

УДК 004.826
JEL: C53, C60

DOI 10.33278/SAE-2020.book1.452-455

FORMAL ONTOLOGY OF THE PRODUCT LIFE CYCLE

ФОРМАЛЬНАЯ ОНТОЛОГИЯ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПРОДУКЦИИ

Mikhail V. Ovsyannikov¹

ORCID 0000-0003-3597-0982

Овсянников Михаил Владимирович¹

¹ Bauman Moscow State Technical University

¹ МГТУ им. Н. Э. Баумана

The research was financially supported by the Russian Foundation for Basic Research
(Project No. 18-07-01311)

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований
(Проект № 18-07-01311)

Keywords: *formal ontology, product life cycle, binary relations*

Ключевые слова: *формальная онтология, жизненный цикл продукции, бинарные отношения*

One of the key components of Industry 4.0 is the intelligent interpretation of information used in manufacturing processes. In addition to the usual machine processing of data by these systems, they are gradually required to also disclose the content of this very data, according to the context in which they are applied.

For data structuring tasks, ontological models are well suited, since they allow you to create a clear system of concepts between which logical connections are established.

In the design of ontologies, two directions can be conditionally distinguished. The first direction was developed within the framework of computational linguistics and cognitive science. There, ontology was understood as a system of abstract concepts that exist only in human consciousness, which can be expressed in natural language (or by means of some other system of symbols). In this case, no assumptions are usually made about the accuracy or consistency of such a system.

The second is related to the representation of ontology as a formal system based on mathematically precise expressions.

Одной из ключевых составляющих Индустрии 4.0 является интеллектуальная интерпретация информации, используемой в производственных процессах. Помимо обычной машинной обработки данных этими системами, постепенно от них начинает требоваться еще и раскрытие содержания этих самых данных соответственно контексту, в котором они применяются.

Для задач структурирования данных хорошо подходят онтологические модели, так как они позволяют составить четкую систему понятий, между которыми устанавливаются логические связи. В проектировании онтологий условно можно выделить два направления.

Первое направление развивалось в рамках компьютерной лингвистики и когнитивной науки. Там онтология понималась как система абстрактных понятий, существующих только в сознании человека, которая может быть выражена на естественном языке (или средствами какой-то другой системы символов). При этом обычно не делается предположений о точности или непротиворечивости такой системы.

Второе связано с представлением онтологии как формальной системы, основанной на математически точных выражениях.

To solve the problems of supporting the product life cycle, such as configuration management, monitoring the state of products during operation, predictive maintenance, scheduling, etc. Recently, great progress has been made in the application of artificial intelligence methods: neural networks, metaheuristic algorithms, and constraint satisfaction. These methods make it possible to create universal algorithms for solving a wide range of problems using formalized knowledge about a specific subject area.

To use the ontology to solve problems of the product life cycle (PLC), it is necessary to construct a formal ontology of this problem area. To build a product lifecycle ontology, it is necessary to determine the requirements for the presentation of information in the subject area.

The main PLC processes, for the description of which an ontology is created, are as follows:

- Creation and use of “abstract” objects from marketing research to the design of a real product model (for example, a 16K20F machine model), which has a set of calculated and projected characteristics.
- Creation and use at the stages of manufacture, sale, etc. A “real” object (a specific instance of a machine tool) with its properties and values at different PLC stages.

From the properties of the processes of the subject area, requirements arise for the information structure describing these processes of interaction between abstract and real objects:

- Abstract and real objects can have relationships of classification and composition and participate in different processes;
- Abstract and real objects can have an unlimited number of properties, the composition and values of which can change indefinitely;
- The values of the properties of objects depend on the detection algorithms and measurement conditions. Measurement conditions are described by the values of the properties of various objects involved in the process of object functioning and the measurement of properties;
- Abstract and real objects can be the implementation of an unlimited number of abstract objects (a specific machine –the implementation of the

Для решения задач поддержки жизненного цикла продукции, таких как управление конфигурацией, мониторингом состояния изделий в процессе эксплуатации, предиктивным техническим обслуживанием, построением расписаний и др.

В последнее время достигнуты большие успехи в применении методов искусственного интеллекта: нейронных сетей, метаэвристических алгоритмов, удовлетворения ограничений. Эти методы позволяют создавать универсальные алгоритмы для решения широкого круга задач при использовании формализованных знаний о конкретной предметной области.

Для использования онтологии для решения задач жизненного цикла продукции (ЖЦП) необходимо построить формальную онтологию данной проблемной области. Для построения онтологии ЖЦП требуется определить требования к представлению информации предметной области.

Основные процессы ЖЦП, для описания которых создается онтология, следующие:

- Создание и использование «абстрактных» объектов от маркетинговых исследований до проекта реальной модели изделия (например, модели станка 16K20Ф), имеющих набор расчетных и проектируемых характеристик;
- Создание и использование на этапах изготовления, реализация и т.д. «реального» объекта (конкретного экземпляра станка) со своими свойствами и их значениями на различных этапах ЖЦП.

Из свойств процессов предметной области возникают требования к информационной структуре, описывающей эти процессы взаимодействия абстрактных и реальных объектов:

- Абстрактный и реальный объекты могут иметь отношения классификации и состава и участвовать в различных процессах;
- Абстрактный и реальный объекты могут иметь неограниченное количество свойств, состав и значения которых могут неограниченно меняться;
- Значения свойств объектов зависят от алгоритмов определения и условий измерения. Условия измерения описываются значениями свойств различных объектов, участвующих в процессе функционирования объекта и измерения свойств;
- Абстрактный и реальный объекты могут быть реализацией неограниченного числа абстрактных объектов (конкретный ста-

machine model, draft machine –implementation of marketing requirements, etc.);

- Identical properties of different objects have a reference to the same concept;
- Properties have classification and composition relationships.

There are a large number of works in which real results of using the ontological representation for the computerization of various automation tasks have been obtained. However, in a large number of works based on the object-oriented approach (works by T. Gruber, A.V. Smirnov, T.A. Gavrilo-va, G.B. Evgenyev, etc.), entities are represented as objects that have a limited number of unsystematic attributes. This leads to the impossibility of constructing a universal top-level ontology, since each object has its own attributes. The construction of an ontology for a wide class of tasks and PLC stages of the machine-building and instrument-making industries requires the use of an information model of binary relations to implement these requirements.

A common feature of approaches using binary models is the representation of the structure and properties of elements through the implementation of binary associations, i.e. sentences in which only two terms are used. In contrast to the object-oriented model, the binary relations binary model represents the properties (attributes) of entities in the form of binary relations, which makes it possible to create a metaontology as a set of basic concepts of objects, properties and relations, and a top-level ontology in the form of classifiers of objects and their properties. Changes in the domain are reflected by the addition or removal of binary relationships, property entities and their instances, and changes in constraints. All this results in greater stability compared to approaches where attributes and constraints are hard-wired to objects.

The proposed PLC ontology allows describing the structure and state of the elements of the problem area: products, resources and processes. The mechanism for describing characteristics makes it possible to display a variety of properties of real objects, taking into account the peculiarities of their use.

нок – реализация модели станка, проект модели станка – реализация маркетинговых требований и т .д.);

- Идентичные свойства разных объектов имеют ссылку на одно понятие;
- Свойства имеют отношения классификации и состава.

Есть большое количество работ, в которых получены реальные результаты применения онтологического представления для компьютеризации различных задач автоматизации. Однако в большом количестве работ, основанных на объектно-ориентированном подходе (работы Т. Грубера, А.В Смирнова, Т.А. Гавриловой, Г.Б. Евгенева и др.), сущности представляются в виде объектов, которые имеют ограниченное количество несистематизированных атрибутов. Это приводит к невозможности построения универсальной онтологии верхнего уровня (ОВУ), так как каждый объект имеет свои собственные атрибуты.

Построение онтологии для широкого класса задач и этапов жизненного цикла продукции (ЖЦП) машиностроительной и приборостроительной отраслей для реализации этих требований требует применения информационной модели бинарных отношений.

Общая черта подходов, использующих бинарные модели – представление структуры и свойств элементов посредством реализации бинарных ассоциаций, т. е. предложений, в которых участвуют только два термина. В отличие от объектно-ориентированной модели, модель бинарных отношений представляет свойства (атрибуты) сущностей в виде бинарных отношений, что позволяет создать метаонтологию как совокупность базовых понятий объектов, свойств и отношений, а онтологию верхнего уровня в форме классификаторов объектов и их свойств. Изменения в предметной области отражаются добавлением или удалением бинарных отношений, сущностей свойств и их экземпляров, а также изменением ограничений. Это приводит к большей стабильности по сравнению с подходами, где атрибуты и ограничения жестко свя-зываются с объектами.

Предлагаемая онтология ЖЦП позволяет описывать структуру и состояние элементов проблемной области: продукции, ресурсов и процессов. Механизм описания характеристик позволяет отобразить многообразие свойств реальных объектов с учетом особенностей их использования.

During the execution of the process, an object can be represented in a specific role. For each process, it is possible to determine the values of the properties associated with it.

On the basis of the PLC metaontology an applied ontology was built and tested on the problems of synthesizing the design configuration of a vehicle, a local electric network, a maintenance process, and drawing up an individual curriculum.

The proposed approach allows solving important engineering problems in the design, manufacture and operation of products or formed processes, which can be used at various stages of the life cycle of products and serve as an information structure for presenting intelligent measurement information.

В ходе выполнения процесса объект может быть представлен в определенной роли. Для каждого процесса могут быть определены значения сопоставленных ему свойств.

На основе метаонтологии ЖЦП построена прикладная онтология и опробована на задачах синтеза проектной конфигурации автомобиля, локальной электрической сети, процесса технического обслуживания, составления индивидуального учебного плана.

Предлагаемый подход позволяет решать важные инженерные задачи проектирования, изготовления и эксплуатации изделий или формируемых процессов, что может найти применение на различных этапах ЖЦ изделий и служить информационной структурой для представления информации интеллектуальных измерений.

References / Библиография

1. Guariano N., Giaretta P. Ontologies and Knowledge Bases. Towards a Terminological Clarification // Towards Very Large Knowledge Bases. 1995-N. J. I. Mars (ed.) IOS Press, Amsterdam.
2. The Industrial Ontologies Foundry Proof-of-Concept Project: IFIP WG 5.7 International Conference, APMS 2018, Seoul, Korea, August 26-30, 2018, In book: Advances in Production Management Systems. Smart Manufacturing for Industry 4.0 (pp. 402-409) DOI: 10.1007/978-3-319-99707-0_50
3. Neuhaus, F., Vizedom, A., Baclawski, K., Bennett, M., Dean, M., Denny, M., Gruninger, M., Hashemi, A., Longstreth, T., Obrst, L., Ray, S., Sriram, R., Schneider, T., Vegeffi, M., West, M. & Yim, P. (2013). Towards ontology evaluation across the life cycle. Applied Ontology, 8(3), 179-194. doi:10.3233/AO-130125.
4. Wilkinson, M., Dumontier, M., Aalbersberg, J. & Appleton, G. (2016). The FAIR guiding principles for scientific data management and and stewardship Scientific data / 3:160018 / DOI: 10.1038/sdata. 2016.18
5. Guryanova, M.A. Ontological modeling of the economy of enterprises and the area of modern Russia: Part 2. World research and development: an analytical review: preprint WP7 / 2011/08 (part 2) [Text] / M.A. Guryanova, I.V. Efimenko, V.F. Khoroshevsky; Nat. issled. University Higher School of Economics. Moscow, Ed. House of the Higher School of Economics, 2011. 88 p.
1. Гуарино Н., Джаретта П. Онтологии и базы знаний. К терминологическому уточнению // К очень большим базам знаний. 1995-N. J. I. Mars (ed.) IOS Press, Amsterdam.
2. Промышленные онтологии Литейного экспериментального проекта: ИФИП РГ 5.7 Международная конференция, ППИМ, 2018, Сеул, Корея, 26-30 августа 2018, В кн.: достижения в системах управления производством. Интеллектуальное производство для Индустрии 4.0 (с. 402-409) DOI: 10.1007/978-3-319-99707-0_50
3. Neuhaus, F., Vizedom, A., Baclawski, K., Bennett, M., Dean, M., Denny, M., Gruninger, M., Hashemi, A., Longstreth, T., Obrst, L., Ray, S., Sriram, R., Schneider, T., Vegeffi, M., West, M. & Yim, P. (2013). К оценке онтологии на протяжении всего жизненного цикла. Прикладные Онтологии, 8(3), 179-194. Дой:10.3233/AO-130125.
4. Wilkinson, M., Dumontier, M., Aalbersberg, J. & Appleton, G. (2016). Справедливые руководящие принципы управления научными данными и научными данными стюардов / 3:160018 / DOI: 10.1038/sdata. 2016. 18 Гурьянова, М. А. Онтологическое моделирование экономики предприятий и отраслей современной России: Часть 2. Мировые исследования и разработки: аналитический обзор: препринт WP7/2011/08 (ч. 2) [Текст] / М.А. Гурьянова, И.В. Ефименко, В.Ф. Хорошевский; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2011. 88 с.