного контекста. На Рис. 8 показан пример одного из возможных планов. Пунктирные линии показывают маршруты следования мобильных исполнительных ресурсов.

Интеграция знаний, происходящая на стадии генерации решений, описывается моделью

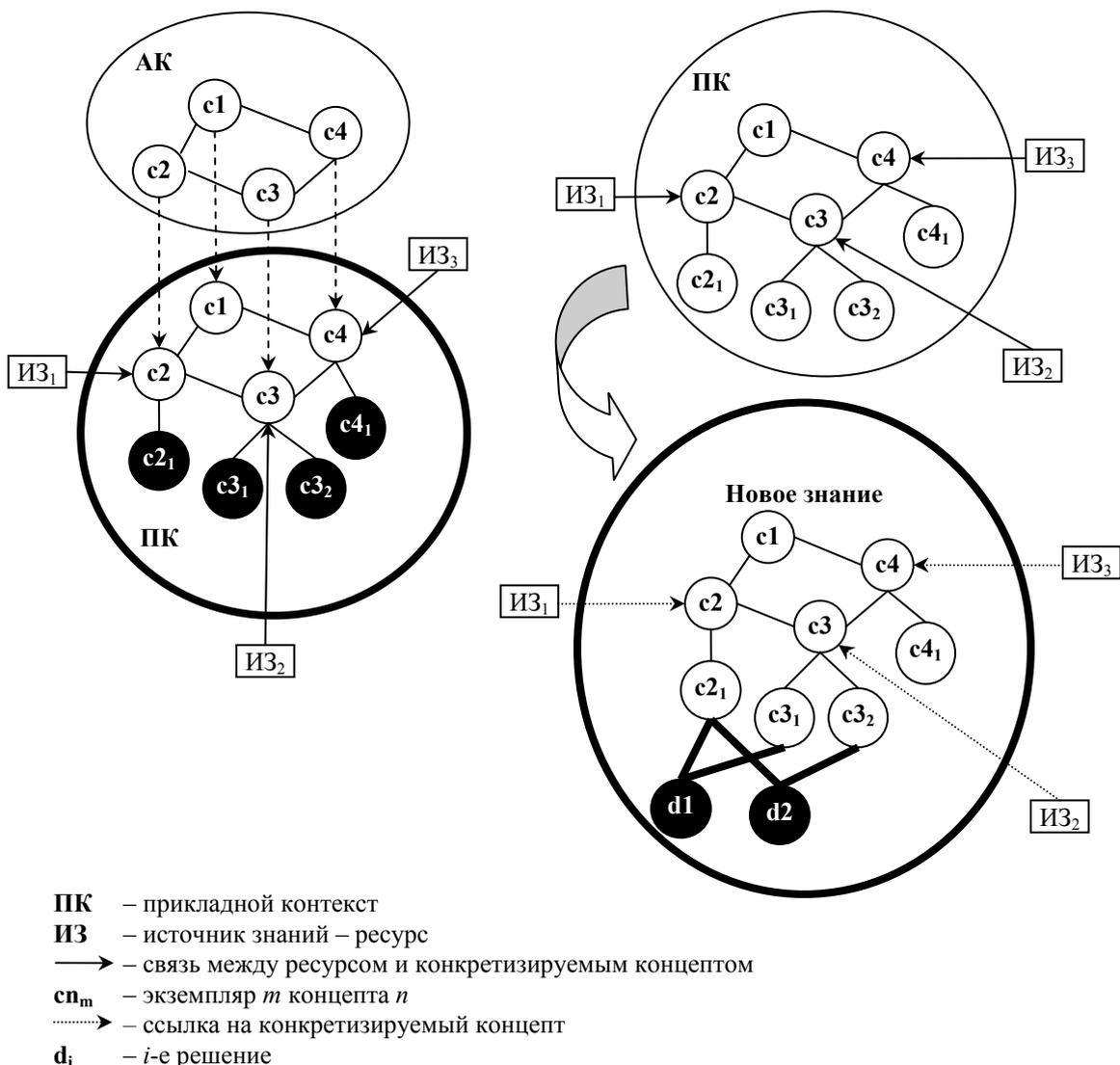


Рис. 7. Конкретизация (слева) и "плоская" интеграция (справа)

"плоская интеграция" (Рис. 7). Исходным источником знаний в этой модели является прикладной контекст, а целевым – новый источник знаний, объединяющий прикладной контекст и множество возможных планов действий по оказанию помощи в ЧС. Эти планы являются новым знанием, имеющим собственную структуру. Это новое знание с собственной структурой накладывается на прикладной контекст. В результате прикладной контекст "растворяется" в новом объекте знаний, теряет свою автономность и структуру. Новый объект знаний является неавтономным объектом до тех пор, пока

не завершится операция по ликвидации последствий ЧС. Результатами интеграции являются:

1) новый источник знаний нового типа, интегрирующий решение задачи планирования действий по оказанию помощи в ЧС и динамическую модель ЧС;

2) решение указанной задачи за счет вовлечения различных ресурсов КУСППР в ее решение.

В онтологической парадигме перечисленные результаты соответствуют появлению нового источника знаний нового типа, который интегрирует онтологические (прикладной контекст) и неонтологические (множество возможных планов действий) знания.

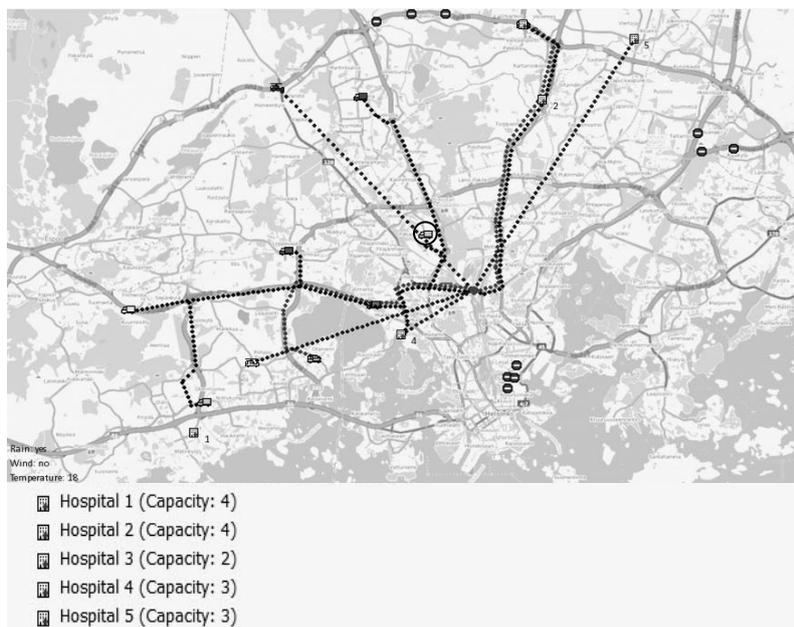


Рис. 8. Пример плана оказания помощи в ЧС

#### 4.2.3. Реализация решений

В ЧС успешная реализация решений зависит от оперативной адаптации к быстро меняющимся обстоятельствам. В некоторых случаях исполнители, включенные в действующий план, неожиданно могут отказаться от участия по независимым от них причинам (они могут оказаться заблокированы или выведены из строя по каким-либо причинам). В этом случае действия, закрепленные за отказавшимися от участия исполнителями, могут быть перераспределены между остальными участниками плана. Если в профилях этих участников не предусмотрены предлагаемые им действия, а они могут и согласны их выполнить, то профили этих участников расширяются новыми способностями (компетенциями), то есть структура профилей меняется. Также меняется структура плана действий (отказавшиеся исполнители исключаются из плана, остальным исполнителям добавляются дополнительные действия). Источник знаний, содержащий принятый план, и профили участников связаны в течение всего хода операции помощи в ЧС, то есть они являются неавтономными до момента ее завершения.

Интеграция знаний, происходящая на стадии реализации решений, описывается моделью "адаптация" (Рис. 9). В этой модели источник

знаний, представляющий план действий, и профили исполнительных ресурсов одновременно являются исходными и целевыми источниками знаний. Эти источники являются неавтономными на всем протяжении операции, структура источников при внесении в них соответствующих изменений меняется. Результат интеграции заключается в приобретении исполнителями новых способностей (компетенций). В онтологической парадигме этот результат соответствует появлению новых элементов представления компетенций в профилях исполнителей и в планах действий.

#### 4.2.4. Управление архивированными знаниями

Сравнительный анализ источников знаний, представляющих планы действий, которые сохранены в архиве контекстов, позволяет выявить новые отношения между элементами, присутствующими в различных источниках. Для краткости эти источники в текущем разделе названы "планы".

Например, бригада скорой помощи, обозначенная кружком на Рис. 8, участвовала в различных операциях по оказанию помощи и ликвидации последствий ЧС. На некоторых планах, включающих в себя эту бригаду, не представлено ни одного центра управления ЧС, который спе-

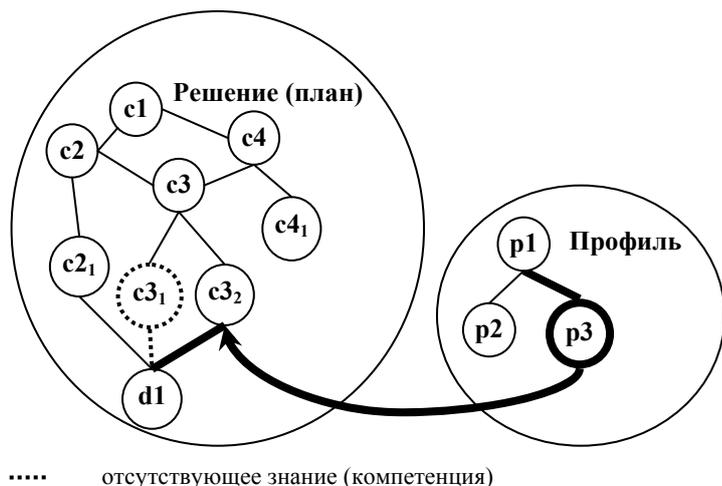


Рис. 9. Адаптация



Рис. 10. "История" бригады скорой помощи

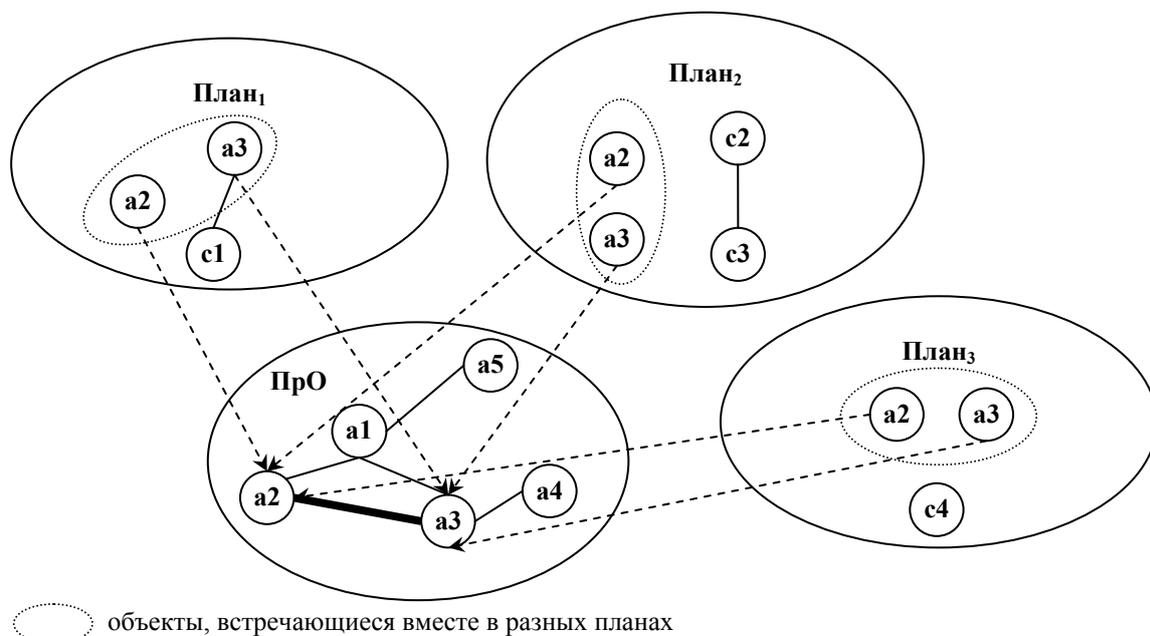


Рис. 11. Историческая интеграция

цифицирован в абстрактном контексте. На основании этого можно предположить, что рассматриваемая бригада приписана одной из больниц, присутствующих во всех планах вместе с этой бригадой. На плане (Рис. 10) эта бригада присутствует вместе с больницей 5, на основании чего можно заключить, что бригада приписана именно этой больнице, так как ни центра управления ЧС, ни каких-либо других больниц данный план не содержит. Результатом приведенных рассуждений является новое отношение "быть частью" между больницей 5 и рассматриваемой бригадой.

Интеграция знаний, происходящая на стадии порождения прикладного контекста, описывается моделью "историческая интеграция" (Рис. 11). Исходными источниками знаний в этой модели служат архивированные планы. Выявленные путем сравнительного анализа новые знания вносятся в прикладную онтологию (в архивированные планы они не вносятся). Поэтому целевым источником знаний является прикладная онтология. В архиве контекстов планы хранятся находящимися в связях с другими сохраняемыми компонентами (разд. 3),

поэтому они не являются автономными объектами. Новые знания изменяют структуру прикладной онтологии, но не затрагивают ее автономности. Структура планов не меняется. Результатом интеграции знаний является новое формализованное знание, выявленное на основании анализа неявно формализованных знаний, которое специфицируется как новое знание о концептуальной структуре. В онтологической парадигме этот результат соответствует появлению новых элементов онтологии для представления выявленных знаний.

## Заключение

В работе предложены модели, обобщающие процессы интеграции знаний, которые присутствуют в контекстно-управляемых системах и приводят к синергетическим эффектам. В качестве признаков обобщения используются признаки сохранения (изменения) автономности и структуры источников знаний, участвующих в процессе интеграции, и результаты интеграции. Выявлено 6 моделей: выборочная интеграция,

расширение, конкретизация, "плоская" интеграция, адаптация и историческая интеграция.

Отображение результатов интеграции в онтологическую парадигму позволяет заключить, что выявленные результаты применительно к онтологиям имеют следствием четыре типа новых знаний: новая онтология, новый элемент онтологии, новый тип онтологии и новый тип знаний, совмещающий в себе онтологические и неонтологические знания. Можно предположить, что эти четыре результата покрывают все возможные результаты интеграции знаний применительно к онтологиям.

В перспективе предполагается использовать разработанные модели для спецификации требований со стороны систем, на основании которых определяется функциональность этих систем на различных стадиях. Сопоставление данных требований с требованиями к системе со стороны пользователя позволит разрабатывать новые и адаптировать существующие системы под конкретных пользователей.

## Приложение

### Спецификации моделей интеграции знаний

**Name:** расширение

**Problem:** вывод новых знаний на основании интегрируемых знаний

**Solution:** логический вывод

**Initial knowledge source(s):** абстрактный контекст

**Target knowledge source(s):** абстрактный контекст

**Autonomy pre-states:** *исходный источник знаний автономный* *целевой источник знаний автономный*

**Result in DSS:** новое знание о концептуальной структуре источника знаний

**Result in ontology terms:** новый элемент онтологии

**Post-states:** *исходный источник знаний* *целевой источник знаний*  
 Структура: *изменена* *изменена*  
 Автономность: *автономный* *автономный*

**DSS phase:** уточнение абстрактного контекста

**Name:** конкретизация

**Problem:** создание динамической модели текущей ситуации

**Solution:** семантическая интеграции данных и информации в рамках абстрактной модели текущей ситуации

**Initial knowledge source(s):** абстрактный контекст

**Target knowledge source(s):** прикладной контекст

|                             |                                 |                                |
|-----------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| <b>Autonomy pre-states:</b> | <i>исходный источник знаний</i> | <i>целевой источник знаний</i> |
|                             | автономный                      | не рассматривается             |

**Result in DSS:** новое знание, полученное из данных (информации); новый динамический источник знаний

**Result in ontology terms:** новая онтология нового типа

|                     |                                 |                                |
|---------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| <b>Post-states:</b> | <i>исходный источник знаний</i> | <i>целевой источник знаний</i> |
| Структура:          | сохранена                       | новая                          |
| Автономность:       | автономный                      | неавтономный                   |

**DSS phase:** порождение прикладного контекста

**Name:** плоская интеграция

**Problem:** предоставление ЛПП множества альтернативных решений

**Solution:** решение задач, для которых ЛПП должен найти решения, как задачи удовлетворения ограничений

**Initial knowledge source(s):** прикладной контекст

**Target knowledge source(s):** источник знаний, соединяющий прикладной контекст с множеством альтернативных решений

|                             |                                 |                                |
|-----------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| <b>Autonomy pre-states:</b> | <i>исходный источник знаний</i> | <i>целевой источник знаний</i> |
|                             | неавтономный                    | не рассматривается             |

**Result in DSS:** новый источник знаний нового (не онтологического) типа; решение задачи

**Result in ontology terms:** новый источник знаний, интегрирующий онтологические и неонтологические знания

|                     |                                 |                                |
|---------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| <b>Post-states:</b> | <i>исходный источник знаний</i> | <i>целевой источник знаний</i> |
| Структура:          | изменена                        | не рассматривается             |
| Автономность:       | не рассматривается              | автономный                     |

**DSS phase:** генерация решений

**Name:** адаптация

**Problem:** приобретение новых возможностей (компетенций) объектом знаний

**Solution:** адаптация сети ресурсов к текущим условиям

**Initial knowledge source(s):** источник знаний, представляющий решение; профили исполнителей

**Target knowledge source(s):** источник знаний, представляющий решение; профили исполнителей

|                             |                                 |                                |
|-----------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| <b>Autonomy pre-states:</b> | <i>исходный источник знаний</i> | <i>целевой источник знаний</i> |
|                             | неавтономный                    | неавтономный                   |

**Result in DSS:** новые возможности (компетенции)

**Result in ontology terms:** новые элементы онтологии

|                     |                                 |                                |
|---------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| <b>Post-states:</b> | <i>исходный источник знаний</i> | <i>целевой источник знаний</i> |
| Структура:          | изменена                        | изменена                       |
| Автономность:       | неавтономный                    | неавтономный                   |

**DSS phase:** генерация решений

**Name:** историческая интеграция

**Problem:** выявление новых отношений между знаниями

**Solution:** сравнительный анализ архивированных контекстов, индуктивный вывод

**Initial knowledge source(s):** прикладные контексты

**Target knowledge source(s):** прикладная онтология

|                             |                                 |                                |
|-----------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| <b>Autonomy pre-states:</b> | <i>исходный источник знаний</i> | <i>целевой источник знаний</i> |
|                             | неавтономный                    | автономный                     |

**Result in DSS:** новые знания об изначально несвязанных объектах; новое формализованное знание

**Result in ontology terms:** новые элементы онтологии для представления нового знания о концептуальной структуре

|                     |                                 |                                |
|---------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| <b>Post-states:</b> | <i>исходный источник знаний</i> | <i>целевой источник знаний</i> |
| Структура:          | сохранена                       | изменена                       |
| Автономность:       | неавтономный                    | автономный                     |

**DSS phase:** управление архивированными знаниями

## Литература

- Baldauf M., Dustdar S., Rosenberg F. A survey on context-aware systems // *Int. J. Ad Hoc Ubiquitous Comput.* 2007. Vol. 2, no. 4. P. 263–277.
- Miraoui M., Tadj C., Amar C. Architectural survey of context-aware systems in pervasive computing environment // *Ubiquitous Computing and Communication Journal.* 2008. Vol. 3, no. 3. P. 68–76.
- Hong J.-y., Suh E.-h., Kim S.-J. Context-aware systems: A literature review and classification // *Expert Syst. Appl.* 2009. Vol. 36. P. 8509–8522.
- Perera C., Zaslavsky A., Christen P., Georgakopoulos D. Ca4iot: Context awareness for internet of things // *IEEE Intern. Conf. Internet of Things (iThing)* (Besanon, France, November 2012). 2012. P. 775–782.
- Makris P., Skoutas D., Skianis C. A survey on context-aware mobile and wireless networking: On networking and computing environments' integration // *Communications Surveys Tutorials.* IEEE, 2012. Vol. PP, no. 99. P. 1–25.
- Context-aware systems and applications; eds. by P.C. Vinh, N.M. Hung, N.T. Tung, J. Suzuki (First International Conference, ICCASA 2012, Ho Chi Minh City, Vietnam, November 26-27, 2012, Revised Selected Papers). *Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering.* Vol. 109. Berlin Heidelberg: Springer, 2013. 358 p.
- Scherl R., Ulery D.L. Technologies for army knowledge fusion. Final report, Monmouth: Monmouth University, Computer Science Department, West Long Branch; 2004 Sep., Report No. ARL-TR-3279.
- Alun P., Hui K., Gray A., Marti P., Bench-Capon T., Cui Z., Jones D. Kraft: an agent architecture for knowledge fusion // *Int. J. Coop. Inf. Syst.* 2001. Vol. 10, no. 1–2. P. 171–195.
- Holsapple C.W., Whinston A.B. Building blocks for decision support systems // *New Directions for Database Systems*; eds. by G. Ariav, J. Clifford. Norwood: Ablex Publishing Corp., 1986. P. 66–86.
- Lee K.-R. Patterns and processes of contemporary technology fusion: the case of intelligent robots // *Asian J. Technol. Innov.* 2007. Vol. 15, no. 2. P. 45–65.
- Grebla H.A., Cenan C.O., Stanca L. Knowledge fusion in academic networks // *BRAIN: Broad Res. Artif. Intell. Neurosci.* 2010. Vol. 1, no. 2. URL: <http://www.edusoft.ro/brain/index.php/brain/article/download/60/145> (access date: 21.08.2013).
- Kuo T.-T., Tseng S.-S., Lin Y.-T. Ontology-based knowledge fusion framework using graph partitioning // *IEA/AIE 2003*; eds. by P.W.H. Chung, C.J. Hinde, M. Ali. *LNAI 2718.* 2003. P. 11–20.

13. Gou J., Yang J., Chen Q. Evolution and evaluation in knowledge fusion system // IWINAC 2005; eds. by J. Mira, J.R. Alvarez. LNCS 3562. 2005. P. 192–201.
14. Roemer M.J., Kacprzyński G.J., Orsagh R.F. Assessment of data and knowledge fusion strategies for prognostics and health management // Proc. 2001 IEEE Aerospace Conference (Big Sky, Montana, USA) 2001. Vol. 6. P. 2979–2988.
15. Laskey K.B., Costa P., Janssen T. Probabilistic ontologies for knowledge fusion // Proc. 2008 11<sup>th</sup> Intl. Conf. Information Fusion (Cologne, Germany). IEEE, 2008. URL: [http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs\\_all.jsp?amumber=4632375](http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?amumber=4632375) (access date: 21.08.2013).
16. Jonquet C., LePendu P., Falconer S. et al. NCBO Resource Index: ontology-based search and mining of biomedical resources // J. Web Semant. 2011. Vol. 9, no. 3. P. 316–324.
17. Lin L.Y., Lo Y.J. Knowledge creation and cooperation between cross-nation R&D institutes // Int. J. Electron. Bus. Manag. 2010. Vol. 8, no. 1. P. 9–19.
18. Smirnov A., Pashkin M., Chilov N., Levashova T., Haritatos F., Knowledge source network configuration approach to knowledge logistics // Int. J. Gen. Syst. 2003. Vol. 32. no. 3. P. 251–269.

**Смирнов Александр Викторович.** Заведующий лабораторией Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации Российской академии наук (СПИИРАН). Окончил Ленинградский государственный политехнический университет в 1979 году. Доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ. Автор более 350 печатных работ. Область научных интересов: управление знаниями, веб-сервисы, системы групповой поддержки принятия решений, виртуальные предприятия, управление цепями поставок. E-mail: [smir@iiias.spb.su](mailto:smir@iiias.spb.su)

**Левашова Татьяна Викторовна.** Старший научный сотрудник Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации Российской академии наук (СПИИРАН). Окончила Ленинградский электротехнический институт им. В.И. Ульянова (Ленина) в 1986 году. Кандидат технических наук. Автор около 200 печатных работ. Область научных интересов: интеллектуальные системы поддержки принятия решений, контекстно-управляемые системы, управление знаниями, управление контекстом. E-mail: [tatiana.levashova@iiias.spb.su](mailto:tatiana.levashova@iiias.spb.su)