

В.А. СТЕПАНЕНКО, А.М. КАШЕВНИК, А.В. ГУРТОВ
**КОНТЕКСТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ
КОМПЕТЕНЦИЯМИ В ЭКСПЕРТНЫХ СЕТЯХ**

Степаненко В.А., Кашевник А.М., Гуртов А.В. **Контекстно-ориентированное управление компетенциями в экспертных сетях.**

Аннотация. В настоящее время в условиях нестабильной экономики организациям крайне важно эффективно управлять кадровыми ресурсами и знаниями, которыми обладают сотрудники. Для управления знаниями кадровых ресурсов в последние годы широко применяются соответствующие информационные системы (системы управления компетенциями). Такие системы активно используются для автоматизации процесса поиска экспертов при совместном решении задач. Целью данной статьи является анализ существующих систем управления компетенциями: выявление основных сценариев использования таких систем и требований к ним, а также разработка концептуальной модели системы контекстно-ориентированного управления компетенциями в экспертных сетях. В результате анализа существующих систем был сформулирован список основных требований к системам управления компетенциями, разработана концептуальная модель системы контекстно-ориентированного управления компетенциями в экспертных сетях, а также произведена классификация видов контекста, используемого для формализации текущей ситуации в экспертной сети. В статье была предложена модель контекста в рамках которой различается: контекст участника, контекст актива и контекст проекта. Для оценки эффективности предложенной концептуальной модели системы контекстно-ориентированного управления компетенциями в экспертных сетях в статье была рассмотрена задача поиска группы экспертов с необходимым набором компетенций. Анализ показал, что при небольшом количестве экспертов в системе управления компетенциями эффективна будет классическая система, но с ростом количества экспертов предложенная система показывает лучшие результаты. Представленная в статье концептуальная модель системы контекстно-ориентированного управления компетенциями является многообещающей для использования для современных организаций как в России, так и за рубежом.

Ключевые слова: системы управления компетенциями, экспертные сети, компетенции, знания.

1. Введение. В настоящее время особую ценность для компаний представляет собой интеллектуальный капитал, которым владеют сотрудники. Это делает процесс управления человеческими ресурсами одним из ключевых для предприятия любого рода, так как управление человеческими ресурсами, организация управляет самым значимым ресурсом на сегодняшний день — знаниями. Управление человеческими ресурсами достаточно широкое понятие, включающее в себя различные процессы в компании [1-3]. Следует отметить, что под термином «управление компетенциями» подразумевается процесс менеджмента компетенций с организационной точки зрения (от англ. competence management).

Для того чтобы управлять некоторым процессом, необходимо его формализовать. Одним из возможных вариантов формализации процесса управления человеческими ресурсами является использова-

ние систем управления компетенциями как сотрудников организации, так и внешних экспертов. Таким образом, можно говорить об экспертной сети, в которой участвуют эксперты различного уровня и взаимодействуют для совместного решения задач.

В данной статье были проанализированы существующие системы управления компетенциями для производственных предприятий и образовательных учреждений. Каждая рассмотренная система служит для решения различных конкретных проблем пользователя, таких как: поиск исполнителя или группы исполнителей для выполнения проекта или отдельной задачи; помощь в развитии компетенций пользователя или поиск инвесторов для проекта. Такой спектр разнообразных систем позволяет выявить основные сценарии их использования, а также определить требования к таким системам. Выявленные общие требования и сценарии использования могут быть применены как при разработке новой системы управления компетенциями, так и при совершенствовании или внедрении уже существующей в организации.

Следует отдельно отметить термины, которые используются в статье. Под термином компетенция (competence) подразумевается совокупность знаний, навыков и коммуникативных способностей (knowledge, skill, attitude) с уровнем профессионального владения, применяемых в некотором контексте. Различают как минимум 2 вида компетенций: компетенции отдельного человека и компетенции организации в целом [4]. Компетенции отдельного человека мы будем называть «индивидуальные компетенции», компетенции всей организации — «бизнес-компетенции организации», а комбинацию различных ресурсов и навыков, которая выделяет организацию на рынке и обеспечивает ее конкурентное преимущество — «ключевая компетенция».

На основе выявленных требований и сценариев использования систем управления компетенциями была разработана концептуальная модель системы контекстно-ориентированного управления знаниями в экспертных сетях, а также классификация видов контекста, применяемого для формализации текущей ситуации в экспертной сети, разработанная на основе [5].

2. Существующие системы управления компетенциями. В этом разделе будут подробно рассмотрены системы управления индивидуальными компетенциями и компетенциями организации, такие как DeCom [4], Knome [6, 7] TENCompetence [8, 9]. Система Технопарка ИТМО [10, 11], ИМПАКТ [12-15].

DeCom — система управления компетенциями, предназначенная для производственных компаний. Модель системы состоит из 3-х модулей: модуль профиля пользователя, модуль компетенции и модуль контекста. Модуль профиля позволяет хранить информацию о пользователе

лях и пользовательских настройках (интерфейс, безопасность и т.д.). В модуле компетенций хранится модель представления компетенций в виде иерархии, основанная на стандарте IEEE RCD (Reusable Competency Definitions). Создатели DeCom расширили данный стандарт и добавили в модель представления компетенций сущности «профессиональный уровень владения» и «значимость» (или weight, позволяет определить, что выбранная компетенция более значимая для должности или выполнения проекта/задачи). Модель представления компетенций также хранит описание проектов и должностей, которые связаны с требуемыми для их выполнения компетенциями. Модуль контекста представляет собой набор элементов, реализующий следующие функции: определение местоположения пользователя; определение текущего уровня каждой из компетенций; определение возможностей для развития компетенций пользователя: сотрудники с более высоким уровнем владения данными компетенциями, которые могут стать наставниками и физически находятся рядом; ресурсы, находящиеся в компании (например, книги), а также события в компании, имеющие место в будущем (например, курсы по повышению квалификации).

DeCom была разработана для решения нескольких основных пользовательских задач. Первая задача — определение текущего уровня владения компетенциями пользователя, а также «пробелов» в своих компетенциях. DeCom помогает пользователю найти компетенции, которые ему необходимо развить для того, чтобы выполнять свою работу на высоком уровне. Система ранжирует искомые компетенции в порядке убывания приоритета, чтобы пользователь видел, на что ему стоит обратить внимание в первую очередь. Вторая задача — продвижение по карьерной лестнице. Система представляет пользователю компетенции, которыми он обладает, требуемые компетенции для должности, которая его интересует и выводит список недостающих компетенций. Третья задача — смена профиля работы. Система показывает текущий уровень компетенций пользователя и рейтинг должностей в компании, в которых разница в требуемых компетенциях минимальная. Из этого списка он может выбрать интересующую его новую сферу деятельности и развивать навыки в соответствии с информацией, данной приложением.

Требования, предъявляемые к системе DeCom авторами работы [4]:

- предоставление возможности добавления, редактирования и удаления компетенций пользователя и выявления «пробелов» в его навыках;

- предоставление возможности поиска пользователя по требуемым компетенциям;

- предоставление возможности определения уровня профессионального владения компетенцией вручную;
- предоставление возможности определения значимости компетенции для конкретной должности вручную;
- использование контекстно-зависимой информации для поиска возможностей развития компетенций пользователя с использованием информации о ресурсах компании; информации о положении пользователя в физическом пространстве; информации о предстоящих событиях в сфере обучения: о курсах, семинарах, лекциях, конференциях и так далее.

Система DeCom реализована на языке C# с использованием технологии ASP.NET, которая позволяет системе работать как на стационарных, так и на мобильных устройствах и быть независимой от используемой операционной системы. Адаптация интерфейса на устройствах обеспечивается с помощью HTML и CSS технологий.

Система управления компетенциями KnoMe используется для нахождения соответствий между запросами пользователя системы и компетенциями сотрудников, которыми они обладают в данный момент либо будут обладать в будущем. Система легко масштабируема, имеет мобильную и веб-версию.

Создатели системы указывают, что помимо концепций, приведенных в статье [6], при разработке системы KnoMe они руководствовались трёхмерной каркасной моделью целей компании (hedgehog concept): компетенции (необходимо концентрироваться на своих сильных сторонах), покупательский спрос (необходимо выстраивать экономику компании так, чтобы она приносила максимум пользы), энтузиазм (необходимо учитывать интересы сотрудников компании).

В системе приведенные выше концепты реализованы следующим образом:

- компетенции — хранение информации по компетенциям каждого сотрудника или партнера в профиле: персональные данные, данные о сертификатах и пройденных курсах, методологических и технологических навыках;
- покупательский спрос — хранение информации обо всей истории работы с покупателями (пользователями) и внутренних проектах. Информация включает в себя как описание каждого покупателя (пользователя), так и описание выполненного проекта. Проект связан с каждым сотрудником, который принимал в нем участие. Здесь же описывается его роль в проекте, и требуемые технологические навыки для выполнения задач по проекту;
- энтузиазм — хранение оценок по 2-м шкалам для каждого отдельному навыка: уровень навыка (skill level) и интерес к исполь-

зованию (interest to use it) в личном профиле. Генерирование отчетов и визуализация данных в виде облаков навыков на уровне отдельной группы сотрудников (tribes) либо компании в целом на основании данной информации.

Требования, предъявляемые к системе KnoMe авторами работы [6]:

- редактирование профиля (общей информации, информации об имеющихся сертификатах и пройденных курсах, информации о технических навыках);

- поиск информации по сотрудникам или компетенциям;

- создание отчетов по компетенциям или группам;

- аутентификация для внешних пользователей (например, через LinkedIn).

Система разработана на JavaScript. Само приложение реализовано на Node.js и REST, пользовательский интерфейс — на Angular.js, а база данных использует СУБД CoachDB и поисковый механизм ElasticSearch.

TENCompetence — это система управления компетенциями сотрудника, которая помогает ему развивать собственные навыки. Система ориентирована на поддержание обучения и развитие пользователя на протяжении всей его жизни. Концептуальная модель TENCompetence включает в себя 4 концепции: действия пользователя, образовательная сеть (практикующее сообщество или группа обучающихся людей), модель представления компетенции и учебные материалы. Эти концепции детально раскрыты ниже.

Действия пользователя представляют собой шаги, которые он предпринимает для того, чтобы достичь своей главной цели обучения: повышать или поддерживать свой профессионализм, развивать компетенции и сравнивать профессиональный уровень владения с уровнем других пользователей. Последняя цель помогает раскрыть суть второй концепции — образовательная сеть. Образовательная сеть представлена в виде группы практикующего сообщества, которое применяет компетенции в своей деятельности. Сеть необходима для того, чтобы стимулировать пользователей к развитию и сотрудничеству во время обучения. Третья концепция — модель представления компетенций — включает в себя информацию о компетенциях, описание требуемого уровня профессионального владения компетенцией для выполнения задач или решения проблем и карты компетенций — набор компетенций определенной группы практикующего сообщества. Последняя концепция — образовательные материалы — представлена в виде источников информации, описания деятельности пользователя (оценка, обучение и другая активность), а также в виде персонализированных планов профессионального обучения пользователя.

Требования к системе, предъявляемые авторами работы [8]:

- определение целевой компетенции (пользователь имеет возможность создать профиль целевой компетенции, т.е. компетенции, которую он хотел бы развить. Это, в свою очередь, является основой для формирования персонализированного профессионального плана развития пользователя);

- соотнесение имеющихся компетенций с целевой (пользователь оценивает свои имеющиеся компетенции, а затем сравнивает их с теми, что он хотел бы развить);

- определение возможностей для развития компетенций (после определения пробелов в навыках пользователя, ему необходимо найти подходящие программы развития: курсы, документы, ресурсы, и выбрать какие-либо из них);

- формирование профиля компетенций (пользователь должен иметь возможность определять и описывать профили компетенций, а также интегрировать информацию о полученных им компетенциях из различных источников и документов);

- формирование персонализированного плана развития (пользователь должен иметь возможность получать какие-либо рекомендации, сформированные на основании информации об уже имеющихся в системе персонализированных планах профессионального развития других пользователей).

Система TENCompetence является клиент-серверным приложением. Клиентская часть разработана на платформе Eclipse Rich Client Platform, что дает возможность системе быть независимой от операционных систем. Сервер TENCompetence развернут на сервере приложений Tomcat, а база данных расположена на сервере MySQL.

Технопарк Университета ИТМО представляет собой объединение различных компаний, называемых резидентами, в одно сообщество при университете ИТМО. В университете существует единая система управления компетенциями резидентов Технопарка, реализованная для того, чтобы наглядно представлять компетенции резидентов потенциальным инвесторам либо заказчикам, которые хотят найти подходящего кандидата для выполнения поставленных задач. Система позволяет хранить информацию о резидентах в их личных профилях: общая информация, имеющиеся компетенции, профессиональный уровень владения компетенциями, свидетельства о получении компетенции. Компетенции в системе представлены в виде иерархии. Также в системе представлена возможность описывать задачи через требуемые для ее выполнения компетенции и профессионального уровня владения ими резидентом.

Требования к системе, предъявляемые авторами работы [10]:

- поиск резидентов по компетенциям, в результате которого будут найдены все похожие профили;
- «агрегация возможностей» — позволяет узнать все задачи, которые может выполнить искомый резидент;
- сравнение профилей задачи и резидента либо профилей двух резидентов;
- ранжирование профилей резидентов на основании наибольшего соответствия резидента задаче.

Система управления компетенциями технопарка университета ИТМО является клиент-серверным приложением. Серверная часть реализована на языке JAVA с использованием технологии Spring Framework. База данных расположена на сервере MySQL. Клиентская часть разработана с помощью технологий Spring Data JPA и Hibernate для извлечения данных и Spring MVC для представления пользовательского интерфейса.

ИМРАКТ — это интегрированная система управления кадровыми ресурсами предприятия, которая поддерживает выполнение 3-х бизнес-процессов компаний: извлечение ранжированного списка наиболее подходящих сотрудников для выполнения конкретных задач; формирование рабочей группы или команды для некоторой задачи или класса задач; и автоматическое извлечение ключевой компетенции компании. Авторы данной статьи определяют ключевую компетенцию организации как коллективный актив, являющийся результатом синергии всех человеческих ресурсов компании. Руководствуясь данным определением, исследователи представили алгоритм, который позволяет выявлять множество общих родовых объектов для сета, включающего в себя компетенции каждого сотрудника. Основной идеей данного алгоритма является выявление общей компетенции из сета профилей компетенций сотрудников компании. Для определения профилей сотрудников, которые могут войти в анализируемый сет, аналитик устанавливает соответствующий порог вхождения (например, рассматриваются только технические навыки в области информационных технологий). Более подробное описание алгоритма представлено в работе [12].

С помощью системы ИМРАКТ менеджер по персоналу описывает профиль кандидата; выполняет поиск кандидатов на должности, разделяя требуемые компетенции на обязательные и желаемые; получает ранжированную информацию по кандидатам, а также пояснения по полученной информации.

Система ИМПАКТ позволяет хранить профили сотрудников в формате, удобном для построения логических выводов с использованием SQL-запросов к реляционной базе данных отображенной в базу знаний ИМПАКТ. Система ИМПАКТ основывается на использовании разработанной авторами [12] онтологии, которая включает в себя около 5000 концептов, отображающих как технические, так и дополнительные компетенции сотрудника или кандидата. Под техническими компетенциями подразумеваются знания сотрудника/кандидата на должность о конкретных технологиях и инструментах, в то время как к дополнительным навыкам относятся способности к взаимодействию и коммуникации.

Подбор сотрудника с учетом обязательных и желаемых требований (matchmaking) проводится в два этапа: сначала поиск сотрудников, полностью удовлетворяющих обязательным требованиям (Strict Match), а затем на основании полученных результатов поиск по желаемым требованиям (Soft Match).

Требования, предъявляемые к системе ИМПАКТ авторами работы [12]:

- хранение информации о компетенциях сотрудников;
- предоставление возможности поиска кандидатов рекрутером (с учетом обязательных и желаемых требований);
- поиск и ранжирование кандидатов по наилучшему соответствию запросу;
- просмотр профиля каждого предложенного сотрудника;
- пояснение результата ранжирования;
- назначение более чем одной задачи группе сотрудников;
- определение ключевой компетенции компании (по любому критерию, определенному в онтологии).

Каждое описание задачи состоит из трех элементов: знания, требуемые для выполнения задачи, набор временных ограничений и число членов команды. Процесс создания команды рассматривает все возможные варианты компоновки/создания/сочетания членов команд как равновозможные. В случае, если найти команду, полностью удовлетворяющую запросу, невозможно, то система возвращает результат с командой, которая наиболее полно удовлетворяет запросу.

Система ИМПАКТ реализована на языке JAVA и использует JENA API для доступа к онтологии и Pellet Reasoner. Для хранения используется БД PostgreSQL.

Выявленные в процессе анализа рассмотренных систем управления компетенциями были систематизированы в виде сводной табли-

цы (таблица 1), в которой показаны основные сценарии использования системы управления компетенциями, соответствующие им требования, которые должны быть учтены для поддержки этих сценариев, а также выделенные сущности, которые должны быть отражены в концептуальной модели управления компетенциями.

Таблица 1. Соответствие выявленных требований сценариям использования

Сценарии использования	Требования к системе	Сущности концептуальной модели
1. Управление профилем пользователя / организации. 2. Управление компетенциями пользователя / организации в профиле.	–Хранение информации о пользователе / организации и его / ее компетенциях. –Управление информацией профиля. –Формирование персонализированного плана профессионального развития пользователя. –Выявление ключевой компетенции организации.	Пользователь; компетенция (с атрибутами навыка, знания, коммуникативные способности, профессиональный уровень владения), план профессионального развития.
3. Управление проектами.	–Хранение описания задач и компетенций в единой онтологии. –Разграничение прав доступа. –Поиск команды или отдельных пользователей во внешней среде.	Проект, задача (с атрибутами: требуемая обязательная компетенция, требуемая желаемая компетенция), компетенция.
4. Определение текущего профессионального уровня владения компетенциями пользователя / организации.	–Хранение информации о пользователе / организации и его / ее компетенциях. –Периодическая переоценка компетенций пользователя / организации. –Хранение онтологии компетенций вместе с описанием бизнес-процессов организации. –Выявление компетенций пользователя на основании бизнес-процессов организации и выполненных ранее им задач.	Пользователь, компетенция (с атрибутом «уровень профессионального владения»), сертификат (подтверждающий владение компетенцией)

Продолжение Таблицы 1.

<p>5. Определение недостающих компетенций.</p> <p>6. Переоценка компетенций назначенного на конкретную должность пользователя.</p> <p>7. Отслеживание профессионального развития сотрудника (по изменениям имеющихся компетенций, отображенных в системе).</p>	<p>–Хранение информации о пользователе и его компетенциях.</p> <p>–Хранение информации о минимальном наборе компетенций, необходимом для конкретной должности, задачи, рабочей группы.</p> <p>–Хранение описания задач и компетенций в единой онтологии.</p> <p>–Определение «пробелов» в компетенциях.</p> <p>–Формирование кадрового резерва.</p>	<p>Пользователь, компетенция (с атрибутом «уровень профессионального владения»), сертификат (подтверждающий владение компетенцией), задача, проект</p>
<p>8. Поиск подходящих исполнителей для задач/проектов по заданным компетенциям, необходимым для выполнения проекта.</p> <p>9. Создание ранжированных списков сотрудников, подходящих для выполнения задачи/проекта.</p>	<p>–Хранение информации о пользователе и его компетенциях.</p> <p>–Поиск подходящих исполнителей для выполнения задач/проектов по компетенциям.</p> <p>–Хранение описания задач и компетенций в единой онтологии.</p> <p>–Хранение стандарта или матрицы компетенций.</p>	<p>Пользователь, задача, проект, компетенция (с атрибутом «уровень профессионального владения»), матрица компетенций</p>

В таблице 2 приведен сравнительный анализ рассмотренных систем управления компетенциями. В качестве показателей сравнения были выбраны основные требования, приведенные для каждой из систем авторами рассмотренных работ, а также требования, выявленные в результате анализа архитектуры других систем управления компетенциями (которые, однако, не имеют на сегодняшний день рабочего прототипа) [16-19].

Таблица 2. Сравнительный анализ систем управления компетенциями

Критерий сравнения	Система управления компетенциями				
	DeCom	KnoMe	ИМПАКТ	TENCom petence	Система Технопарк а ИТМО
Требования к системам управления индивидуальными компетенциями					
Хранение информации о пользователе и его компетенциях	+	+	+	+	-
Формирование персонализированного плана профессионального развития пользователя	+	-	-	+	-
Периодическая переоценка компетенций пользователя	+	-	-	+	-
Выявление компетенций пользователя на основании бизнес-процессов организации и выполненных ранее им задач	-	-	-	-	-
Требования к системам управления бизнес-компетенциями организации					
Хранение информации об организации и ее компетенциях	-	-	+	-	+
Выявление ключевой компетенции организации	-	-	+		
Хранение онтологии компетенций вместе с описанием бизнес-процессов организации	(автоматически)	-	+		
Формирование кадрового резерва	(вручную)				
Общие требования					
Поиск подходящих исполнителей для выполнения задач/проектов по компетенциям.	+	+	+	+	+
Управление информацией профиля	+	+	+	+	+
Хранение стандарта или матрицы компетенций	+	+	-	-	-
Хранение описания задач и компетенций в единой онтологии	+	+	+	-	+

Продолжение таблицы 2.

Разграничение прав доступа	+	+	+	+	+
Определение «пробелов» в компетенциях	+	-	-	+	-
Поиск команды или отдельных пользователей во внешней среде	-	+	-	-	-
Модель компетенций, поддерживающая стандарт IEEE RCD	+	-	-	-	-

Из таблицы 2 видно, что самым мощным инструментом управления компетенциями как отдельных пользователей/сотрудников, так и компаний в целом является система ИМРАКТ, которая позволяет выполнять такие задачи, как: выявление ключевой компетенции компании на основании информации о компетенциях сотрудников организации, создание команды для выполнения задач (в нескольких вариантах), назначение нескольких задач одному сотруднику, поиск сотрудников с учетом обязательных и необязательных требований.

3. Основные сценарии использования и спецификация требований для автоматизации процесса поиска экспертов. Каждая из рассмотренных выше систем была создана для решения разных задач в области управления компетенциями. Системы DeCom, KnoMe и TENCompetence решают задачи отдельного пользователя: хранение и оценка имеющихся компетенций, создание персонализированного плана развития и предоставление обучающих материалов. Наряду с этим ИМРАКТ и Система управления компетенциями Технопарка Университета ИТМО позволяют искать целые команды или организации для выполнения задач или проектов, а также выявлять компетенции организации.

На основании анализа систем управления компетенциями были выявлены основные сценарии использования для автоматизации процесса поиска экспертов, представленные ниже.

- управление профилем пользователя (добавление, редактирование, удаление общей информации о пользователе, такой как имя, фамилия или название и тому подобное, связывание компетенциями);
- управление компетенциями пользователя в профиле пользователя (добавление, редактирование, удаление имеющихся компетенций);
- управление проектами организации (добавление, редактирование, удаление, создание связей с компетенциями);
- определение текущего профессионального уровня владения имеющимися компетенциями пользователя;
- определение недостающих компетенций (для выполнения задачи/проекта, получения должности и т.п.);

- поиск подходящих исполнителей для задач/проектов по заданным компетенциям, необходимым для выполнения проекта;
- создание ранжированных списков сотрудников, подходящих для выполнения задачи/проекта;
- периодическая переоценка компетенций назначенного на конкретную должность сотрудника;
- отслеживание профессионального развития сотрудника (по изменениям имеющихся компетенций, отображенных в системе).

Нетипичными сценариями использования (уникальные для каждой отдельной системы), рассмотрены более подробно:

– формирование персонализированного плана профессионального развития пользователя. В данном сценарии использования пользователь получает рекомендации по совершенствованию своих компетенций;

– поиск информации для смены профиля работы или продвижения по карьерной лестнице. Пользователь имеет текущий список с уровнем его компетенций и рейтинг должностей в компании, разница в требуемых компетенциях с которыми минимальная. Из этого списка он может выбрать интересующую его должность и получить список навыков/компетенций, которые ему необходимо развить;

– онлайн-обучение. В данном сценарии использования пользователь имеет доступ к различным обучающим материалам (книги, электронные журналы, статьи, аудио и видео материалы, вебинары, советы профессионалов и так далее), а также методам контроля (различные тесты), что позволит ему развивать компетенции в соответствии со сформированным персонализированным планом профессионального развития, а также отслеживать свой прогресс;

– поиск сотрудника по компетенциям с учетом обязательных и желаемых требований. Другими словами, поиск должен быть гибким. Он должен позволять пользователю указывать, какие из искомым компетенций являются обязательными, а какие опциональными. Данный сценарий использования является достаточно распространенным, так как весьма сложно найти исполнителя, чей набор компетенций абсолютно точно соответствует компетенциям, необходимым для выполнения задачи;

– поиск похожей компетенции. В случае, если для развития компетенции не нашлось подходящих ресурсов — экспертов или объектов изучения, — то поиск продолжается по похожим компетенциям и связанным с ними ресурсам.

– распределение кадровых ресурсов в зависимости от типа задач: назначение одного человека на одну задачу; назначение нескольких человек на одну задачу; назначение нескольких задач на одного человека. Необходимость в таком сценарии использования продиктована следующими выявленными нюансами: (1) полное совпадение

между компетенциями сотрудников и компетенциями, требуемыми для выполнения задачи, случается крайне редко; (2) существуют такие задачи, результаты выполнения которых влияют на другие задачи, то есть выходные данные одной задачи являются входными для другой. Такие задачи лучше всего решать одному человеку. И, наконец, существуют задачи, требующие командной работы;

Аналогично на основании анализа работ в области управления компетенциями и выявленных сценариев использования были выделены следующие основные требования к системам управления индивидуальными компетенциями и компетенциями организации.

Основными требованиями к системе управления компетенциями являются следующие:

– *обеспечивать возможность управления информацией о пользователе.* Система должна обеспечивать добавление, редактирование, удаление общей информации о пользователе, такой как: личная информация, список имеющихся компетенций;

– *обеспечивать хранение следующей информации о пользователях:* профессиональные навыки; профессиональный уровень владения навыками; навыки, которые необходимо развить; пройденные программы повышения квалификации; характеристики как участника команды; результаты, достигнутые на предыдущих проектах;

– *хранить информацию о минимальном наборе компетенций, необходимом для конкретной должности, задачи, рабочей группы (стандарт или матрицу компетенций).* На основании данных стандартов или матриц система будет иметь возможность выявлять навыки, которые необходимо развить пользователю;

– *хранить описание компетенций и задач для выполнения в единой онтологии.* Это требование является предпосылкой к реализации функции поиска исполнителей на задачи. Выполнение данного требования необходимо для того, чтобы не допустить ситуации при поиске, когда под двумя разными терминами подразумевается одно понятие или, наоборот, под одним термином подразумеваются различные понятия;

– *обеспечивать возможность поиска подходящих исполнителей для выполнения задач/проектов по компетенциям.* В системе должна быть реализована функция поиска исполнителя на задачу по заданным параметрам (например, поиск сотрудника, имеющего заданный набор компетенций с определенным уровнем профессионального владения; поиск сотрудника, чей профессиональный уровень владения конкретной компетенцией наивысший; или поиск не одного. А нескольких исполнителей на одну задачу, набор задач или целый проект);

– *Обеспечивать разграничение доступа к информации в зависимости от прав пользователя в системе.* Данное требование является стандартным и означает, что в системе должна быть реализована

функция разделения пользователей на группы и присвоения им определенных прав доступа, например: группа администраторов, группа исполнителей, группа работодателей (руководителей проектов, которые имеют права на размещение задач для исполнителей) и так далее.

К нестандартным требованиям к системе управления компетенциями можно отнести следующие:

– *определять «пробелы» в компетенциях пользователей на основании стандарта или матрицы компетенций (для конкретной должности или задачи)*. Реализация данного требования необходима для систем, целью которых является не только обычный поиск исполнителей на задачу, но и создание возможности формирования персонализированных планов развития пользователя в интересующих его сфере или направлении деятельности;

– *формировать персонализированный план профессионального развития пользователя и список необходимых для этого ресурсов для сокращения «пробелов» в его компетенциях*. Данное требование также в основном применимо к системам управления компетенциями, приоритетом которых является обеспечение возможности профессионального развития пользователя с помощью средств, которыми располагает организация;

– *периодически переоценивать компетенции пользователя и отслеживать прогресс их профессионального развития*. Данный функционал позволит хранить актуальную информацию о компетенциях пользователя, так как всегда существует вероятность того, что пользователь утратил компетенцию или приобрел новую (например, пользователь когда-то знал разговорный немецкий язык на уровне B1, но не использовал его в течение долгого периода, благодаря чему забыл множество слов и утратил уровень B1);

– *обеспечивать возможность искать команду или отдельных специалистов из внешней среды для привлечения их в организацию*. Данное требование актуально для систем, которые нацелены не только на создание команд из имеющихся пользователей/сотрудников, но и поиска новых ресурсов в случае, если располагаемые как-либо не удовлетворяют требованиям;

– *поддерживать стандарт IEEE RCD*. Использование уже готового описания компетенций позволит облегчить возможность интеграции имеющейся системы с другими системами;

– *хранить онтологию компетенций вместе с описанием бизнес-процессов и потоков данных компании*. Выполнение данного требования необходимо для того, чтобы иметь возможность связывать их друг с другом и облегчить выявление компетенций пользователя (см. следующий пункт);

– выявлять компетенции пользователя на основании бизнес-процессов организации, а также выполненных ранее пользователем задач, их степени сложности и шагов, предпринятых пользователем для их выполнения. Выполнение данного требования позволит наиболее точно оценивать компетенции пользователя и держать эти оценки в актуальном состоянии;

– обеспечивать возможность выявлять ключевые компетенции организации. Реализация данного требования необходима для того, чтобы организация могла понять свои сильные и слабые стороны и на основе этой информации создавать планы стратегического развития.

4. Концептуальная модель системы управления компетенциями участников экспертной сети. На основе выявленных сценариев использования и требований к автоматизации процесса поиска экспертов в экспертной сети для совместного решения ими задач была разработана концептуальная модель системы управления компетенциями в экспертной сети, представленная на рисунке 1. Основными сущностями данной концептуальной модели являются: участник экспертной сети, компетенция, компетентность, проект, задача и контекст.

Рассмотрим каждую из сущностей более детально.

Участник экспертной сети представляет собой как отдельного человека (эксперта), так и целую экспертную группу (резидента). У каждого участника есть профиль, который представляет собой модель участника в экспертной сети и содержит: личную информацию, контекст и имеющиеся компетенции.

Компетенция является совокупностью знаний, навыков, коммуникативных способностей в определенном контексте и характеризуется уровнем профессионального владения участником экспертной сети. Ее наличие может быть подтверждено свидетельством. При этом набор компетенций определяет *компетентность*, которая также может быть подтверждена свидетельством.

Задача имеет свой профиль, который представляет собой ее описание и список требуемых компетенций, необходимых для ее выполнения. Требуемые компетенции могут быть разделены на две категории: обязательные и желаемые. Обязательные компетенции — это те компетенции, без которых выполнение задачи не представляется возможным. Желаемые, в свою очередь, являются опциональным списком компетенций для данной задачи. Это означает, что при наличии всех обязательных компетенций, наличие компетенций из списка желаемых создаст претенденту на выполнение задачи конкурентное преимущество. Задача характеризуется контекстом и в зависимости от текущей ситуации в экспертной сети может иметь различный список требуемых и желательных компетенций для ее выполнения. Совокупность задач, объединенных общей тематикой, представляет собой *проект*.

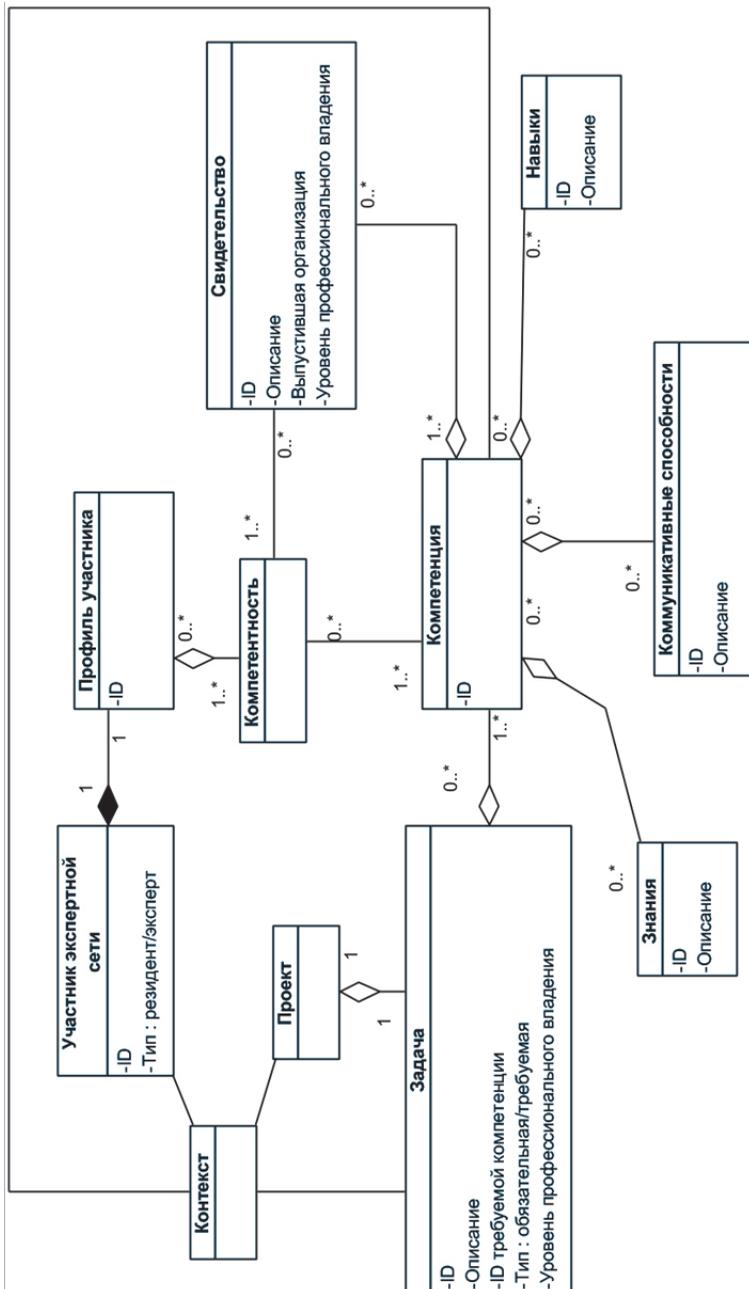


Рис. 1. Концептуальная модель системы управления компетенциями участниками экспертной сети

Контекст. Сам термин контекст имеет множество определений. Согласно работе [20], самым распространенным из них является следующий: контекст — это любая информация, которая может быть использована для описания состояния сущности. При этом существует множество различных классификаций контекста, каждая из них имеет свои преимущества и недостатки, однако ни одна из них не может в полной мере удовлетворить всем требованиям, предъявленным к системе поиска экспертов в экспертных сетях.

Согласно работе [5], контекст разделяется на следующие классы:

– пространственно-временной контекст — описывает различные аспекты, связанные с пространством и временем. Включает в себя такие атрибуты, как время, местоположение, скорость, социальную сферу и так далее;

– контекст окружения — описывает сущности, которые окружают пользователя, а именно: сервисы, температуру, свет, влажность и так далее;

– индивидуальный контекст — описывает физическое состояние пользователя (пульс, давление, вес, цвет волос, настроение, предпочтения и т.д.);

– контекст задачи — описывает задачу, которую необходимо выполнить пользователю;

– социальный контекст — содержит информацию о социальной сфере пользователя, то есть соседях, друзьях, коллегах и родственниках, а также информацию о социальной роли пользователя, например, как начальника или исполнителя, студента или преподавателя и так далее.

Основываясь на данной классификации были выделены основные сущности классификации контекста экспертной сети (рисунок 2):

– контекст участника экспертной сети: пространственно-временной контекст, индивидуальный контекст, контекст окружения и социальный контекст;

– контекст актива: пространственно-временной контекст и контекст информации;

– контекст проекта и задачи: пространственно-временной контекст и контекст информации.

Контекст участника (экспертной сети) делится на две категории: контекст эксперта и контекст резидента. Контекст эксперта включает в себя информацию об его местоположении в физическом пространстве, статусе (доступен или не доступен для работы), сфере личных интересов, устройстве доступа (например, компьютер или телефон), а также его роль в системе, определяемую правами доступа. Контекст резидента включает в себя те же атрибуты, кроме сферы интересов. Вместо этого для резидента можно определить сферу деятельности. Кроме того, резидент может владеть активами, о которых будет сказано далее.

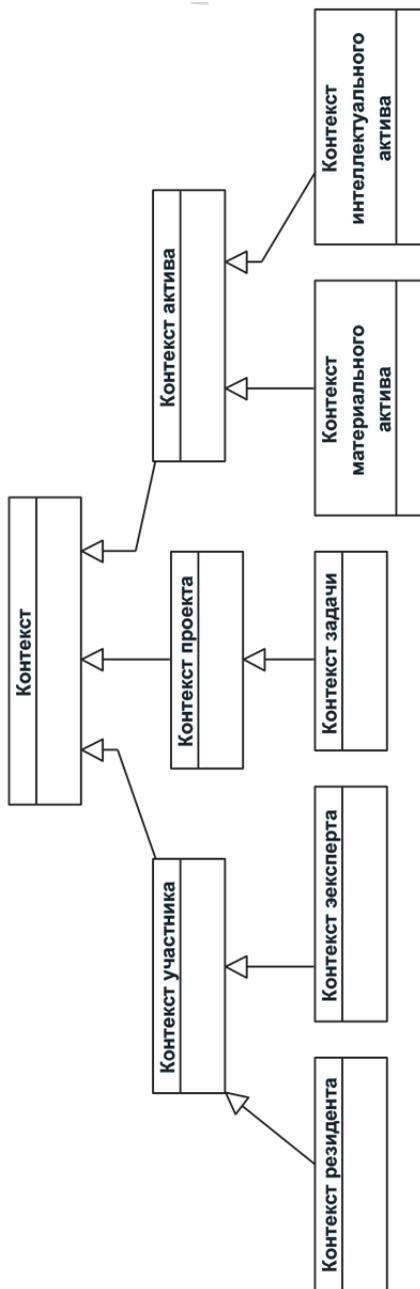


Рис. 2. Классификация видов контекста экспертной сети

Контекст участника (экспертной сети) делится на две категории: контекст эксперта и контекст резидента. Контекст эксперта включает в себя информацию об его местоположении в физическом пространстве, статусе (доступен или не доступен для работы), сфере личных интересов, устройстве доступа (например, компьютер или телефон), а также его роль в системе, определяемую правами доступа. Контекст резидента включает в себя те же атрибуты, кроме сферы интересов. Вместо этого для резидента можно определить сферу деятельности. Кроме того, резидент может владеть активами, о которых будет сказано далее.

Контекст актива представляет собой описание материальных или нематериальных ресурсов резидента. В данном случае материальные активы включают в себя предметы труда, здания, транспортные средства и так далее, а нематериальные активы представлены интеллектуальным капиталом, то есть экспертами и их компетенциями, а также сертификатами, подтверждающими наличие компетенций. Контекст интеллектуального актива может иметь атрибут «область применения». Например, участник экспертной сети, который имеет компетенцию «перевод текстов с английского языка», может переводить только технические тексты в области информационных технологий, а значит, областью применения будет «информационные технологии». Контекст свидетельства включает в себя описание времени и места выдачи данного свидетельства. Что касается материального актива, то он может быть описан такими атрибутами, как стоимость использования, местоположение, время использования (зима, лето и т.д.).

Контекст проекта наряду с *контекстом задачи* представляет собой описание области их применения (например, информационные технологии, лазерные технологии, пищевая промышленность и т.п.), а также дату начала и окончания их выполнения.

5. Оценка эффективности. Для оценки эффективности предложенной концептуальной модели системы управления компетенциями была рассмотрена задача поиска группы экспертов с требуемым набором компетенций с использованием обычной и предложенной в статье системы управления компетенциями. Критерием оценки эффективности является снижение времени поиска группы экспертов при использовании предложенной системы по сравнению с обычной. Таким образом, показателем эффективности в рассматриваемой задаче будет время поиска группы экспертов.

Экспертная сеть представлена в виде множества компетенций, которыми обладают эксперты или резиденты сети:

$$Network = (c_1, c_2, \dots, c_N),$$

где N — количество компетенций в экспертной сети.

Каждая задача, поступающая для решения в экспертную сеть, описывается в следующем виде:

$$Task = (c_1, c_2, \dots, c_M),$$

где M — количество компетенций, которыми должна обладать группа экспертов для решения задачи. Общее количество компетенций в системе всегда будет сильно больше, чем набор компетенций, требуемый для решения задачи, поэтому $N \gg M$.

На рисунках 3 и 4 показан процесс поиска экспертов и резидентов в системе управления компетенциями для задачи. На рисунке 3 используется система управления компетенциями без учета контекста, а на рисунке 4 используется разработанная контекстно-ориентированная система управления компетенциями. В первом случае необходимо перебрать всех экспертов, зарегистрированных в системе управления компетенциями, в то время как во втором случае рассматриваются только те эксперты и резиденты, которые соответствуют контексту задачи.

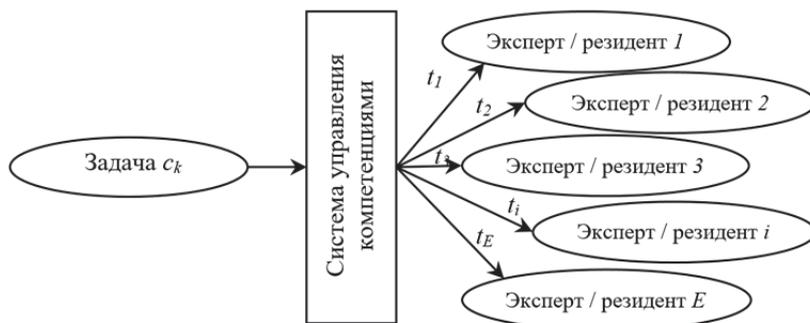


Рис. 3. Выбор экспертов для задачи c_k с использованием системы управления компетенциями без учета контекста

Время поиска группы экспертов / резидентов для задачи c_k в общем случае в системе управления компетенциями без использования контекста будет складываться из времени, затраченного на перебор всех экспертов и резидентов:

$$T_k = \sum_{i=1}^E t_i;$$

где t_i — время, затрачиваемое на проверку соответствия компетенций эксперта i для задачи c_k , а E — количество зарегистрированных экспертов / резидентов.

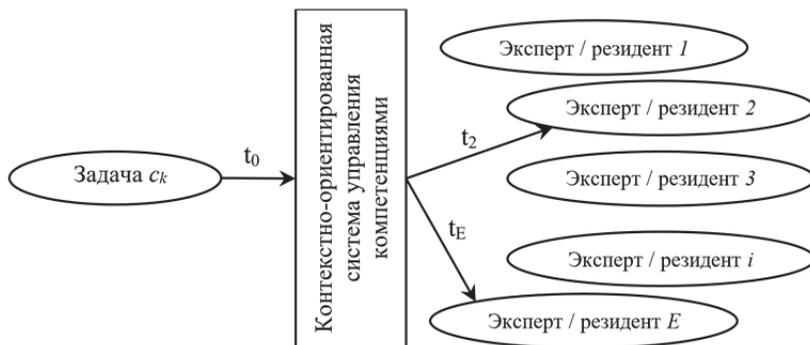


Рис. 4. Выбор экспертов для задачи c_k с использованием контекстно-ориентированной системы управления компетенциями

В случае использования контекстно-ориентированной системы управления знаниями время группы экспертов / резидентов для задачи c_k (T'_k) в общем случае будет складываться из времени формирования группы экспертов / резидентов, подходящих с учетом контекста (t_0) и времени, затраченного на перебор всех экспертов и резидентов из этой группы:

$$T'_k = t_0 + \sum_{i=1}^{E'} t_i,$$

где k — номер рассматриваемой задачи, t_i — время, затрачиваемое на проверку соответствия компетенций эксперта i для задачи c_k , t_0 — времени формирования группы экспертов / резидентов, подходящих с учетом контекста, а E' — количество экспертов / резидентов, подходящих для решения задачи c_k с учетом контекста.

В общем случае существует ситуация, при которой $E = E'$, тогда время поиска группы экспертов без использования контекста в системе управления компетенциями будет меньше, чем с использованием контекста. Такая ситуация может возникнуть в том случае, когда для решения задачи c_k необходимо привлечение всех доступных экспертов / резидентов. В реальной жизни такая ситуация маловероятна, и $E' \ll E$.

На рисунке 5 показаны графики зависимостей времени поиска группы экспертов для решения задачи от количества доступных экс-

пертов / резидентов с использованием и без использования контекста в системе управления компетенциями. При построении для наглядности было сделано допущение, что время, затрачиваемое на отбор каждого из экспертов, одинаковое и равно t_{cp} , тогда время поиска группы экспертов / резидентов для задачи c_k без использования контекста в системе управления компетенциями T будет равно:

$$T = t_{cp} E.$$

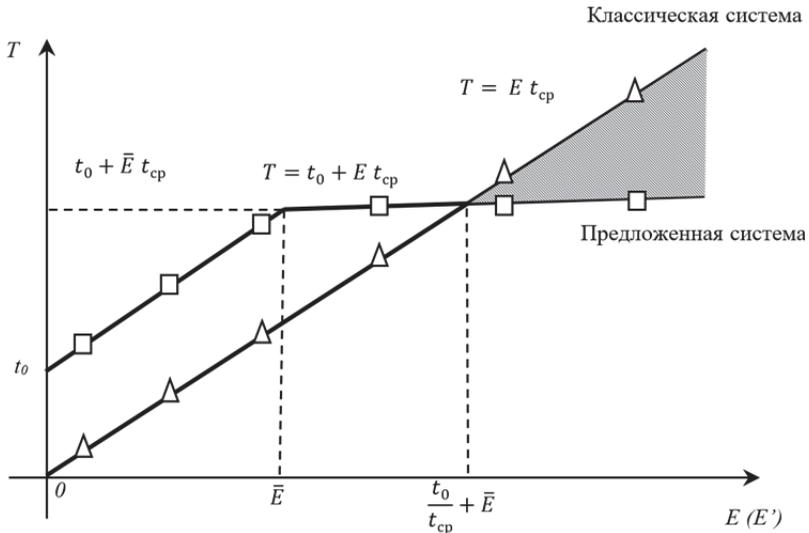


Рис. 5. Зависимость времени поиска группы экспертов для решения задачи от количества доступных экспертов / резидентов с использованием и без использования контекста в системе управления компетенциями

В случае использования контекстно-ориентированной системы управления компетенциями для задачи c_k будет сформирована группа из E' экспертов / резидентов за время t_0 , и дальнейший отбор будет осуществляться из экспертов / резидентов этой группы. Причем:

$$E' \in [1, \bar{E}],$$

где \bar{E} — это количество экспертов, участвующих в решении задачи. Причем, чем точнее контекст описывает текущую ситуацию, тем

меньше будет величина \bar{E} . Тогда для $E' < \bar{E}$ время взаимодействия участников с использованием контекста в системы управления знаниями будет определяться по формуле:

$$T = t_0 + E' t_{cp},$$

а для $N' > \bar{E}$, по формуле:

$$T = t_0 + t_{cp}.$$

6. Заключение. В статье представлен обзор существующих систем управления компетенциями в различных предметных областях, выявлены основные сценарии их использования и сформированы требования для класса систем управления компетенциями, ориентированных на автоматизацию процесса поиска группы экспертов для решения ими поставленной задачи. Сформулированные требования позволяют реализовать данные сценарии, что свидетельствует о достаточности определенного в статье набора требований для рассматриваемого класса систем. Самыми распространенными сценариями использования систем управления компетенциями являются следующие: поиск необходимого сотрудника; выявление компетенции организации; оценка имеющихся индивидуальных компетенций; выявление недостающих индивидуальных компетенций; построение индивидуального плана развития сотрудника; выявление требуемых индивидуальных компетенций; описание компетенций сотрудника и задач организации, используя единую терминологию и так далее. На основе выявленных требований была разработана концептуальная модель системы контекстно-ориентированного управления знаниями в экспертных сетях, которая объединяет выявленные положительные аспекты рассмотренных ранее моделей. Основными отличиями разработанной модели являются: поддержка требуемых и желательных компетенций при описании задачи и учет текущей ситуации в экспертной сети с использованием предложенной классификации видов контекста. При этом в рамках разработанной классификации видов контекста работе различается контекст участника, контекст актива и контекст проекта для формализации текущей ситуации в экспертной сети. Для оценки эффективности предложенной концептуальной модели системы управления компетенциями была рассмотрена задача поиска группы экспертов с требуемым набором компетенций с использованием предложенной контекстно-ориентированной системы управления компетенциями и с использованием системы управления компетенциями без использова-

ния контекста. Анализ показал, что при небольшом количестве экспертов в системе управления компетенциями эффективна будет классическая система, но с ростом количества экспертов предложенная система показывает лучшие результаты.

В качестве дальнейшей работы в данной области авторами планируется разработка архитектуры системы управления компетенциями на основе выявленных технологий и разработанной концептуальной модели, а также ее реализация и апробация.

Литература

- 1 *Miranda S., Orciuoli F., Loia V. Sampson D.* An ontology-based model for competence management // *Data & Knowledge Engineering*. 2017. vol. 107. pp. 51–66.
- 2 *Орешин А.Н., Лысанов И.Ю.* Новый метод автоматизации процессов аутентификации персонала с использованием видеопотока // *Труды СПИИРАН*. 2017. Вып. 54. С. 35–56.
- 3 *Бирюков Д.Н., Ломако А.Г., Жолус Р.Б.* Пополнение онтологических систем знаний на основе моделирования умозаключений с учетом семантики ролей // *Труды СПИИРАН*. 2016. Вып. 47. С. 105–129.
- 4 *Luis J. et al.* DeCom: A model for context-aware competence management // *Computers in Industry*. 2015. vol. 72. pp. 27–35.
- 5 *Krogstie J.* Requirement Engineering for Mobile Information Systems // *Proceedings of 7th International Conference on Requirements Specification as a Foundation for Software Quality (REFSQ'01)*. 2001. 7 p.
- 6 *Niemi E., Laine S.* Designing a Competence Management System 'Knome' for a Knowledge-Intensive Project Organization // *Proceedings of International Conference on Design Science Research in Information Systems (DESRIST 2016)*. 2016. vol. 7. pp. 217–222.
- 7 *Niemi E., Laine S.* Competence Management as a Dynamic Capability: A Strategic Enterprise System for a Knowledge-Intensive Project Organization // *Proceedings of 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS 2016)*. 2016. pp. 4252–4261.
- 8 *Kew C.* The TENCompetence Personal Competence Manager. 2007. 6 p. URL: www.ceur-ws.org/Vol-280/p08.pdf (дата обращения: 04.04.2018).
- 9 *Vogten H., Koper R., Martens H., Bruggen J.* Using the Personal Competence Manager as a complementary approach to IMS Learning Design authoring // *Interactive Learning Environments*. 2008. vol. 16. no. 1. pp. 83–100.
- 10 *Smirnov A. et al.* Competency Management System for Technopark Residents: Smart Space-Based Approach // *Internet of Things, Smart Spaces, and Next Generation Networks and Systems*. 2016. LNCS 9870. pp. 15–24.
- 11 *Gordeev B., Baraniuk O., Kshevnik A.* Web-Based Competency Management System for Technopark of ITMO University // *Proceedings of the 18th Conference of FRUCT association*. 2016. pp. 463–466.
- 12 *Colucci S., Tinelli E., Di Sciascioc E., Doninia F.M.* Automating competence management through non-standard reasoning // *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. 2011. vol. 24. no. 8. pp. 1368–1384.
- 13 *Colucci S. et al.* Measuring core competencies in a clustered network of knowledge // *Knowledge Management: Innovation, Technology and Cultures*. 2007. vol. 6. pp. 279–291.
- 14 *Tinelli E. et al.* Embedding semantics in human resources management automation via SQL // *Applied Intelligence*. 2016. vol. 46(4). pp. 952–982.

- 15 *Tinelli E. et al.* I.M.P.A.K.T.: an innovative, semantic-based skill management system exploiting standard SQL // Proceedings of the 11th International Conference on Enterprise Information Systems (ICEIS 2009). 2009. pp. 224–229.
- 16 *Miranda S., Orciuoli F., Loia V., Sampson D.* An Ontology-based Model for Competence Management // Data & Knowledge Engineering. 2017. vol. 107. pp. 51–66.
- 17 *Draganidis F., Chamopoulou P., Mentzas G.* An Ontology Based Tool for Competency Management and Learning Paths // Proceedings of 6th International Conference on Knowledge Management (I-KNOW 06). 2006. pp. 1–10.
- 18 *Tripathi K., Agrawal M.* Competency Based Management In Organizational Context: A Literature Review // Global Journal of Finance and Management. 2014. vol. 6. no. 4. pp. 349–356.
- 19 *Hintringer S., Nemetz M.* Process driven Competence Management: A Case Study at Hilti Corporation // Proceedings of 6th Conference on Professional Knowledge Management: From Knowledge to Action. 2011. pp. 287–294.
- 20 *Alegre U., Augusto J.K., Clark T.* Engineering Context-Aware Systems and Applications: A survey // The Journal of Systems & Software. 2016. vol. 117. pp. 55–83.

Степаненко Виктория Александровна — магистрант кафедры информационных систем, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики (Университет ИТМО). Область научных интересов: бизнес-аналитика, системы управления компетенциями. Число научных публикаций — 1. viktory.stepanenko@gmail.com; Кронверкский пр., 49, Санкт-Петербург, 197101; р.т.: +7(812)328-8071, Факс: +7(812)328-0685.

Кашевник Алексей Михайлович — к-т техн. наук, старший научный сотрудник лаборатории интегрированных систем автоматизации, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации Российской академии наук (СПИИРАН). Область научных интересов: управление знаниями, управление компетенциями, облачные среды, человеко-машинное взаимодействие, робототехника, профилирование, онтологии, интеллектуальные пространства. Число научных публикаций — 200. alexey@iias.spb.su; 14-я линия, 39, Санкт-Петербург, 199178; р.т.: +7(812)328-8071, Факс: +7(812)328-0685.

Гуртов Андрей Валерьевич — Ph.D., профессор, профессор кафедры компьютерных и информационных технологий, Линчepingский университет. Область научных интересов: сетевая безопасность, индустриальный интернет, кибер-физические системы. Число научных публикаций — 200. andrei.gurtov@liu.se; SE-581 83, Линчeping, Эстергетланд, Швеция; р.т.: +46 13 28 47 02.

Поддержка исследования. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 16-29-12866), бюджетной темы № 0073-2018-0002 и гранта Университета ИТМО (проект № 617038).

V.A. STEPANENKO, A.M. KASHEVNIK, A.V. GURTOV
**CONTEXT-ORIENTED COMPETENCE MANAGEMENT IN
EXPERT NETWORKS**

Stepanenko V.A., Kashevnik A.M., Gurtov A.V. Context-Oriented Competence Management in Expert Networks.

Abstract. Nowadays it is highly important for any organization to manage its resources effectively because of an unstable economy. There are two main resources of an organization: human resources and knowledge, which humans have. One of the ways for knowledge management is formalization of the competence management process by means of information systems. The choice of system depends on future use cases and system requirements. The purpose of this research is to analyze the competence management systems based on revealed common use cases and requirements. The result of the paper is a list with revealed common use cases and requirements, which could be useful for developing a new competence management system or for improving and modification an existing one. Based on the determined use cases and requirements the reference model of context-oriented competence management system in expert networks and context classification for current situation formalization have been developed. Developed reference model is oriented to take into account the current situation in the expert network. For this purposes a context model has been proposed that distinguishes participant context, active context, and project context. For the reference model efficiency estimation task for expert group search with needed competence set has been considered in the paper. In case of small amount of experts in expert network the classical system shows the better results but in case of large amount of experts the proposed system is better.

Keywords: competence management system, expert networks, competency, competence, common use cases.

Stepanenko Viktoriia Aleksandrovna — master student of information systems department, ITMO University (Saint Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics). Research interests: business analysis, competence management systems. The number of publications — 1. viktory.stepanenko@gmail.com; 49, Kronverksky pr., Saint-Petersburg, 197101, Russia; office phone: +7(812)328-8071, Fax: +7(812)328-0685.

Kashevnik Alexey Mihajlovich — Ph.D., senior researcher of computer aided integrated systems laboratory, St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of the Russian Academy of Sciences (SPIIRAS). Research interests: knowledge management, competence management, cloud computing, human-computer interaction, robotics, user profiling, ontologies, smart spaces. The number of publications — 200. alexey@iias.spb.su; 39, 14-th Line V.O., St. Petersburg, 199178, Russia; office phone: +7(812)328-8071, Fax: +7(812)328-0685.

Gurtov Andrei Valer'evich — Ph.D., professor, professor of department of computer and information science, Linköping University (LIU). Research interests: network security, industrial Internet, cyber physical systems, mobile networks, sensor networks. The number of publications — 200. andrei.gurtov@liu.se; 581 83 Linköping, Sweden; office phone: +46 13 28 47 02.

Acknowledgements. This research is supported by RFBR (grant 16-29-12866), State Research # 0073-2014-0005 and ITMO University (Project № 617038).

References

1. Miranda S., Orciuoli F., Loia V. Sampson D. An ontology-based model for competence management. *Data & Knowledge Engineering*. 2017. vol. 107. pp. 51–66.

2. Oreshin A.N., Lisanov I.Yu. [A New Method for Automation of the Personnel Authentication Process Using a Video Stream]. *Trudy SPIIRAN – SPIIRAS Proceedings*. 2017. vol. 54. pp. 35–56. (In Russ.).
3. Biryukov D.N., Lomako A.G., Zholus R.B. [Ontological Knowledge System Completion Based on Modeling Inferences Taking into Account Role Semantics]. *Trudy SPIIRAN – SPIIRAS Proceedings*. 2016. vol. 47. pp. 105–129. (In Russ.).
4. Luis J. et al. DeCom: A model for context-aware competence management. *Computers in Industry*. 2015. vol. 72. pp. 27–35.
5. Krogstie J. Requirement Engineering for Mobile Information Systems. Proceedings of 7th International Conference on Requirements Specification as a Foundation for Software Quality (REFSQ'01). 2001. 7 p.
6. Niemi E., Laine S. Designing a Competence Management System 'Knome' for a Knowledge-Intensive Project Organization. Proceedings of International Conference on Design Science Research in Information Systems (DESRIST 2016). 2016. vol. 7. pp. 217–222.
7. Niemi E., Laine S. Competence Management as a Dynamic Capability: A Strategic Enterprise System for a Knowledge-Intensive Project Organization. Proceedings of 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS 2016). 2016. pp. 4252–4261.
8. Kew C. The TENCompetence Personal Competence Manager. 2007. 6 p. Available at: www.ceur-ws.org/Vol-280/p08.pdf (accessed: 04.04.2018).
9. Vogten H., Koper R., Martens H., Bruggen J. Using the Personal Competence Manager as a complementary approach to IMS Learning Design authoring. *Interactive Learning Environments*. 2008. vol. 16. no. 1. pp. 83–100.
10. Smirnov A. et al. Competency Management System for Technopark Residents: Smart Space-Based Approach. Internet of Things, Smart Spaces, and Next Generation Networks and Systems. 2016. LNCS 9870. pp. 15–24.
11. Gordeev B., Baraniuk O., Kashevnik A. Web-Based Competency Management System for Technopark of ITMO University. Proceedings of the 18th Conference of FRUCT association. 2016. pp. 463–466.
12. Colucci S., Tinelli E., Di Sciascioc E., Doninia F.M. Automating competence management through non-standard reasoning. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. 2011. vol. 24. pp. 1368–1384.
13. Colucci S. et al. Measuring core competencies in a clustered network of knowledge. *Knowledge Management: Innovation, Technology and Cultures*. 2007. vol. 6. pp. 279–291.
14. Tinelli E. et al. Embedding semantics in human resources management automation via SQL. *Applied Intelligence*. 2016. vol. 46(4). pp. 952–982.
15. Tinelli E. et al. I.M.P.A.K.T.: an innovative, semantic-based skill management system exploiting standard SQL. Proceedings of the 11th International Conference on Enterprise Information Systems (ICEIS 2009). 2009. pp. 224–229.
16. Miranda S., Orciuoli F., Loia V., Sampson D. An Ontology-based Model for Competence Management. *Data & Knowledge Engineering*. 2017. vol. 107. pp. 51–66.
17. Draganidis F., Chamopoulou P., Mentzas G. An Ontology Based Tool for Competency Management and Learning Paths. Proceedings of 6th International Conference on Knowledge Management (I-KNOW 06). 2006. pp. 1–10.
18. Tripathi K., Agrawal M., Competency Based Management In Organizational Context: A Literature Review. *Global Journal of Finance and Management*. 2014. vol. 6. no. 4. pp. 349–356.
19. Hintringer S., Nemetz M. Process driven Competence Management: A Case Study at Hilti Corporation. Proceedings of 6th Conference on Professional Knowledge Management: From Knowledge to Action. 2011. pp. 287–294.
20. Alegre U., Augusto J.K., Clark T. Engineering Context-Aware Systems and Applications: A survey. *The Journal of Systems & Software*. 2016. vol. 117. pp. 55–83.