

# Создание онтологической модели систем автоматизированного проектирования в среде Protege 4.2

В.М. Курейчик, И.Б. Сафроненкова

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет», kur@tsure.ru, irishkin050788@mail.ru

**Аннотация** — Статья посвящена разработке онтологии предметной области «систем автоматизированного проектирования» (САПР) в среде Protege 4.2. Рассмотрены основные определения понятия онтология, приведена ее формальная структура и механизм разработки. Предложена новая онтология предметной области «САПР», включающая в себя организацию классов, определение отношений между классами, определение атрибутов элементов класса, а также определение экземпляров классов. Разработан фрагмент новой онтологической модели в среде Protege 4.2 предметной области «САПР». Принципиальным отличием данной модели является возможность формализовать предметную область САПР на основе синтеза различных уже существующих классификаций данной предметной области с возможностью ее дальнейшей модификации с использованием облачных технологий.

**Ключевые слова** — онтология, класс, слот, фацет, экземпляр, системы автоматизированного проектирования.

## I. ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия наблюдается возросший интерес к онтологиям в компьютерных и информационных науках. Онтологии становятся чрезвычайно важными в таких предметных областях как системы управления знаниями (УЗ), интегрированные информационные системы, системы информационного поиска и электронной торговли, а также САПР. Онтологическое моделирование используется для повышения эффективности поиска, структуризации и категоризации информации предметной области (ПрО) а также для управления информационным потоком и выявления закономерностей и анализа ПрО [1]. Таким образом, онтологические модели являются неотъемлемой частью при разработке систем автоматизированного проектирования. Информационные онтологии всегда создаются с конкретными целями. Например, решение задач проектирования, выбора, принятия решений, построения систем управления знаниями и т.п. При этом совместное использование людьми или программными агентами общего понимания структуры информации является одной из наиболее общих целей разработки онтологий [2].

## II. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ОНТОЛОГИИ

Томас Грубер дал одно из самых известных определений онтологии в контексте искусственного интеллекта. По Груберу онтология – эксплицитная спецификация концептуализации. В данном контексте концептуализация означает абстрактную модель некоторого понятия из окружающего мира, выражающуюся в определении свойств важных концептов и связей между ними [3-5]. Некоторые определения отражают саму методологию разработки онтологий, например онтология – это иерархически структурированное множество терминов, описывающих предметную область, которая может быть использована как исходная структура для базы знаний (БЗ). Обобщив ряд определений, можно дать следующее формальное представление структуры онтологии. Онтология – это кортеж:

$$O = \langle T, R, F \rangle,$$

где  $O$  – онтология,  $T$  – конечное множество терминов, обозначающих объекты и понятия данной ПрО,  $R$  – конечное множество отношений между понятиями ПрО,  $F$  – конечное множество функций интерпретации, заданных на концептах и/или отношениях онтологии.

Онтологии обеспечивают словарь для представления и обмена знаниями о некоторой предметной области и множество связей, установленных между терминами в этом словаре [6]. К основным структурным компонентам онтологий относят:

- классы (понятия, сущности, концепты);
- отношения;
- функции (слоты);
- аксиомы (фацеты);
- экземпляры (примеры, индивидуальности) [7].

Понятием может быть любая сущность, о которой известна какая-либо информация. Классы описывают понятия предметной области и могут включать в себя подклассы, которые представляют более конкретные понятия, чем надкласс [8]. Отношения описывают некие правила взаимодействия между понятиями ПрО. На формальном языке отношение — это пара множеств, причем упорядоченная, первая компонента

которой является подмножеством квадрата второй компоненты [9]. В отличие от понятия множества понятие отношения является определенным понятием. Запись  $r = \langle \Phi, T \rangle$  называется отношением, если  $\Phi \subseteq M^2$ , т.е.  $\Phi \subseteq M \times M$ , где  $r$  – отношение;  $\Phi$  – график отношения;  $T$  – область задания отношения, представляющая из себя неупорядоченное множество. Отношение такого типа называется бинарным. Если  $\Phi \subseteq M^k$ , то отношение называется k-арным. Отношение  $r$  с областью задания  $T$  называется отношением на множестве  $T$ . Формально отношения можно записать следующим образом:

$$R: T_1 \times T_2 \dots \times T_n,$$

где  $R$  – отношения,  $T_1, T_2, T_n$  – множество терминов, определяющих объекты и понятия ПрО.

Иными словами, под отношениями в онтологии понимается построение иерархии классов (подкласс-надкласс). Функции описывают различные свойства и атрибуты понятий (классов). Функции представляют собой частный случай отношений, для которых  $n$ -й элемент отношения однозначно определяется  $n-1$  элементами. Функция – это функциональное соответствие, т.е. соответствие с функциональным графиком.

$$F = \langle \Phi, X, Y \rangle,$$

где  $\Phi$  – функциональный график.

Функцией из множества  $X$  в множество  $Y$  называется соответствие, где каждый элемент множества  $X$  связан с единственным элементом множества  $Y$ . Другими словами, для каждого  $x \in X$  в соответствии существует ровно одна пара вида  $\langle x, y \rangle$ . Формально функции определяются следующим образом:

$$F: T_1 \times T_2 \dots \times T_{n-1} \rightarrow T_n,$$

где  $F$  – функция.

Аксиомы используются для записи высказываний, которые всегда истинны. Аксиомы (фацеты) определяют комплексные ограничения на значения атрибутов. Экземпляры относят к основным компонентам онтологии нижнего уровня, они могут представлять собой любые физические и абстрактные объекты [10 - 12].

### III. ЭТАПЫ РАЗРАБОТКИ ОНТОЛОГИИ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ

Согласно [8] процесс создания онтологической модели предметной области можно отразить в виде структурной схемы, представленной на рис. 1.

### IV. РАЗРАБОТКА ОНТОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ САПР В СРЕДЕ PROTEGE 4.2

В настоящее время для создания, поддержки и визуализации онтологий существует множество редакторов. В данной работе для разработки онтологии САПР использовался редактор Protege 4.2.

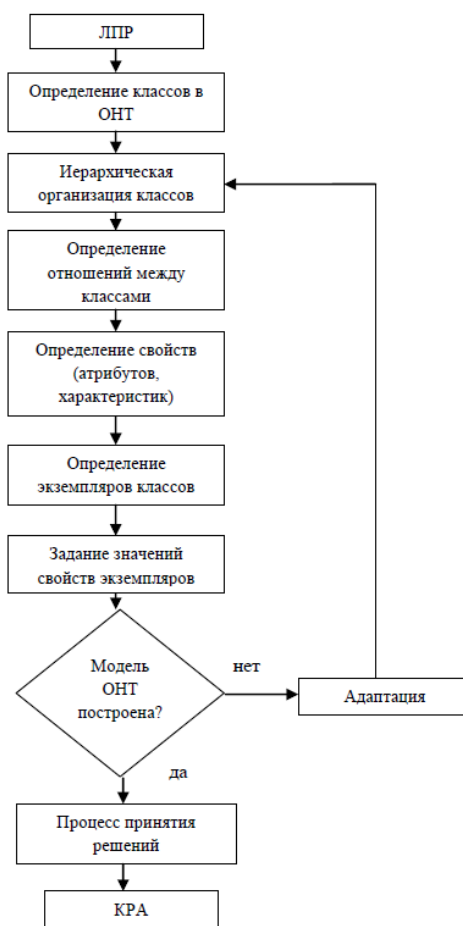


Рис. 1. Структурная схема процесса создания онтологической модели

Согласно [13] ОНТ – это иерархически структурированное множество терминов, описывающих ПрО, которая может быть использована как исходная структура для базы знаний. В данной работе под ОНТ будем понимать конечное множество терминов ПрО САПР с конечным множеством отношений между понятиями заданной ПрО.

Приведем одну из возможных классификаций предметной области САПР по целевому назначению, выделив в ней классы (Кл), согласно механизму создания ОНТ. В соответствии с принятой классификацией САПР по целевому назначению, получим:

Кл1 – CAE – системы расчетов и инженерного анализа;

Кл2 – CAD – системы конструкторского проектирования;

Кл3 – CAM – системы технологической подготовки производства;

Кл4 – PDM – система функции координации работы CAE/CAD/CAM систем, управление проектными данными и проектированием;

Кл5 – SCM – система управления цепочками поставок;

Кл6 – ERP – система планирования и управления предприятием;

Кл7 – MRP-2 – система планирования производства и требований к материалам;

Кл8 – MES – производственная исполнительная система;

Кл9 – CRM – система управления отношений с заказчиками;

Кл10 – S&SM – система, решающая маркетинговые задачи и задачи, связанные с проблемами обслуживания изделий;

Кл11 – SCADA – система, предназначенная для выполнения диспетчерских функций и разработки ПО для встроенного оборудования;

Кл 12 – CNC – система, осуществляющая непосредственное программное управление технологическим оборудованием на базе контроллеров, которые встроены в технологическое оборудование;

Кл13 – E-Commerce – системы электронного бизнеса.

Далее, с целью расширения онтологической модели можно к данным классам добавить классы, отражающие виды обеспечения САПР:

Кл 14 – техническое обеспечение САПР;

Кл 15 – программное обеспечение САПР;

Кл 16 – математическое обеспечение САПР;

Кл 17 – методическое обеспечение САПР;

Кл 18 – организационное обеспечение САПР;

Кл 19 – информационное обеспечение САПР.

Для существующих классов можно определить надклассы (НКл), несущие сведения о стране-производителе САПР:

НКл 1 – США;

НКл 2 – Россия;

НКл 3 – Великобритания;

НКл 4 – Бельгия;

НКл 5 – Германия;

НКл 6 – Австралия;

НКл 7 – Франция.

А также надклассы, в соответствии с классификацией САПР, представленных на современном рынке:

НКл 8 – «тяжелые системы»;

НКл 9 – «средние системы»;

НКл 10 – «легкие системы».

Следуя структурной схеме (рис. 1), необходимо иерархически организовать классы, т.е. создать подклассы (ПКл). Остановимся на классе CAD-systems и, используя группировки САПР по типу объекта

проектирования, создадим соответствующие подклассы:

ПКл1 – САПР изделий машиностроения и приборостроения;

ПКл2 – САПР технологических процессов в машиностроении и приборостроении;

ПКл3 – САПР объектов вычислительной техники (ВТ) и радиоэлектронной аппаратуры (РЭА);

ПКл4 – САПР микроэлектронных изделий наносекундного диапазона;

ПКл5 – САПР объектов строительства;

ПКл6 – САПР информационно-коммуникационных систем;

ПКл7 – САПР организационных систем.

Определим подклассы для Кл19 – информационное обеспечение САПР:

ПКл8 – государственные стандарты;

ПКл9 – исходные данные для модулей САПР;

ПКл10 – нормативно-справочная документация;

ПКл11 – проектная документация;

ПКл12 – руководящие материалы;

ПКл13 – типовые проектные решения [14-16].

Аналогично для Кл14 – техническое обеспечение САПР.

Пустая онтология содержит один класс – Thing, который представляет универсальное множество, содержащее все индивидуальности. Из-за этого классы являются подклассами Thing [8].

Таким образом, в среде Protege 4.2. иерархия классов ПрО «САПР» может иметь следующий вид (рис.2).

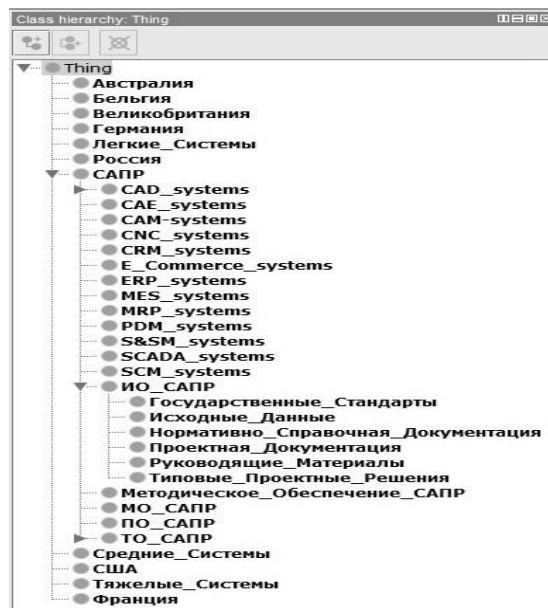


Рис. 2. Фрагмент иерархической классификации ПрО САПР в среде Protege 4.2

На следующем этапе необходимо определить отношения между классами или элементами классов. В нашем случае мы определили все классы как непересекающиеся (рис. 3).

Далее определяем свойства элементов класса (слоты). Для этого определим у ПКл3 «САПР объектов вычислительной техники и радиоэлектронной аппаратуры» и ПКл4 «САПР микроэлектронных изделий наносекундного диапазона» свойство «имеетПроизводителя», диапазон значений которого определяют НКл1-7 и свойство «имеетИнформационноеОбеспечение» с диапазоном ПКл8-13 (рис. 4). Для ПКл1 определим свойство «имеетЧислоСоставныхЧастейОбъекта» с целью классификации по критерию «Сложность\_Объекта\_Проектирования». При этом

есть возможность задать ограничения на последнее свойство, т.е. определить фацеты (рис. 5). Завершающим этапом создания онтологии является определение экземпляров классов. В данной работе приведены экземпляры для ПКл «САПР объектов ВТ и РЭА», «САПР микроэлектронных изделий наносекундного диапазона», НКЛ «Легкие системы», «Средние системы», «Тяжелые системы». Для наглядности представим фрагмент онтологии одной из приведенных классификаций с представителями экземпляров классов, имеющих соответствующие атрибуты (рис. 6). Из рис. 6 видно, что класс «CAD-systems» имеет подкласс «Легкие системы», который в свою очередь имеет конкретного представителя «AutoCad», производителем которого является США. Полная онтология Про САПР представлена на рис. 7.

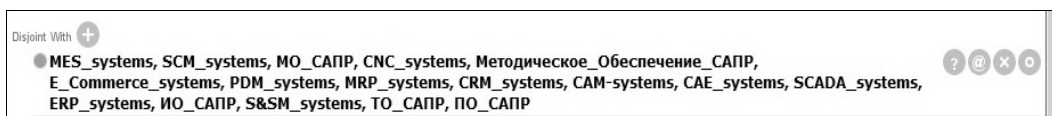


Рис. 3. Объявление классов не пересекающимися с классом CAD-systems



Рис. 4. Задание свойства «имеетПроизводителя», «имеетИнформационноеОбеспечение» для класса «САПР объектов вычислительной техники и радиоэлектронной аппаратуры»

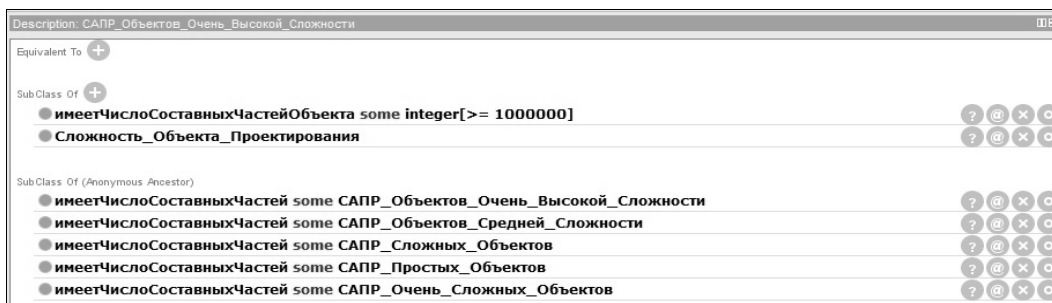


Рис. 5. Использование ограничений для описания диапазонов изменения числа составных частей объекта проектирования «Сложность объекта проектирования»

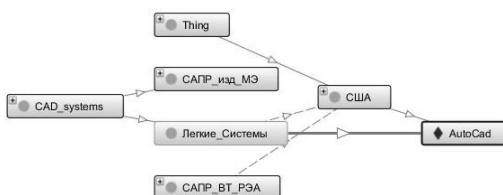


Рис. 6. Фрагмент онтологии САПР

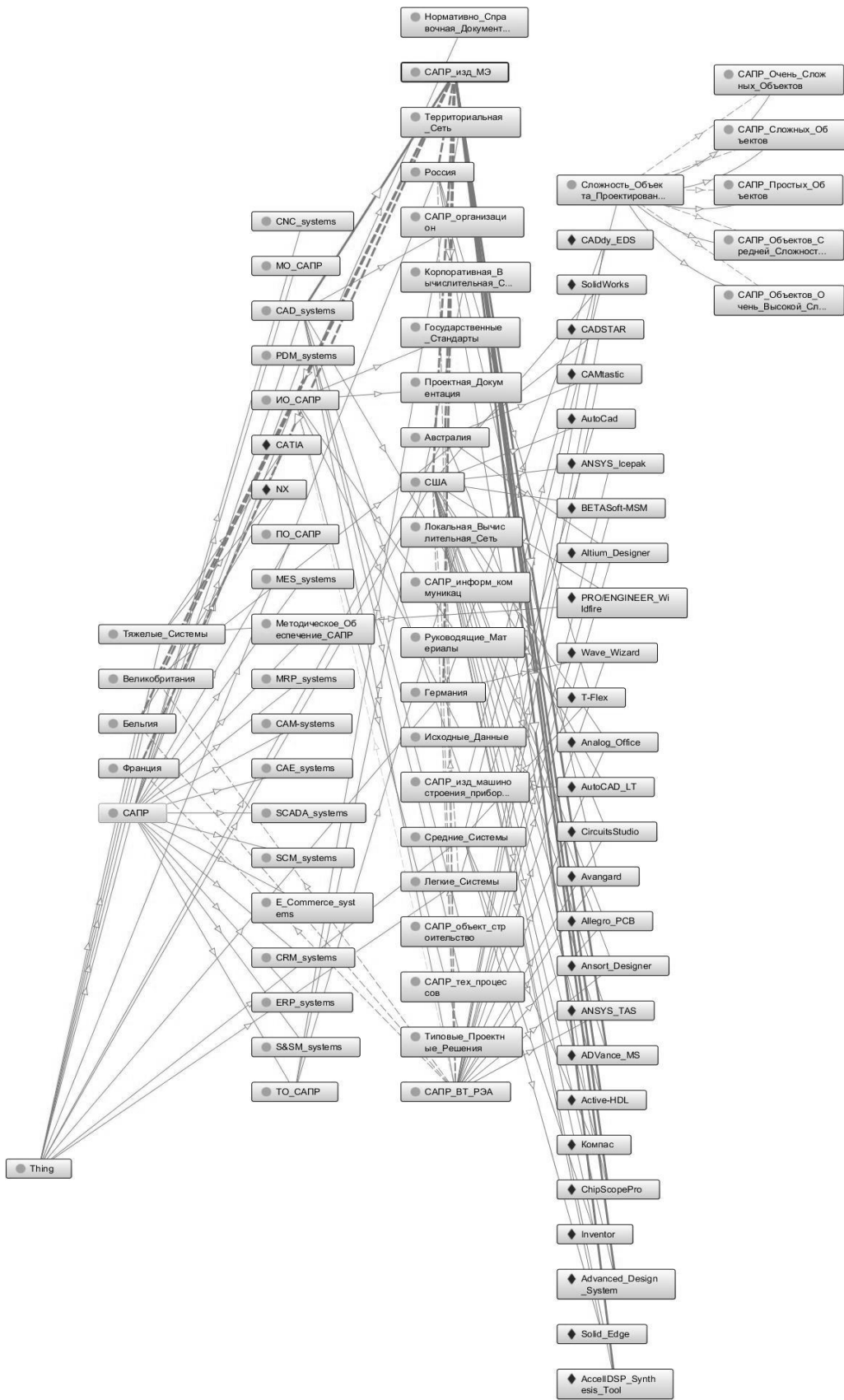


Рис. 7. Разработанная онтология предметной области САПР

Дадим некоторые комментарии по разработанной онтологии (рис. 7). Остановимся на ПКл «САПР\_изд\_МЭ» – третий столбец, второй блок сверху. На онтографе «жирным» показаны все существующие связи с выбранным ПКл, а именно:

– является подклассом Кл «CAD\_systems» – 2 столбец, 3 блок сверху;

– может иметь одного из производителей: Великобритания, Бельгия, Франция – 1 столбец, 2, 3, 4 блоки соответственно, Россия, Австралия, США, Германия – 3 столбец, 4, 9, 10, 14 блок сверху;

– имеет экземпляры: AccelIDSP\_Synthesis\_Tool, Active-HDL, ADVance\_MS, Advanced\_Design\_System, ChipScorePro – 4 столбец, 27, 21, 20, 25, 23 блоки соответственно при счете сверху.

## V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработана новая онтология предметной области «САПР» с использованием редактора онтологий Protege 4.2. В работе приведена формализованная интерпретация онтологии и показан на конкретном примере механизм построения онтологий путем определения классов, слотов, факетов и экземпляров. Предполагается усовершенствовать полученную онтологию путем расширения иерархии классов, определения набора ограничений и добавлением экземпляров. Важно отметить, что разработанная модель является одним из множества вариантов, выбор которого остается за разработчиком. В настоящее время онтологии нашли широкое применение в рекомендуемых системах и системах машинного обучения, поскольку информация, представленная в сети, зачастую слабо структурирована, что затрудняет ее эффективную обработку [17, 18]. Такая проблема актуальна и для разработчиков САПР. Данная работа наглядно демонстрирует применение онтологий в качестве инструмента для решения задач организации и интерпретации колоссальных массивов информации ПрО, создаваемых людьми со всего мира [19-21]. Разработанная онтология позволяет представить ПрО САПР комплексно, классифицируя множество понятий разносторонне и устанавливая между ними соответствующую иерархию и отношения, что облегчает интеллектуальный труд разработчиков. Новая онтологическая модель предполагает возможность дальнейших модификаций неограниченным числом разработчиков в рамках облачных технологий, что ведет к существенному снижению расходов и повышению эффективности работы.

## ПОДДЕРЖКА

Работа выполнена за счет частичного финансирования ГЗ «Организация проведения научных исследований» 213.01/ОПНИ 012.

## ЛИТЕРАТУРА

[1] Темникова Е.А., Асламова В.С., Берестнева О.Г. Онтологическое моделирование предметной области

учреждения дополнительного профессионального образования // Онтология проектирования, 2015, Т. – 5, N 4(18). - С. 369-386.

- [2] Studer R. Knowledge Engineering: Principles and methods/ R. Studer, R. Benjamins, D. Fensel // Data and knowledge engineering. 1998. №25. P.161-197.
- [3] URL: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.106.8491&rep=rep1&type=pdf> (дата обращения: 17.02.2016)
- [4] URL: <http://www.ict.edu.ru/ft/005706/68352e2-st08.pdf>
- [5] URL: <http://www.merriam-webster.com> (дата обращения: 17.02.2016)
- [6] Guarino N., Oberle D., Staab S. Handbook on ontologies: What Is an Ontology?/ S. Staab, R. Studer // Springer. 2009. P. 2-3
- [7] URL: [http://www.kmtec.ru/publications/library/authors/use\\_ontology\\_in\\_suz.shtml](http://www.kmtec.ru/publications/library/authors/use_ontology_in_suz.shtml)
- [8] Цуканова Н.И. Онтологическая модель представления и организации знаний. Учеб. пособие для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2014. – 272 с.
- [9] Гладков Л.А., Курейчик В.В., Курейчик В.М. Дискретная математика / под ред. В.М. Курейчика. – М.: Физматлит, 2014. – 496 с.
- [10] Курейчик В.М., Построение онтологий для поиска нетривиальных знаний // Информатика, вычислительная техника и инженерное образование, 2015. - № 4 (24). – С. 1-13.
- [11] Курейчик В.М. Обработка информации на основе онтологий // Тр. Конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям «IS&IT'15». Научное издание в 3-х томах. – Таганрог: Изд-во ЮФУ, 2015. – Т. 2. – С. 63-75.
- [12] URL: [http://ifets.ieee.org/russian/depository/ontology101\\_rus.doc](http://ifets.ieee.org/russian/depository/ontology101_rus.doc)
- [13] Добров Б.В., Иванов В.В., Лукашевич Н.В., Соловьев В.Д. Онтологии и тезаурусы: модели, инструменты, приложения: учеб. пособие. – М.: Интернет-Университет Информационных Технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. – 173 с.
- [14] Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования: Учеб.для вузов. 2-е изд., перераб. И доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 336с.
- [15] Буда А.П., Кононюк А.Е., Куценко Г.П. Справочник по САПР. Под редакцией Скурихина В.И. – Изд-во: Техника, 1988, 375 с.
- [16] Латышев П.Н. Каталог САПР. Программы и производители. – М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2008. – 704 с.
- [17] Stuart E., Roure D., Shadolt N. Handbook on ontologies: Ontology-Based Recommender Systems / S. Staab, R. Studer // Springer. 2009. P. 779-800.
- [18] Blohdom S., Hotho A. Handbook on ontologies: Ontologies for Machine Learning / S. Staab, R. Studer // Springer. 2009. P. 637-642.
- [19] Сегаран Т. Программируем коллективный разум. – Пер. с англ. – СПб: Символ-Плюс, 2015. – 368 с.
- [20] Kureychik V.M. Overview and problem state of ontology models development // Conference Proceedings IEEE 2015 9<sup>th</sup> International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT), 14-16 Oct 2015, Rostov-on-Don, Russia, P.558-564.
- [21] Kureychik V.M., Semenova A.V. Domain ontology development for linguistic purposes // Conference Proceedings IEEE 2015 9<sup>th</sup> International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT), 14-16 Oct 2015, Rostov-on-Don, Russia, P.83-87.

# Creation of CAD-systems ontology using Protege 4.2

V.M. Kurejchik, I.B. Safronenkova

Autonomous federal state institution of higher education «Southern Federal University»,  
kur@tsure.ru, irishkin050788@mail.ru

**Keywords** — ontology, class, slot, CAD-system, facet, individuals.

## ABSTRACT

The purpose of the present article is concerned with creation of CAD-systems ontology with the help of Protege 4.2. Main definitions of the ontology were examined. The formal structure of ontology was analyzed and the main components of it, such as class, slot, facet and individuals, were also observed. According to this article the method of the ontology creation begins with the definition of the classes of ontology. The next step is to identify the class hierarchy (class-subclass). Then it is necessary to define connections between the classes. Object and data properties are also have to be determined. The final algorithm step refers to define individuals of each class of ontology. Using Protege 4.2 allows visualizing the result of the process of creation the CAD-systems ontology in the paper. Ontology-based model has a graph representation and allows further changing.

The great deal of data is semi-structured information. This fact often complicates data processing operations. Such problem is also actual for CAD designers. This article shows an opportunity of using the ontology-based modeling as a tool for solving problems of information redundancy. The developed model allows to pose data domain in a complex way, to classify a set of notions in a flexible manner and to determine a hierarchical arrangement. This process simplifies the work of CAD designers to some extent. Using ontologies is the upcoming trend in computer and engineering science. The developed ontology intends the further modifications by the people from all over the world as part of the cloud technologies. It leads to the substantial reduction of charge and increase of the overall performance.

## REFERENCES

- [1] Temnikova E.A., Aslamova V.S., Berestneva O.G. Ontological domain modeling institutions of additional professional education // *Ontologija proektirovanija*, 2015, V. – 5, no 4(18). - pp. 369-386. (in Russian).
- [2] Studer R. Knowledge Engineering: Principles and methods/ R. Studer, R. Benjamins, D. Fensel // *Data and knowledge engineering*. 1998. №.25. pp.161-197.
- [3] Guizzardi G. On Ontology, ontologies, Conceptualizations, Modeling Languages, and (Meta)Models. Available at: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1.06.8491&rep=rep1&type=pdf> (accessed 17.02.2016)
- [4] Konstantinova N.S., Mitrofanova O.A. Ontologies as the systems of storage of knowledges. Available at: <http://www.ict.edu.ru/ft/005706/68352e2-st08.pdf> (accessed 17.02.2016) (in Russian).
- [5] Merriam-webster dictionary. Available at: <http://www.merriam-webster.com> (accessed 17.02.2016).
- [6] Guarino N., Oberle D., Staab S. Handbook on ontologies: What Is an Ontology?/ S. Staab, R. Studer // Springer. 2009. pp. 2-3
- [7] GavriloVA T.A. Ontologies as the knowledge representation model for KM systems. Available at: [http://www.kmtec.ru/publications/library/authors/use\\_ontology\\_in\\_suz.shtml](http://www.kmtec.ru/publications/library/authors/use_ontology_in_suz.shtml) (accessed 17.02.2016) (in Russian).
- [8] Cukanova N.I. Ontologicheskaja model' predstavlenija i organizacii znanij – Ontologu-based model of knowledge representation and knowledge management, Moscow, Gorjachaja linija – Telekom Publ., 2014. 272 p. (in Russian).
- [9] Gladkov L.A., Kurejchik V.V., Kurejchik V.M. Diskretnaja matematika - Discrete mathematics. Moscow, Fizmatlit Publ., 2014. – 496 p. (in Russian).
- [10] Kurejchik V.M. Creation of ontology for nontrivial knowledge search // *Informatika, vychislitel'naja tehnika i inzhenernoe obrazovanie*, 2015, no 4(24). - pp. 1-13. (in Russian).
- [11] Kurejchik V.M. Information processing based on ontology. Trudy Kongressa po intelektual'nym sistemam i informacionnym tehnologijam «IS&IT'15». Taganrog, 2015, pp. 63-75 (in Russian).
- [12] Noy N., McGuinness D., Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology. Available at: [http://ifets.ieee.org/russian/depository/ontology101\\_rus.doc](http://ifets.ieee.org/russian/depository/ontology101_rus.doc) (accessed 17.02.2016) (in Russian).
- [13] Dobrov B.V., Ivanov V.V., Lukashevich N.V., Solov'ev V.D. Ontologii i tezaurusy: modeli, instrumenty, prilozhenija – Ontology and thesaurus: models, tools, applications. Moscow, Internet-Universitet Informacionnyh Tehnologij; BINOM. Laboratorija znanij Publ., 2013, 173 p. (in Russian).
- [14] Norenkov I.P. Osnovy avtomatizirovannogo proektirovanija – Bases of CAD-disigne. Moscow, MGTU im. N.Je. Baamana, 2002, 336 p. (in Russian).
- [15] Budja A.P., Kononjuk A.E., Kucenko G.P. Spravochnik po SAPR – Guid of CAD-systems. Tjehnika Publ., 1998, 375p. (in Russian).
- [16] Latyshev P.N. Katalog SAPR Programmy i proizvoditeli – Catalogue of design systems Software and manufacturers. Moscow, Solon-Press Publ., 2008, 704 p. (in Russian).
- [17] Stuart E., Roure D., Shadolt N. Handbook on ontologies: Ontology-Based Recommender Systems / S. Staab, R. Studer // Springer. 2009, pp. 779-800.
- [18] Blohdorn S., Hotho A. Handbook on ontologies: Ontologies for Machine Learning / S. Staab, R. Studer // Springer. 2009. pp. 637-642.
- [19] Segaran T. Programmiruem kollektivnyj razum – Programming Collective Intelligence. SPb: Simvol-Pljus Publ., 2015, 368 p.
- [20] Kurejchik V.M. Overview and problem state of ontology models development // *Conference Proceedings IEEE 2015 9<sup>th</sup> International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT)*, 14-16 Oct 2015, Rostov-on-Don, Russia, pp.558-564.
- [21] Kurejchik V.M., Semenova A.V. Domain ontology development for linguistic purposes // *Conference Proceedings IEEE 2015 9<sup>th</sup> International Conference on Application of Information and Communication Technologies (AICT)*, 14-16 Oct 2015, Rostov-on-Don, Russia, pp.83-87.