

УДК 004.65

Построение онтологии технического сервиса в агропромышленном комплексе**В. П. Димитров, Л. В. Борисова, Б. Б. Жмайлов**

(Донской государственный технический университет)

На основании процессно-системного подхода определены пространство знаний и основные концепты области технического сервиса в агропромышленном комплексе. Предложены онтологическая модель в виде таксономической иерархии классов с помощью OWL-диаграммы и подход к формированию контентов метаданных для её описания. В качестве инструментального средства использовали платформу Protégé.

Ключевые слова: онтология, метаданные, Protégé, OWL.

Введение. Онтологическое представление знаний используется для семантической интеграции информационных ресурсов, адекватной интерпретации содержания текстовых документов и поисковых запросов, представленных на естественном языке. Онтологии являются новыми интеллектуальными средствами для поиска ресурсов в сети Интернет. Онтологию предметной области в контексте излагаемого следует рассматривать не как науку о бытии [1], а как словарь терминов, специфических для данной предметной области, вместе с совокупностью аксиом, которые обеспечивают интерпретацию и правильное использование этих терминов. Одним из способов описания онтологии предметной области, используемым в исследовательских системах, является представление её в форме тезауруса предметной области [2—5]. Онтология должна обеспечивать такое представление понятий и отношений между ними, на основе которого можно было бы автоматически строить внутренние хранилища данных, осуществлять навигацию по информационному пространству и организовывать содержательный поиск.

В качестве инструментального средства для построения онтологии использовали платформу Protégé. Она поддерживает два основных способа моделирования онтологий посредством редакторов Protégé-Frames и Protégé-OWL. Онтологии, построенные в Protégé, могут быть экспортированы во множество форматов, включая RDF (RDF Schema), OWL и XML Schema. Protégé широко распространена и имеет открытую, легко расширяемую архитектуру за счёт поддержки модулей расширения функциональности.

Редактор Protégé-Frames позволяет пользователям строить и заполнять онтологии, основанные на фреймах, в соответствии с OKBC (Open Knowledge Base Connectivity protocol — прикладной интерфейс программирования для доступа к базам знаний систем представления знаний). В этой модели онтология состоит из набора классов, организованных в категоризованную иерархию для представления понятий предметной области, набора слотов, связанных с классами, для описания их свойств и отношений между ними, и набора экземпляров этих классов — отдельных экземпляров понятий, которые имеют определённые значения своих свойств.

OWL (Ontology Web Language) — язык описания онтологии для семантической паутины. Язык OWL позволяет описывать классы и отношения между ними, присущие веб-документам и приложениям OWL. Он основан на более ранних языках OIL и DAML+OIL (в настоящее время является рекомендованным консорциумом Всемирной паутины). В основе языка — представление действительности в модели данных «объект — свойство». OWL пригоден для описания не только веб-страниц, но и любых объектов действительности. Каждому элементу описания в этом языке (в том числе свойствам, связывающим объекты) ставится в соответствие URI.

Описание предметной области. На основании системно-процессного подхода были установлены цели и функции, а также базовые процессы, которые являются основой

технического сервиса в агропромышленном комплексе [6]. Для организации сервиса сельхозмашин преобладающей становится система, основанная на взаимном экономическом интересе сервисных предприятий и сельских товаропроизводителей, а также на полной свободе взаимоотношений сторон, участвующих в производственном процессе. Эта система базируется на следующих принципах:

1. Ремонтное производство строится исходя из признания приоритета сельского товаропроизводителя, т. е. организация ремонта машин и оборудования ориентируется на его интересы и эффективность его производственной деятельности.
2. Ремонт машин и оборудования организуют с учётом региональных особенностей их использования.
3. Организация сервиса предполагает необходимость учёта особенностей конструктивно-технологического исполнения машин.
4. Обеспечение экономической заинтересованности в сервисе машин всех участников сельскохозяйственного производства: владельцев машин, сервисных предприятий, заводо-изготовителей машин и запасных частей к ним.
5. Соблюдение приоритета владельцев машин в выборе исполнителей ремонта.
6. Обеспечение оптимальности распределения работ по техническому обслуживанию и ремонту машин между подразделениями сервисной базы, основанной на учёте экономических, технических и организационных факторов.
7. Обеспечение оптимальных пропорций между производством новых машин, запасных частей к ним и сервисным производством.
8. Создание условий для экономической заинтересованности заводо-изготовителей в сервисе своей продукции. Предусматриваются обязательное участие предприятий — изготовителей машин и оборудования в организации фирменного ремонта, их сотрудничество с сервисными предприятиями всех уровней.

Организационная структура, размеры и функции предприятий технического сервиса АПК обусловлены работами, выполняемыми при обслуживании и ремонте машин. Анализ спектра этих работ показывает, что они могут быть как централизованными, так и децентрализованными. Часто повторяющиеся и технически несложные виды работ, не требующие специального оборудования и сложных приборов, выполняются на местах работы или хранения машин и оборудования без вывода их из эксплуатации.

Главное назначение сервисной базы АПК России — максимальное удовлетворение потребностей сельского товаропроизводителя, а также предприятий перерабатывающих отраслей АПК в поддержании и восстановлении работоспособности машин и оборудования.

Первичные производители сельскохозяйственной продукции мелкотоварного назначения (крестьянские хозяйства, семейные фермы) должны иметь собственную производственную базу для проведения несложного ремонта, технического обслуживания (ТО) тракторов, комбайнов и сельскохозяйственных машин.

Таким образом, рассматриваемая задача охватывает такие области знаний, как: сельскохозяйственная техника, ремонт, технология проведения работ, консалтинг и дистрибуция в АПК. Данную область знаний в общем виде можно описать выражением:

$$Z_{\pi} = \{D \cup DB \cup F\}, \quad (1)$$

где Z_{π} — множество объектов, содержащих явные знания в области технического сервиса сельхозмашин; D — техническая документация; DB — множество баз данных; F — множество файлов.

Из этого множества знаний можно выделить декларативную часть, которая представляет собой нормативно-техническую, нормативно-правовую документацию, а также процедурную

часть, охватывающую технологические аспекты использования сельхозмашин, проведение ремонтных и диагностических операций и т. п. Для получения единого концептуального пространства знаний в данной предметной области необходимо построить её онтологию. Это позволит реализовать бизнес-логику интеллектуальной информационной системы (ИИС) системы и информационный ресурс, учитывающий семантику обрабатываемой информации. Поэтому цель онтологии — точно описать концептуализацию, ограничивая возможные интерпретации нелогических символов логического языка для установления консенсуса в том, как описывать знания с использованием этого языка. Концептуализация рассматривается как множество неформальных правил, которые ограничивают структуру предметной области [7].

Таким образом, онтологическая модель технического сервиса в агропромышленном комплексе представляет собой набор связанных онтологий:

$$O_{ТС_апк} = \{O_{см}, O_{д}, O_{к}, O_{то}\}, \quad (2)$$

где $O_{ТС_апк}$ — онтология технического сервиса агропромышленного комплекса; $O_{см}$ — онтология сельхозмашин; $O_{д}$ — онтология дистрибуции; $O_{к}$ — онтология консалтинга; $O_{то}$ — онтология технического обслуживания.

Каждая из онтологий в (2) является иерархически организованной и последовательно расширяемой. Выделение иерархии областей знаний позволяет онтологической модели быть гибкой, создавать отдельно онтологии разных подобластей знаний, которые могут иметь разную детальность, в зависимости от потребностей их моделирования.

Под онтологией O в данной работе понимается знаковая система [7]

$$\{C, T, R, F, L, A\}, \quad (3)$$

где C — множество элементов, которые называются понятиями; T — частичный порядок на множествах C и R , задающий отношения «подкласс» и «суперкласс»; R — множество элементов, которые называются свойствами (двуместные предикаты); F — функция, которая назначает каждому элементу множества R множество элементов из множества C (с учётом их иерархии в T), к которым оно применимо (область действия, domain) и множество элементов из множества C , или литералов (экземпляров примитивных типов, таких как строки и числа), которые могут быть их значениями (область возможных значений, range); $L: \{L_C, L_R, \alpha_C, \alpha_R\}$ — множество текстовых меток L_C, L_R для понятий и отношений, которые определяют профессиональные термины организации и их соответствие: α_C — элементам множества C , α_R — элементам множества R ; A — набор аксиом онтологии — утверждений об элементах предметной области, которые считаются верными, выраженных с использованием соответствующего логического языка. Таким образом, математическая модель онтологии содержит:

- множество элементов C , которые называются «символами понятий»;
- для каждого $c \in C$ задаётся определение данного понятия на естественном языке;
- множество элементов R , которые называются «символами отношений»;
- для каждого $r \in R$ задаётся:
 - определение отношения на естественном языке;
 - список символов классов, которые называются областью определения r , записанные как $c_1 \times c_2 \times \dots \times c_n$;
 - список символов классов, которые называются областью значений r ;
 - бинарное, транзитивное, рефлексивное несимметричное отношение T , которое называется отношением наследования $C \times C$.

Для каждого символа понятия C все экземпляры, которые удовлетворяют условию: «являются экземпляром понятий C », считаются множеством экземпляров C , и данное множество обозначается как $I(C)$. Множество экземпляров согласуется с наследованием, так что

$I(c_1) \subseteq I(c_2)$, где c_1 является подклассом c_2 . Отношение символов $c_1 \times c_2 \times \dots \times c_n$ соответствует отношениям на $I(c_1) \times I(c_2) \times \dots \times I(c_n)$. Аналогично символы отношений r с областью определения c_1 и областью значений c_2 соответствуют функциям с областью определения $I(c_1)$ и областью значений $I(c_2)$. Следует отметить, что если класс c_1 является производным (наследуется) от класса c , то тогда каждый экземпляр класса c_1 также является экземпляром класса c , и, следовательно, уже на стадии онтологии известно, что словарь s применим к словарю c_1 .

Модель предметной области. Онтологическая модель в виде таксономической иерархии классов, описанной с помощью OWL-диаграммы, представлена на рис. 1. На самом верхнем уровне иерархии онтологии располагаются 4 стержневых концепта: consulting (консалтинг), maintenance (техническое обслуживание), agr_machins (сельхозмашины), distribution (организация сбыта).

Концепт consulting (консалтинг) включает в себя следующие концепты:

technology — консультации по технологиям механизированных работ и технологическому обслуживанию;

learning — обучение новой технике и технологиям;

optimisation — консультации по оптимизации состава средств механизации.

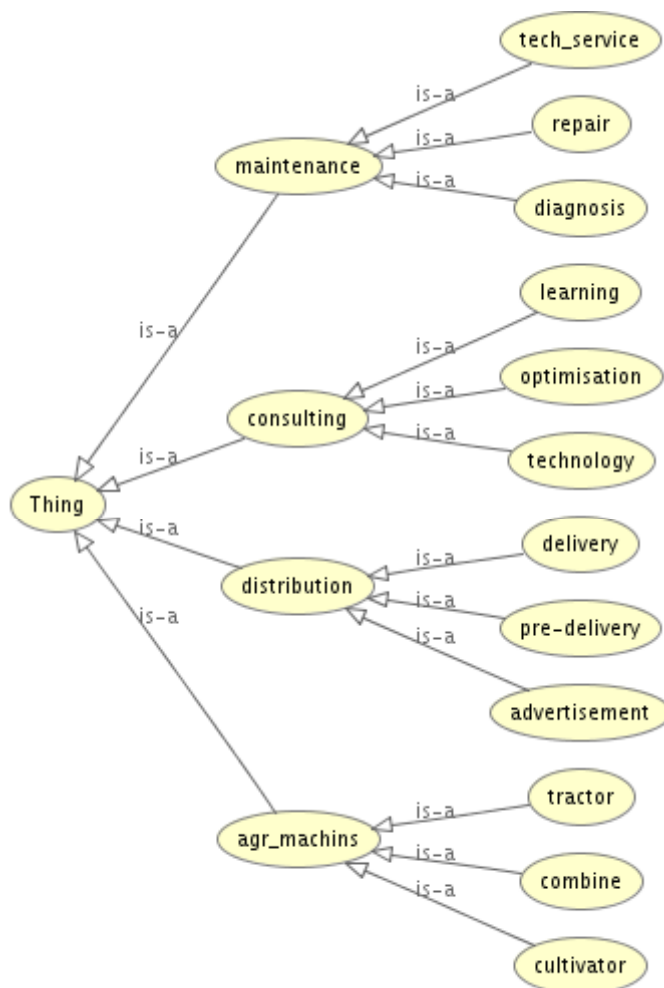


Рис. 1. OWL-диаграмма технического сервиса в агропромышленном комплексе

Концепт maintenance (техническое обслуживание) включает в себя следующие концепты:
 tech_service — техническое обслуживание;
 repair — ремонт;
 diagnosis — диагностика машин и узлов.

Концепт agr_machins (сельхозмашины) включает в себя следующие концепты:
 tractor — трактора;
 combine — зерноуборочные комбайны;
 cultivator — культиваторы.

Концепт distribution (организация сбыта) включает в себя следующие концепты:
 pre-delivery — предпродажная подготовка;
 advertisement — реклама техники;
 delivery — доставка техники или агрегатов покупателю.

На основе построенной онтологической модели (2) описание ресурса (объекта) O может быть представлено в виде набора семантических метаданных следующей структуры [8, 9]:

$$M_i = (M_{ki}(O), M_{ci}(O)), \quad (4)$$

где $M_{ki}(O)$ — это контекстные метаданные объекта знаний, описывающие взаимосвязи объекта с другими объектами и понятиями организации или литералами; $M_{ci}(O)$ — контентные метаданные ресурса, описывающие знания и информацию, содержащиеся в объекте.

Контекстные метаданные соответствуют набору значений свойств понятия $c_j \in C$, экземпляром которого является описываемый объект в онтологии, т. е.

$$M_{ki}(O) = (r_1(O_i, v_1) \vee r_2(O_i, v_2) \vee \dots \vee r_r(O_i, v_r)), \quad (5)$$

где утверждение $r_i(O_i, v_i)$ состоит из отношения $r_i \in R$, описанного в онтологии O , URI (универсального идентификатора ресурса) описываемого объекта O_i , для которого определяются метаданные и значения v_i , которые могут быть либо URI некоторого экземпляра понятий онтологии организации, либо некоторым литералом (текстом, числом, датой) в соответствии с областями определения и возможных значений свойства r_i .

Контентные метаданные $M_{ci}(O)$ описываются наборами утверждений из O , т. е. семантические метаданные объектов знаний — отношениями и понятиями из онтологии основных предметных областей знаний в виде набора кортежей:

$$M_{ci}(O) = (\{r_1(s_1, v_1), k_1\} \vee \{r_2(s_2, v_2), k_2\} \vee \dots \vee \{r_k(s_k, v_k), k_k\}), \quad (6)$$

где $\{r_i(s_i, v_i), k_i\}$ — кортеж, включающий утверждение $r_i(s_i, v_i)$ и k_i — важность данного утверждения для описания контента объекта знаний i . Утверждение $r_i(s_i, v_i)$ состоит из отношения $r_i \in R$, описанного в онтологии областей знаний, объекта s_i , которым может быть понятие онтологии $c_j \in C$ или экземпляр онтологии i (ссылка на контекстные метаданные

некоторого экземпляра онтологии) и значения v_i , которое может быть либо URI некоторого экземпляра, либо некоторым литералом (текстом, числом, датой).

Семантические метаданные логически связаны с описываемым объектом организации, содержащим знания. Семантические метаданные позволяют:

- 1) устранять лексическую многозначность терминов, используемых для описания информационных объектов;
- 2) определять соответствие между различными информационными объектами, используя онтологию.

Развитие и стандартизация семантических метаданных являются важным этапом на пути развития и распространения семантических технологий. В этом отношении можно выделить два основных направления исследований: исследования в области структуры семантических метаданных и исследования в области языков описания семантических метаданных. В настоящее время исследования в области структуры семантических метаданных связаны с различными сферами их применения. То есть структура разрабатывается с учётом конкретных типов описываемых объектов.

Семантические метаописания относят к онтологиям, при построении которой максимально учитывается семантика объектов некоторой предметной области. При этом семантические метаописания отражают не всю семантику (смысл) объекта, так же как онтология не может охватить всю описываемую ею предметную область. Отсюда вытекают определённые требования к метаописаниям, такие как:

- полнота представления знаний, закреплённых в онтологии;
- возможность использования метаописаний объектов в других системах;
- использование общепринятого стандарта, воспринимаемого другими системами.

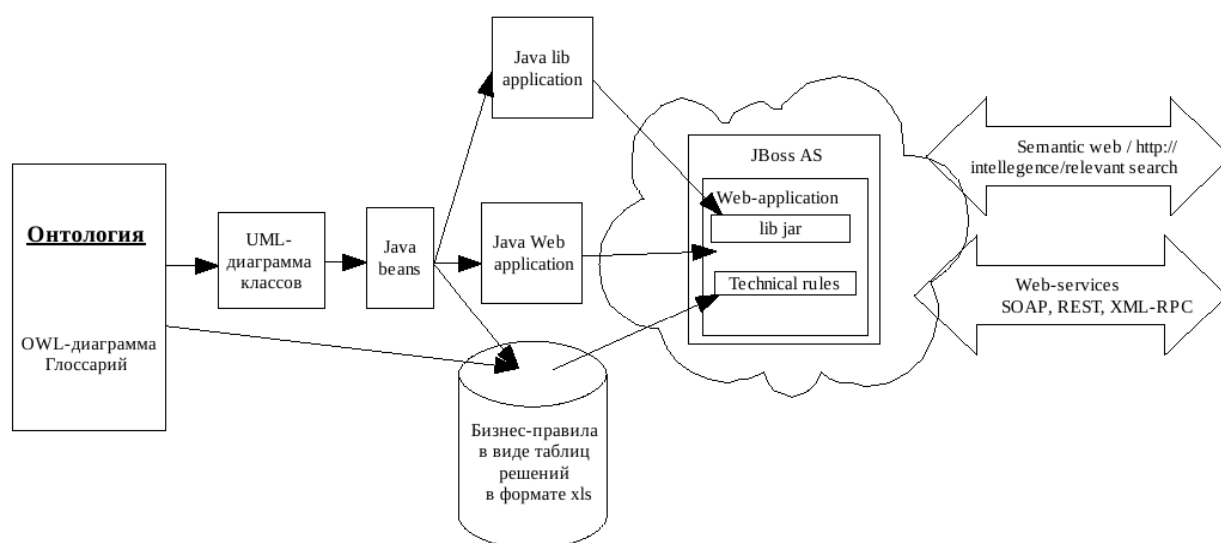


Рис. 2. Модель облачных вычислений в сервисном обслуживании технических систем АПК

Объединение единой онтологической модели знаний и моделей описаний объектов, содержащих знания, составляет онтологическую базу знаний. Использование онтологической базы знаний позволяет реализовать набор семантических методов поддержки процессов работы со знаниями организации. Эффективность работы со знаниями зависит от того, насколько каждый из этапов процесса преобразования знаний будет поддержан этими методами и соответствующим программным обеспечением.

На основе построенной онтологии нами была разработана модель системы технического сервиса в агропромышленном комплексе с использованием облачных вычислений. Реализация данной модели представлена на рис. 2. Облачные вычисления (cloud computing) — это модель обеспечения по требованию повсеместного и удобного сетевого доступа к общему пулу конфигурируемых вычислительных ресурсов (например, к сетям передачи данных, серверам, устройствам хранения данных, приложениям и сервисам — как вместе, так и по отдельности), которые могут быть оперативно предоставлены и освобождены с минимальными эксплуатационными затратами и (или) обращениями к провайдеру. В результате онтологического моделирования получены две стержневые составляющие, которые являются основой для построения модели облачных вычислений, это канонические UML-диаграммы и бизнес-правила. UML-диаграммы позволили реализовать бизнес-логику всей системы в целом на основе связи между концептами, установленными при онтологическом моделировании. Для семантической интерпретации бизнес-правил использовалась технология JBoss Drools. Бизнес-правила выполнены в виде таблиц решений с физической реализацией в файлах формата MS Excel. Эти таблицы заполнены декларативными знаниями — правилами о неисправностях, причинах их возникновения и способах устранения. В данном случае относящимся к различным системам комбайна, таким как гидросистема, АСК и т. п. Для реализации выполнения и поиска по этим правилам в системе JBoss Drools используется алгоритм Rete [10]. Так же были разработаны библиотека сущностей (beans) предметной области (Java lib) для реализации слоя бизнес-логики и веб-приложение (Web-application), которое позволяет взаимодействовать с моделью с помощью технологии Web-services, используя протокол http. Центральным звеном для реализации модели облачных вычислений (рис. 2) является сервер приложений. В задачи сервера приложений входит обеспечение функционирования машины бизнес-правил, Web-приложения, бизнес-логики и предоставление внешнего доступа для пользователей сервисов. В работе в качестве сервера приложений используется JBoss v. 5.

Заключение. Таким образом, полученная по результатам моделирования онтология предметной области может быть использована как основа для построения базы знаний. Кроме того, она включает машинно-интерпретируемые формулировки основных понятий предметной области и отношения между ними, что позволяет использовать её как исследователям в данной предметной области, так и автоматизированным системам поиска и обработки информации. Это существенно

упрощает анализ знаний в данной предметной области и даёт возможность повторного их использования.

Библиографический список

1. Кондаков, Н. И. Логический словарь / Н. И. Кондаков. — Москва: Наука, 1971. — 656 с.
2. Карпенко, А. П. Контроль понятийных знаний субъекта обучения с помощью когнитивных карт / А. П. Карпенко, Н. К. Соколов // Управление качеством инженерного образования и инновационные образовательные технологии: мат-лы междунар. науч.-метод. конф., 28—30 октября 2008 г. — Ч. 2. — Москва: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008. — С. 55—57.
3. Кудрявцев, Д. В. Организационное моделирование на основе онтологий: от бизнеса к государству / Д. В. Кудрявцев, Л. П. Григорьев // Реинжиниринг бизнес-процессов на основе современных информационных технологий. Системы управления знаниями: мат-лы X Российской науч.-практ. конф., 17—18 апреля 2007 г., Москва, 2007. — С. 151—156.
4. Learning to map between ontology's on the semantic web / A. Doan [et al.] // Proceedings to the Eleventh International World Wide Web Conference, Honolulu, Hawaii, USA, 2002. — P. 3—9.
5. Do, H. COMA — a system for flexible combination of schema matching approaches / H. Do, E. Rahm // Proceedings of the 28th VLDB Conference, Hong Kong, China, 2002. — P. 2—7.
6. Димитров, В. П. Теоретические и практические аспекты управления процессами в системе менеджмента качества / В. П. Димитров, Л. В. Борисова, Б. Б. Жмайлов. — Ростов-на-Дону: Изд. центр ДГТУ, 2009. — 186 с.
7. Тузовский, А. Ф. Онтолого-семантические модели в корпоративных системах управления знаниями: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / А. Ф. Тузовский. — Томск, 2007. — 39 с.
8. Тузовский, А. Ф. Семантические метаописания объектов в системах управления знаниями / А. Ф. Тузовский, Д. В. Бубнов // Современные средства автоматизации: мат-лы 5-й Науч.-практ. конф., 21—22 октября 2004 г. — Томск: ТУСУР, 2004. — С. 154—159.
9. Тузовский, А. Ф. Построение базы знаний организации с использованием системы онтологий / А. Ф. Тузовский, С. В. Козлов // Интеллектуальные системы (INTLS-2006): мат-лы 7-го Междунар. симпозиума, 26—30 июня 2006 г., Краснодар, 2006. — Москва: Русаки, 2006. — С. 290—294.
10. Java Rules Engine [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://legacy.drools.codehaus.org/Rete#> (дата обращения: 01.12.2011).

Материал поступил в редакцию 05.12.2011.

References

1. Kondakov, N. I. Logicheskij slovar' / N. I. Kondakov. — Moskva: Nauka, 1971. — 656 s. — In Russian.
2. Karpenko, A. P. Kontrol' ponyatijnyx znaniy sub`ekta obucheniya s pomoshh`yu kognitivny`x kart / A. P. Karpenko, N. K. Sokolov // Upravlenie kachestvom inzhenerenogo obrazovaniya i innovacionny`e obrazovatel`ny`e texnologii: mat-ly mezhhdunar. nauch.-metod. konf., 28—30 oktyabrya 2008 g. — Ch. 2. — Moskva: MGTU im. N. E` . Bauman, 2008. — S. 55—57. — In Russian.
3. Kudryavcev, D. V. Organizacionnoe modelirovanie na osnove ontologij: ot biznesa k gosudarstvu / D. V. Kudryavcev, L. P. Grigor`ev // Reinzhiniring biznes-processov na osnove sovremenny`x informacionny`x texnologij. Sistemy` upravleniya znaniyami: mat-ly` X Rossijskoj nauch.-prakt. konf., 17—18 aprelya 2007 g., Moskva, 2007. — S. 151—156. — In Russian.
4. Learning to map between ontology's on the semantic web / A. Doan [et al.] // Proceedings to the Eleventh International World Wide Web Conference, Honolulu, Hawaii, USA, 2002. — P. 3—9.

5. Do, H. COMA — a system for flexible combination of schema matching approaches / H. Do, E. Rahm // Proceedings of the 28th VLDB Conference, Hong Kong, China, 2002. — P. 2—7.

6. Dimitrov, V. P. Teoreticheskie i prakticheskie aspekty` upravleniya processami v sisteme menedzhmenta kachestva / V. P. Dimitrov, L. V. Borisova, B. B. Zhmajlov. — Rostov-na-Donu: Izd. centr DGTU, 2009. — 186 s. — In Russian.

7. Tuzovskij, A. F. Ontologo-semanticheskie modeli v korporativny`x sistemax upravleniya znaniyami: avtoref. dis. ... d-ra texn. nauk / A. F. Tuzovskij. — Tomsk, 2007. — 39 s. — In Russian.

8. Tuzovskij, A. F. Semanticheskie metaopisaniya ob`ektov v sistemax upravleniya znaniyami / A. F. Tuzovskij, D. V. Bubnov // Sovremennyye sredstva avtomatizacii: mat-ly` 5-j Nauch.-prakt. konf., 21—22 oktyabrya 2004 g. — Tomsk: TUSUR, 2004. — S. 154—159. — In Russian.

9. Tuzovskij, A. F. Postroenie bazy` znaniy organizacii s ispol`zovaniem sistemy` ontologij / A. F. Tuzovskij, S. V. Kozlov // Intellektual`ny`e sistemy` (INTLS-2006): mat-ly` 7-go Mezhdunar. simpoziuma, 26—30 iyunya 2006 g., Krasnodar, 2006. — Moskva: Rusaki, 2006. — S. 290—294. — In Russian.

10. Java Rules Engine. Electronic resource. Mode of access: <http://legacy.drools.codehaus.org/Rete#> (date of access: 01.12.2011).

BUILDING TECHNICAL SERVICE ONTOLOGY IN AGROINDUSTRIAL COMPLEX

V. P. Dimitrov, L. V. Borisova, B. B. Zhmaylov

(Don State Technical University)

Knowledge space and basic concepts of the technical service in the agroindustrial complex are determined on the basis of the process-system approach. The taxonomic class hierarchy ontological model using OWL-diagram and the approach to the metadata content generation for its representation are offered. Protégé platform has been used as an instrument.

Keywords: ontology, metadata, Protégé, OWL.