

гим, «родственным» теоретической механике, дисциплинам, таким как «Сопротивление материалов», «Прикладная механика», «Техническая механика», «Строительная механика».

Список литературы

1. URL: <http://www.teormech.ru/>
2. Хохлова О. А., Пономарева Е. В. Теоретическая механика. Статика : учеб. пособие. Астрахань : Изд-во АГТУ, 2010. 100 с.
3. Курс теоретической механики. Статика : учеб. пособие / Т. О. Невенчанная, О. А. Хохлова, Е. В. Пономарева, А. В. Хохлов. М. : МГУП им. Ивана Федорова, 2013. 188 с.
4. Программа для статического расчета плоской составной конструкции (система двух и более тел) : свидетельство об официальной регистрации № 2010614881 / Е. В. Пономарева, О. А. Хохлова, А. В. Хохлов. Зарег. в Реестре программ для ЭВМ 27.07.2010.
5. Программа для расчета основных кинематических параметров движения материальной точки : свид. об официальной регистрации № 2010614882 / Е. В. Пономарева, О. А. Хохлова, А. В. Хохлов. Заявка 2010613382 ; зарег. в реестре программ для ЭВМ 27.07.2010.

УДК 004.032.26: 658.58: 65.011.4

ПРИМЕНЕНИЕ ОНТОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ К ЗАДАЧЕ СТАНДАРТИЗАЦИИ И ХРАНЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ ОБ ОБЩЕПРОМЫШЛЕННОМ ОБОРУДОВАНИИ

Б. В. Нестеров

Волгоградский государственный технический университет (Россия)

Компетентное техническое обслуживание и ремонт – довольно нетривиальная задача. Выполняя их, сотрудники руководствуются своим опытом и знаниями, приобретенными на протяжении многих лет. Чем больше этих знаний, тем более выгодно для предприятия, которое, в свою очередь, повышает качество работ, удовлетворяя требования потребителей. В каждой организации, вне зависимости от сферы ее деятельности, осуществляется непрерывный процесс движения знаний, то есть некий процесс производства, обобщения и распространения знаний.

Проблема состоит в том, что в промышленности знания сильно фрагментированы. Единого стандарта описания промышленного оборудования не существует. В рамках данной работы было предложено и осуществлено решение этой проблемы. Исследованы и отобраны наиболее распространенные стандарты классификации общепромышленного оборудования. Проведена предварительная подготовка выбранных классификаторов. Созданы онтологии для выбранных классификаторов. Проведен процесс слияния созданных онтологий. Проведено тестирование полученной онтологии с помощью SPARQL-запросов. В итоге, на основе наиболее востребованных источников, была построена модель представления знаний об общепромышленном оборудовании. Была создана комбинированная онтология, включающая в себя около 500 классов. Результаты работы будут использованы при создании интеллектуальной системы поддержки и модернизации технических систем.

Ключевые слова: онтологии, онтологический инжиниринг, классификация, стандартизация, интеллектуальные системы, техническое обслуживание, ремонт, эксплуатация оборудования, представление знаний, общепромышленное оборудование.

Performing maintenance and repairs competently is not a trivial task. While performing them employees are guided by experience and knowledge gained by many years of practice. The more knowledge it has in its disposal, the more profitable it is for the enterprise to perform its services, because it increases the quality of the work performed. There is a constant process of movement of knowledge in every enterprise, no matter what it does – knowledge is constantly produced, collected and distributed. The problem is that knowledge in industry is very fragmented. There is no single standard for describing the industrial equipment. In this work we propose and execute the way of solving this problem. We examined and selected the most common standards of industrial equipment classification. A preprocessing of selected classifiers was performed. Created ontologies for selected classifiers. Then, created ontologies were merged in one. We tested the merged ontology using SPARQL queries. As a result we built a knowledge representation model of industrial equipment based on the most respected and common sources. A combined ontology was created which comprises about 500 classes. Results of this work will be used in creation of an intellectual system for support of technical system modernization.

Keywords: ontologies; ontological engineering; classification; standardization; intellectual systems; maintenance; repairs; equipment exploitation; knowledge representation; industrial equipment.

Введение

Одним из важнейших процессов в каждой организации, вне зависимости от рода деятельности, является процесс производства, обобщения и распространения знаний. От количества знаний зависит выгодность деятельности организации, а также ее конкурентоспособность.

Так, например, квалифицированный ремонт и техническое обслуживание являются нетривиальной задачей. Выполняя их сотрудники напрямую используют опыт и знания, накопленные на протяжении многих лет профессиональной деятельности. Поэтому от объема этих знаний зависит качество выполняемых работ, а, следовательно, и удовлетворенность клиентов.

К сожалению, знания в области промышленности сильно фрагментированы – стоит проблема стандартизации, в виду отсутствия какого-либо единого стандарта. В свою очередь, большой объем накопленной информации, хранимой в разрозненных структурах, не может быть использован в полной мере.

Данная область нуждается в стандартизации – как в целях автоматизации ремонта и технического обслуживания, так и в целях дальнейшего эффективного накопления знаний о технических системах.

Онтологическая модель представления знаний

Одним из наиболее эффективных способов хранения, управления и извлечения информации является создание онтологий.

Онтология (новолат. *ontologia* от др.-греч. ὄν род. п. ὄντος — сущее, то, что существует и λόγος — учение, наука) – это попытка всеобъемлющей

и детальной формализации некоторой области знаний с помощью концептуальной схемы. Обычно такая схема состоит из структуры данных, содержащей все релевантные классы объектов, их связи и правила (теоремы, ограничения), принятые в этой области. Этот термин в информатике является производным от древнего философского понятия «онтология».

Онтологии используются в процессе программирования как форма представления знаний о реальном мире или его части. Основные сферы применения – моделирование бизнес-процессов, семантическая паутина (англ. Semantic Web), искусственный интеллект.

Современные онтологии строятся по большей части одинаково, независимо от языка написания. Обычно они состоят из экземпляров, понятий, атрибутов и отношений.

Экземпляры (англ. instances) или индивиды (англ. individuals) – это основные, нижеуровневые компоненты онтологии. Экземпляры могут представлять собой как физические объекты (люди, дома, планеты), так и абстрактные (числа, слова). Строго говоря, онтология может обойтись и без конкретных объектов. Однако, одной из главных целей онтологии является классификация таких объектов, поэтому они также включаются.

Понятия (англ. concepts) или классы (англ. classes) – абстрактные группы, коллекции или наборы объектов. Они могут включать в себя экземпляры, другие классы, либо же сочетания и того, и другого. Классы онтологии составляют таксономию — иерархию понятий по отношению вложения.

Объекты в онтологии могут иметь атрибуты. Каждый атрибут имеет по крайней мере имя и значение и используется для хранения информации, которая специфична для объекта и привязана к нему. Значение атрибута может быть сложным типом данных.

Важная роль атрибутов заключается в том, чтобы определять отношения (зависимости) между объектами онтологии. Обычно отношением является атрибут, значением которого является другой объект.

Описание задачи построения структуры данных об общепромышленном оборудовании

Перед тем, как приступить к созданию единого представления знаний об оборудовании в виде онтологии, необходимо определиться с целями ее дальнейшего использования и источниками, из которых будет браться информация.

Создаваемая онтология будет использоваться в целях поддержки эксплуатации, обслуживания, ремонта и модернизации технических систем.

Как показал анализ, не существует единого стандарта описания общепромышленного оборудования. На сегодняшний день имеются следующие классификаторы, в состав которых входит общепромышленное оборудование:

- североамериканская система промышленной классификации (англ. North American Industry Classification System, сокр. NAICS) [6–8], которая используется для задач государств и бизнеса, классификации учреждений и

хозяйств согласно типу их экономической активности (процессу производства) в Канаде, Мексике и США;

- ОК 013-94, Общероссийский классификатор основных фондов (ОКОФ), в котором имеется разделение на материальные фонды и нематериальные. К материальным фондам относятся все объекты в комплексе с приспособлениями, которые предназначены выполнять некоторую работу. Это здания, оборудование, машины, жилища, оргтехника, транспорт, многолетние насаждения, племенной и продуктивный скот и многие другие объекты. Такие группировки образованы в основном по признаку назначения.

- в книге [11] автор представил классификацию общепромышленного оборудования.

В процессе анализа классификаторов возникла задача их объединения. Для интеграции классификаторов выполнены следующие действия:

1. Построена таксономия по классификатору общепромышленного оборудования, приведенного в [11].

2. Классификатор NAICS переведен на русский язык. По классификатору дополнена таксономия систем, относящихся к классам общепромышленного оборудования. Выполнена ее реализация в среде Protégé.

3. Разработана программа для перевода имеющегося текстового файла ОКОФ в формат OWL.

4. Произведено слияние таксономии общепромышленного оборудования и онтологии, построенной по ОКОФ группы «14 0000000 Машины и оборудование».

5. Параллельно с процессами разработки общепромышленной онтологии проводились работы по созданию онтологий для некоторых групп технических систем из классификатора, таких как:

- насосы и оборудование;
- системы вентиляции;
- дорожно-строительное оборудование;
- электротехническое оборудование и других.

Описание процесса перевода текстового файла ОКОФ в формат онтологии и слияния его с таксономией общепромышленного оборудования

Для использования ОКОФ в онтологии в качестве входных данных использован текстовый файл, содержащий в себе общероссийский классификатор (ОКОФ).

Пример структуры ОКОФ:

10 0000000 Материальные основные фонды

11 0000000 Здания (кроме жилых)

11 0001000 Здания, кроме жилых, не включенные в другие группировки

11 0001010 Здания производственного назначения, не включенные в другие группировки

Группировки объектов в ОКОФ образованы в основном по признакам назначения, связанным с видами деятельности, осуществляемыми с использованием этих объектов и производимыми в результате этой деятельности продукцией и услугами. Каждая группировка имеет код ОКОФ, состоящий из девяти знаков, и обозначает, раздел, подраздел, класс, подкласс, вид. В схеме девятизначного кода между первыми двумя знаками ставится пробел. Общая структура девятизначных кодов для образования группировок объектов в ОКОФ представлена в виде следующей схемы:

ХО 00000000 - раздел
XX 00000000 - подраздел
XX XXXX0000 - класс
XX XXXXOXX - подкласс
XX XXXXXXXX - вид.

Между вторым и третьим знаками кода ставится пробел.

Для поставленных задач использован раздел ОКОФ «14 00000000 Машины и оборудование».

В результате в качестве выходных данных получена онтология в формате OWL представлена на рис. 1.

```
<owl:Class rdf:ID="ID_КЛАССА">  
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="ID_СЫЛЯЕМОГО_КЛАСС"/>  
  <rdfs:label>ТЕКСТ КЛАССА</rdfs:label>  
</owl:Class>
```

Рис. 1. Пример структуры OWL

Автоматическое слияние онтологий рассчитано только на полное совпадение названий классов онтологий. В результате выполнения программы не найдено совпадений.

Из-за различия структур и подхода к построению ОКОФ и таксономии общепромышленного оборудования (в ОКОФ – по признакам назначения, а в таксономии общепромышленного оборудования – по типу оборудования) необходимо разработать семантическое сравнение классов и модуль оценки их схожести.

Имеющиеся классификаторы [6, 9, 10] содержат пересекающиеся множества объектов, которые имеют близкое семантическое значение. Так, например, в классификации NAICS множество объектов насосов, которые в классификаторе ОКОФ отнесены к одной группе, разделены по принципу действия.

Для применения метода латентно-семантического анализа [14] в работе необходимо составление термов, обучение системы. Так как ОКОФ изменялся последний раз еще в 1998 г. и в перспективе меняться будет не скоро, то разработка семантического сравнения не рациональна (оценка времени разработки – 3 недели). В следствии чего было принято решение сделать ручное слияние таксономий. До ручного слияния онтология содержала

878 классов, после – 487. Построенная таксономия представлена на двух языках: русском и английском. На рис. 2 представлен фрагмент объединенной онтологии общепромышленного оборудования.

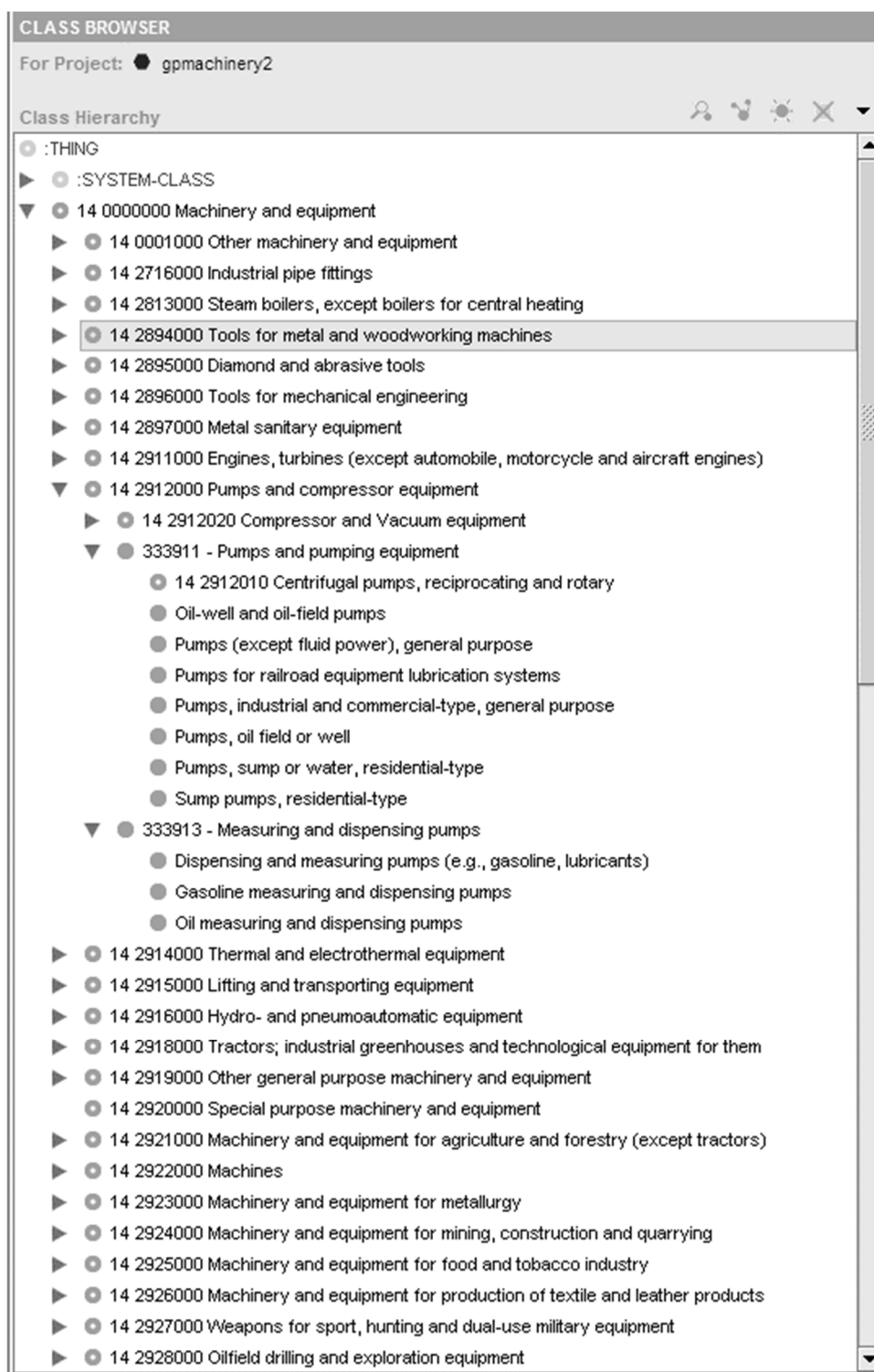


Рис. 2. Классы онтологии общепромышленного оборудования в среде Protégé

Разработанная таксономия позволит структурировать данные по общепромышленному оборудованию и разработать систему управления знаниями применительно к задачам поддержки эксплуатации, обслуживания, ремонта, прогноза развития и модернизации технических систем.

Описание онтологий по группам общепромышленного оборудования

В соответствии с задачами работы, построены модели представления знаний о промышленном оборудовании, дорожно-строительных машинах, электротехнических системах, офисном оборудовании и оргтехнике, элементах процесса его эксплуатации и методах эффективного управления эксплуатацией оборудования. Проведено построение и наполнение онтологий, сформулирован набор задач работы с ними, реализованы SPARQL-запросы для работы с ними. Проработан состав задач поддержки эксплуатации оборудования: мониторинга состояния оборудования, принятия решения о стратегиях и задачах обслуживания и ремонта технической системы, рациональном использовании ресурсов при эксплуатации оборудования на различных стадиях жизненного цикла технических систем.

Произведена апробация разработанных онтологий на предметных областях, связанных с организацией эксплуатации промышленного оборудования, дорожно-строительных машин, электротехнических систем, офисного оборудования и оргтехники, и прочих технических систем.

На рис. 3 представлена онтология оргтехники. Онтологию оргтехники можно использовать как основу в наборе инструментов для управления офисом: составлять категорию офисных оборудований на текущий день или отвечать на запросы администраторов, составлять графики заправки и обслуживания и т. д.

Онтология офисного оборудования содержит порядка 300 экземпляров и может ответить на следующие вопросы:

- Какой принтер производится компанией Epson?
- Какой принтер стоит меньше 10 000 рублей ?
- У какого принтера скорость печати более 20 стр/мин?
- Какой переплетчик производится в компании Vulros?
- У каких переплетчиков Толщина переплетаемого блока(листов) более 250 мм

В таблице 1 приведен пример SPARQL-запроса к онтологии.

Также реализованы классы онтологии различного производственного оборудования. Например, онтология вентиляционного оборудования.

Онтология может использоваться для построения инновационных цепочек для дальнейшей модернизации и усовершенствования данных систем.

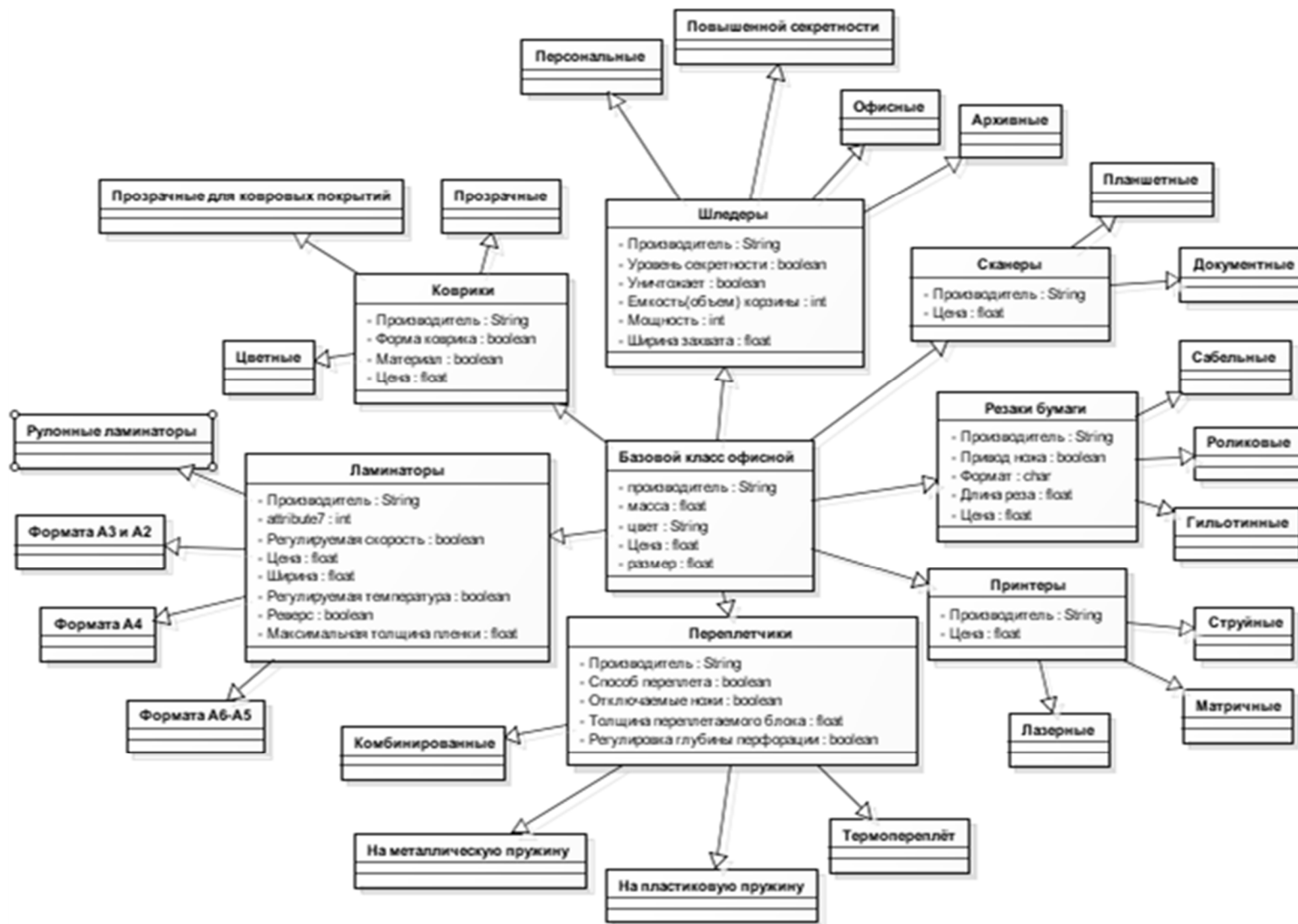
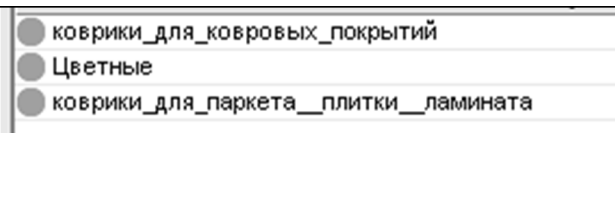


Рис. 3. Диаграмма классов онтологии оргтехники в нотации IDEF5

Пример SPARQL-запроса к онтологии

Вопрос	SPARQL-запрос	Ответ системы
Покажи классы, содержащие «Защитные напольные коврики»	<pre>SELECT ?subject ?class WHERE { ?subject rdfs:subClassOf ?class. ?class rdfs:label "Защитные напольные коврики"@en }</pre>	

Онтология вентиляционного оборудования содержит порядка 100 экземпляров классов и может отвечать на следующие вопросы:

- Какой класс промышленного вентиляционного оборудования?
- Какие характеристики у вентиляционного оборудования?
- К какому классу дефектов относится неисправность?
- Какой из параметров оборудования неисправен?
- Вид гидравлического дефекта оборудования?
- На какие виды разделяется вентиляционное оборудование?
- Какие характеристики присущи чиллерам?

Разработанная онтология позволит решать задачи диагностики вентиляционного оборудования, а также поиска необходимых вентиляционных систем по параметрам.

Результаты и выводы

В результате работы сформирована объединенная онтология общепромышленного оборудования включающая порядка 500 классов систем различного назначения. Произведено частичное наполнение некоторых классов онтологии экземплярами, проведена проверка применения онтологии для решения практических задач. Получены модели, описывающие знаний о структуре и функционировании технических систем, обеспечивающие хранение и обработку информации (данных и знаний) на протяжении жизненного цикла системы с целью поддержки их рационального, надежного и качественного функционирования; онтологические модели отраслевых систем поддержки эксплуатации оборудования (общепромышленного, дорожно-строительной техники, оргтехники, электротехники, и других).

Задачи представления знаний о технических системах для целей поддержки их обслуживания и ремонта реализованы при финансовой поддержке РФФИ (грант № 13-01- 00798_a).

Задачи представления знаний о технических системах для целей модернизации реализованы при поддержке Министерства Образования и Науки РФ, проект № 2.1917.2014К_2014 в рамках проектной части государственного задания.

Список литературы

1. Денисов М. В., Кизим А. В. Поддержка принятия решений при ведении дорожных работ и мониторинге техники // Сборник научных трудов SWorld по материалам международной научно-практической конференции. 2012. Т. 14. № 4. С. 56–60.
2. Денисов М. В., Кизим А. В., Матохина А. В., Садовникова Н. П. Repair and Maintenance Organization with the Use of Ontologies and Multi-agent Systems on the Road Sector Example // World Applied Sciences Journal (WASJ). 2013. Vol. 24, Spec. Issue 24 : Information Technologies in Modern Industry, Education & Society. P. 31–36.
3. Кизим А. В., Чиков Е. В., Мельник В. Ю., Камаев В. А. Программно-информационная поддержка технического обслуживания и ремонта оборудования с учетом интересов субъектов процесса // Информатизация и связь. 2011. № 3. С. 57–59.
4. Садовникова Н. П., Парыгин Д. С., Гнедкова Е. П., Кравец А. Г., Кизим А. В., Укустов С. С. Scenario forecasting of sustainable urban development based on cognitive model // Multi Conference on Computer Science and Information Systems 2013 (Prague, Czech Republic, July 23–26, 2013) : Proceedings of the IADIS International Conference ICT, Society and Human Beings 2013 and IADIS International Conference e-Commerce 2013 / IADIS (International Association for Development of the Information Society). [Prague], 2013. P. 115–119.
5. Кизим А. В. Организация программно-информационной поддержки методологий технического обслуживания и ремонта // Сборник научных трудов SWorld : матер. междунар. науч.-практ. конф. «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании '2012». 2012. Вып. 4, т. 12. С. 86–88.
6. Матохина А. В., Кизим А. В. Application of a Production a Network for Obtaining Information on the Reasons of Appearance of Defects and Ways of its Elimination // Research Journal of Applied Sciences. 2015. Vol. 10, No. 1. P. 1–6.
7. North American Industry Classification System (NAICS). Washington, USA: U.S. Census Bureau, 2013. URL: <http://www.census.gov/cgi-bin/sssd/naics/naicsrch?chart=2012>
8. North American Industry Classification System / Wikipedia. URL: http://en.wikipedia.org/wiki/North_American_Industry_Classification_System
9. NAICS Identification Tools | NAICS Association. – Rockaway, USA: NAICS Association, 2014. URL: <http://www.naics.com/search/>
10. Общероссийский классификатор основных фондов. Russian Classification of fixed assets / Центр по экономическим классификациям 2015. URL: <http://www.okpd.org/okofvved.htm>
11. Ящура А. И. Система технического обслуживания и ремонта энергетического оборудования. Справочник. М. : «Издательство НИЦ ЭНАС», 2006. 504 с.
12. Matokhina A. V., Kizim A. V. Application of a Production a Network for Obtaining Information on the Reasons of Appearance of Defects and Ways of its Elimination // Research Journal of Applied Sciences 10 (1): 1–6, 2015.
13. Кизим А. В. Обоснование необходимости автоматизации работ по ремонту и техническому обслуживанию оборудования // Изв. ВолгГТУ. Серия «Актуальные проблемы управления, вычислительной техники и информатики в техн. системах». Вып. 6: межвуз. сб. науч. ст. / ВолгГТУ. Волгоград, 2009. № 6. С. 118–121.
14. Deerwester Scott, Dumais Susan T., Furnas George W., Landauer Thomas K., Harshman Richard. Indexing by Latent Semantic Analysis // Journal of the American Society for Information Science. 1990. № 41 (6). P. 391–407.
15. Кизим А. В., Кравец А. Д., Кравец А. Г. Генерация интеллектуальных агентов для задач поддержки технического обслуживания и ремонта // Известия Томского политехнического университета [Тема выпуска «Управление, вычислительная техника и информатика»]. 2012. Т. 321, № 5. С. 131–134.