

В.А. Лещенко, А.И. Морозова, Л.Ю. Таран

Система представления предметно-ориентированных знаний для создания «умного» предприятия на основе интеллектуальных средств обработки и онтологических подходов

Представлена система, обеспечивающая развитие «умного» предприятия на основе новых концепций, подходов, методов и технологий. Рассмотрена общая база знаний системы, ее структура, предметное наполнение и интеллектуальные модели, под-держивающие базу знаний в актуализированном состоянии.

Ключевые слова: «умное» предприятие, развитие, система, база знаний, интеллектуальные модели, применение.

Представлено систему, що забезпечує розвиток «розумного» підприємства на основі нових концепцій, підходів, методів і технологій. Розглянуто загальну базу знань системи, її структуру, предметне наповнення та інтелектуальні моделі підтримання бази знань в актуалізованому стані.

Ключові слова: «розумне» підприємство, розвиток, система, база знань, інтелектуальні моделі, застосування.

Введение. Успешное функционирование предприятия связано с его развитием в условиях постоянно меняющихся законов хозяйствования. Это требует разработки новых подходов, методов и технологий. Умное предприятие (УП) как новая форма и инструмент управления [1] – один из таких подходов, где обязательно имеется механизм интеллектуализации его системы управления, включающий в свой состав систему накопления знаний как о процессах, так и объектах предметной области. Предполагаемая система должна уметь следить за внешней средой, извлекать знания из внешних источников, структурировать их. В данной статье рассматриваются вопросы, связанные с проектированием общей базы знаний УП, ее структуры и предметным наполнением.

Постановка задачи

Разработать систему, обеспечивающую развитие УП вследствие поступления новых знаний.

Общая база знаний

Общая база знаний предназначена для накопления знаний о концепциях, подходах, методах и технологиях, представляющих интерес разработчиков к развитию УП. Обновленные знания используются для решения задач предметной области и внутренних задач системы.

Для организации эффективной обработки знаний предлагается предметно-ориентированная структура базы. Как *предметные области* рассматривается предприятие с задачами управления: УП в целом, составные части и отдель-

ные элементы. Составными частями УП могут быть АСУ, АСУ ТП, инженерные системы, мини-заводы, мультимедийные системы, а как отдельные элементы выступают концепции, технические решения, методы, модели, технологии, программы и др. [1].

В качестве внешних источников знаний рассматриваются научные статьи, сообщения и документы, техническая документация на продукцию, описание систем и их элементов, представленных во внешних стандартах и регламентах документирования систем. Эти же стандарты и регламенты используются разрабатываемой системой как базовые понятия при формализации знаний, извлеченных из внешних источников, и для внешнего представления имеющихся в системе знаний об УП.

Процессы извлечения знаний из внешних источников, их структурирования, формализации и представления связаны с обработкой знаний с использованием подходов, методов и средств, которыми располагает теория инженерии знаний.

Извлечение знаний связано непосредственно с их источниками, в роли которых могут выступать специалисты-эксперты рассматриваемой области, или различные печатные источники, созданные в свое время специалистами.

Структурирование знаний представляет собой процесс упорядочения знаний в организованные структуры по областям и уровням.

Формализация знаний связана с выбором соответствующих форм представления этих знаний для внутренней подачи.

Представление знаний подразумевает их запись посредством формальных моделей, ориентированных на компьютерную обработку. Отличительная черта всех процессов, связанных со знаниями, – обязательное участие в них специалиста, способного не только создавать знания, но и распознавать (отбирать) и привлекать требуемые для конкретной ситуации знания, известные ему ранее или содержащиеся во внешних источниках. Автоматические средства распознавания и формализации знаний в настоящее время только создаются и массового применения еще не получили. Главными специалистами обработки знаний, куда причисляют названные процессы, являются эксперты – специалисты, владеющие знаниями о предметной области, и аналитики, владеющие соответствующими методами и технологиями инженерии знаний.

Работа со знаниями и создание моделей, их описывающих, зависят от вида источника знаний и от того, какие знания и с какой целью извлекаются. Исходя из опыта авторов этой статьи, на данном этапе развития средств инженерии знаний практичнее было бы создавать в каждом конкретном случае свою модель. По мере накопления опыта эти модели можно обобщать, приближая к идеальной общепризнанной модели. С этой целью авторами уже созданы модели извлечения и структурирования знаний с использованием коммуникативных методов, где источником знаний выступает специалист предметной области, т.е. эксперт [2], и текстологические методы, где источником знаний служит научная статья [3]. Будут еще созданы модели извлечения и представления знаний, содержащихся в печатных источниках типа интервью и в других внешних источниках, где будет учтена и максимально использована специфика внешних источников. Несмотря на то, что созданные и создаваемые авторами модели разрабатываются как автономные, они нацелены на совместную работу в рамках систем для различных ситуаций. Иногда они имеют общую методологическую основу, построены по одним и тем же принципам, используют одни и те же подходы и методы. Тогда извлеченные моделями знания всегда представляют собой

целостную систему знаний, имеющую как вербальную, так и формальную форму представления и алгоритмы преобразования форм.

Для внешнего представления целостной системы знаний используется естественный язык специалистов предметной области, а для внутреннего представления – формальные модели представления знаний в виде онтологии и известных моделей представления знаний, таких как семантические сети, фреймы, продукция и логические модели, доступные для обработки компьютером. При этом онтология обеспечивает целостность всей системы знаний и представление понятийной модели предметной области в виде понятий и их связей. Семантическая сеть раскрывает характер этих связей, в том числе и отдельных фрагментов понятийной модели с формулировкой в виде соответствующих утверждений (предложений на естественном языке), фреймы – для представления абстрактных образов как стереотипов восприятия, а продукцию и логические модели – для представления процедурных знаний. В результате компьютерные системы получают возможность строить оптимальные алгоритмы обработки формально представленных знаний и общаться со специалистами (пользователями системы) на их естественном языке при совместном решении задач проблемной области. С точки зрения разработчиков компьютерных систем такая система знаний рассматривается как модель проблемной области, одинаково понятная и воспринимаемая компьютерной системой и специалистами предметной области.

Общая схема взаимосвязи знаний внешних источников, общей системы знаний и их внутреннего и внешнего представления [1] приведена на рис. 1.

Внешнее и внутреннее представление знаний

Опишем процесс обеспечения взаимосвязи внешнего и внутреннего представления знаний [5]:

- из имеющихся внешних источников отбираем те, которые представляют интерес для УП (см. рис. 1); в данном случае – статья [1];



Рис. 1. Взаимосвязь внешнего и внутреннего представления знания об УП

- из статьи выделяем ее *структуру* (концепция УП, характерные особенности) и привязываем их к фрагментам текста статьи (*содержание* каждого раздела);

- из представленной в виде разделов статьи извлекаем интересующие нас знания в виде отдельных *утверждений* (*предложений* статьи).

- Формализуем *знания*, содержащиеся в каждом утверждении:

- по каждому утверждению строим *семантическую схему*, раскрывающую с разных сторон используемые в ней *понятия* и *связи*;

- на основании построенных семантических схем по каждому утверждению строим онтологическую схему из понятий семантических схем;

- создаем целостную понятийную модель сначала разделов, а затем всей статьи, сведя все понятия онтологических схем в единую иерархическую структуру, и вводя обобщенные понятия при необходимости объединения понятий нижних уровней;

- понятийную модель дополняем семантическими схемами, привязывая их к понятиям определенных фрагментов понятийной модели, смысловые связи которых они раскрывают;

- аналогично связываем исходные утверждения статьи, на основании которых и были сформированы как фрагменты понятийной модели, так и семантические схемы;

- в результате такой формализации знаний получаем целостную систему знаний статьи, сформулированную как на внешнем языке пользователей и разработчиков в виде законченных предложений (утверждений), так и на внутреннем языке представления знаний системы в виде понятийной и семантической моделей.

- Предварительно отметив, что общая система знаний имеет аналогичную структуру (по-

нятийная модель, фрагменты, семантические схемы, утверждения-предложения), объединяем знания статьи с общей системой знаний УП:

- понятийную модель статьи объединяем с понятийной моделью общей системы знаний УП (онтологией); при этом возможны варианты:

- ~ понятийная модель статьи полностью вписывается в общую понятийную модель как ее новый фрагмент, дополняя ее новыми знаниями об УП;

- ~ понятийная модель статьи дополняет общую понятийную модель только отдельными понятиями, так как в ней уже содержатся понятия статьи. При этом отсутствующие в общей модели понятия добавляются, понятия, которые во всем совпадают – не переносятся, а понятия, которые хоть какими-то свойствами отличаются – обобщаются новым понятием и представляют собой два его варианта значений.

- Семантическая модель статьи объединяется с семантической моделью общей системы знаний УП:

- ~ в случае, когда понятийная модель статьи полностью вписывается в общую понятийную модель как ее новый фрагмент, семантическая модель статьи также становится фрагментом общей семантической модели;

- ~ в случае, когда понятийная модель статьи дополняет общую понятийную модель только отдельными понятиями, уточняется только характер связей этих понятий с другими понятиями общей базы знаний и общих знаний статьи и, в случае их соответствия, они не добавляются. В противном случае общая семантическая модель расширяется новыми связями, описанными в семантических схемах статьи.

- Аналогично семантическим схемам утверждения-предложения статьи переносятся в общую базу знаний полностью или отдельными фрагментами со ссылкой на первоисточник.

- Для активизации, в случае необходимости, знаний статьи общая база знаний имеет соответствующие ссылки, а система знаний размещается отдельным разделом в общей базе УП со ссылкой на первоисточник.

– Дополнившие общую базу знания статьи сразу используются УП для решения как внутрисистемных задач (и для изменения структуры), так и задач предметной области.

– Представленная во внутренних стандартах общая система знаний и ее элементы могут быть описаны в тех или иных внешних стандартах, например таких, как на рис. 1, использованных в [4-7]:

- ~ общее описание (концепция системы: цель, назначение, функции, преимущества, недостатки);
- ~ структурно-функциональная модель (структурные и функциональные компоненты; процессы; технологии, алгоритмы; модели и методы, инструментарий, приложения);
- ~ организационно-технологическая модель (БД, БЗ, программы, технологии, инструкции).

• Выбор содержания и формы внешнего описания осуществляется разработчиком или пользователями УП в зависимости от поставленных целей авторов. Это может быть рекламная или техническая документация на систему, описание отдельных элементов, научная статья со ссылкой на первоисточники и др.

Применение

Отдельные моменты описанного сценария раскрываются на примере некоторых утверждений в [1] и соответствующих им семантических и онтологических схем (рис. 2).



Рис. 2. Элементы УП, представленные в концепции

Предложения статьи, содержащие интересные знания об УП и рассматриваемые в качестве утверждения, представлены на рис. 2 как

определения базовых понятий (метапонятий) концепции УП, раскрывающих точку зрения авторов. Представленные компактно, они дают целостное восприятие концепции еще и потому, что используемые авторами термины базовых понятий: *определение, предназначение, специфика, основа, составные части, обязательные элементы, внешний мир, результат деятельности, форма, концептуальные особенности и характерные черты* – привычны как для разработчиков информационных систем, так и для менеджеров предприятий.

Для отражения характера смысловых связей между понятиями, используемыми непосредственно авторами статьи, применяются так называемые *семантические схемы*, которые при последующей формализации знаний будут преобразованы в формат модели представления знаний семантическими сетями. На данном уровне углубления в проблему целесообразнее использовать приведенные схемы, больше представляющие собой фрагменты исходных утверждений статьи. Наиболее приближенные к естественному языку, они обеспечивают плавный переход от вербальной (предложения – утверждения) к формальной модели представления знаний (понятия, отношения).

Понятиями для *определения* являются УП, система, управление, бизнес-процессы, информационное пространство, а для *обязательных элементов* – ядро, система датчиков, исполнительное устройство, сеть, шлюз, приложение, система хранения данных и система взаимодействия с пользователем.

На основании утверждений статьи и их семантических и онтологических схем строится общая база для всего УП, если ее построение начинается с этой статьи. По мере появления материалов новых источников, в том числе и новых статей авторов [1], эти утверждения и схемы могут изменяться и дополняться. Тогда на любой момент времени будем иметь обновленную систему знаний и ее понятийный словарь, дающие целостное представление об УП, которое одинаково воспринимается и понимается как разработчиками УП, так и авторами первоисточников и предприятиями.

Заклучение. Предложенная система представления предметно-ориентированных знаний для создания УП на основе интеллектуальных средств обработки и онтологических подходов обеспечивает развитие такого предприятия благодаря поступлению знаний о новых концепциях, подходах, методах и технологиях. Предполагается их включение как готовых технических решений в структуру УП и немедленное использование для решения задач предметной области и внутренних задач УП. Используемая при этом проблемно-ориентированная база знаний обеспечивает накопление имеющихся знаний об УП и новых знаний. Интеллектуальные модели процессов извлечения, структурирования, формализации и представления знаний на основе интеллектуальных средств обработки и онтологических подходов обеспечивают поддержку общей системы знаний об УП в актуализированном состоянии и представление знаний во внешних и внутренних стандартах.

1. Гриценко В.И., Тимашова Л.А. Умное предприятие как новый подход к управлению // Мат-ли шк.-сем. «Теорія та практика досліджень створення розум-

них підприємств», Жукин, 6–12 лип. 2015 р., Київ, 2015. – С. 4–15.

2. *Модели извлечения и структурирования знаний* / Л.А. Тимашова, А.И. Морозова, В.А. Лещенко и др. // Индуктивне моделювання складних систем: ЗНП / Ред. В.С. Степашко. – К.: МННЦ ІТ та С., 2015. – С. 240–258.
3. *Модель извлечения знаний об умном предприятии из научных статей* / Л.А. Тимашова, А.И. Морозова, В.А. Лещенко и др. // Мат-ли шк.-сем. «Теорія та практика досліджень створення розумних підприємств», Жукин, 6–12 лип. 2015 р., Київ, 2015. – С. 32–48.
4. Шкурба В.В., Мейтус В.Ю., Юрков В.М. Система автоматизированного проектирования АСУ // АСУ: автоматизация проектирования и моделирования. – Киев: ИК АН УССР, 1981. – С. 3–15.
5. Тур Л.П., Лещенко В.А., Сикорская В.А. Концепт-модель АСУ МТС // Там же. – С. 53–69.
6. Структурно-функциональный проект системы автоматизированного проектирования / В.В. Шкурба, В.Ю. Мейтус, В.А. Сикорская и др. // Методы проектирования АСУ. – Киев: ИК АН УССР, 1982. – С. 30–44.
7. Структурно-функциональное проектирование системы управления МТС промышленных предприятий / Л.П. Тур, В.Ф. Канцедал, В.А. Лещенко и др. // Там же. – С. 45–58.

E-mail: dep190@irtc.org.ua

© В.А. Лещенко, А.И. Морозова, Л.Ю. Таран, 2016

UDC 65.011.56

V. Leschenko, A. Morozova, L. Taran

A System for Representaion of Domain-Specific Knowledge to create “Smart” Enterprises Based on Intelligent Processing Means and Ontological Approach

Keywords: machine-building enterprise, the intelligent system, knowledge, extraction, structuring, representation, model, application.

The computer system knowledge base is presented, ensuring the development of the "smart" enterprise due to the accumulation of knowledge on the new concepts, approaches, methods and technologies of business management. Knowledge base structure is subject-oriented. A company with its objectives and "smart" enterprise (SE) as a computer system that provides automation and the intellectualization management system are considered in the role of "domains".

Update of knowledge base is performed by means of knowledge obtained from the external sources. Scientific articles, speeches, various reports and documents, technical product documentation, descriptions of the entire systems and their components provided by the external standards and regulations documenting systems may act in the role of the external sources. These standards and regulations are developed and used by the system as the basic concepts of the formalization of knowledge extracted from outside sources, and the external representation existing in the system of knowledge about the SE.

The processes of extracting knowledge from the external sources, their structuring, formalization and representation are associated with the processing of knowledge through approaches, methods and tools at the disposal of knowledge engineering. Ontology is used for the integral representation of the knowledge system. A model of extracting and structuring knowledge was developed by the authors using communicative methods, where an expert acts as a source of knowledge, and textual methods, where a scientific paper acts the role of a source of knowledge. This creates more patterns of extraction and representation of knowledge contained in the printed sources such as interviews and other external sources, taking into account their specificity. They have a common methodological framework, are built on the same principles, and share the same approaches and methods. Despite the fact, that the models are developed as independent ones, they are intended to common coordinated functioning within the systems that implement specific objectives for the different situations. Knowledge extracted by such models always constitutes a comprehensive knowledge system having both verbal and formal representation and algorithms converting one form to another.