

Онтология как философское и общенаучное понятие: основные подходы к определению

© Ю.Б. Цветков, В.С. Кошик

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Рассмотрено актуальное в современной философии техники направление — классификация и систематизация подходов к определению феномена онтологии. Представлено сопоставление философского понимания онтологии и общенаучных подходов к ее изучению. Исследовано отличие современного употребления термина «онтология» от его философского понимания, а именно переход от логической систематизации и всеобщих определений бытия к формальному представлению предметной области в виде системы общих или абстрактных понятий. Отмечено, что предметные онтологии имеют более узкую область рассмотрения по сравнению с философской онтологией, но более высокую степень детализации ключевых концептов и связей между ними. Сделан вывод о том, что универсальность общефилософского принципа категоризации, заложенного в предметные онтологии, обеспечивает им широкий спектр применений и способствует повышению эффективности работ в конкретных технических областях и инженерном образовании. Показана возможность использования онтологий в качестве дидактического средства, повышающего эффективность инженерного образования.

Ключевые слова: философская онтология, предметная онтология, категории Аристотеля, концептуализация, классы, отношения функции, аксиомы, тезаурус

Термин «онтология» с 2000-х годов стал весьма популярным, частота его использования в современных публикациях непрерывно возрастает. При этом профессиональные философы испытывают недоумение от многочисленных вариантов использования данного термина в различных словосочетаниях, а инженеры — от применения в их предметных областях смутно знакомого философского термина.

Сегодня онтология представлена по крайней мере в двух основных разновидностях: ее традиционное философское понимание было дополнено новым, информационно-компьютерным, ключевым в области инженерии знаний. Представляет аналитический интерес сопоставление относительной количественной разницы в популярности различных вариаций данного термина. Так, поисковый запрос в Google «онтология в философии — ontology philosophy» дает около 29 млн результатов. В то же время запрос термина «онтологическое моделирование — ontology modeling» выдает более 100 млн результатов. В связи с этим может складываться представление о том, что онтология в философии и онтология в инженерии знаний — это две совершенно разные дисциплины.

В философии онтология занимает особое место, так как изучает самые общие принципы бытия и сущности, которые являются основой для всех остальных философских дисциплин.

В науке онтология выполняет важную функцию систематизации знаний, создания категорий и структур, необходимых для анализа и понимания реальности. Ее применение выходит за рамки философии, охватывая такие области, как когнитивное моделирование, искусственный интеллект, прорывные технологии, что подчеркивает ее универсальность и значимость.

Представляется, что разобраться в огромном массиве существующих определений онтологии, многозначных и трудноопределимых терминов в этой области возможно, лишь четко разграничив философские и общенаучные трактовки данного понятия.

Цель статьи состоит в систематизации, классификации и критическом анализе базовых подходов к определению понятия «онтология» в философии, информатике, технологиях, разграничения философских и общенаучных подходов к его рассмотрению, а также в выявлении базовых свойств онтологии и тенденций ее развития в современных условиях.

Онтология как философская дисциплина. Онтология берет свое начало в античной философии, где мыслители впервые систематически исследовали природу бытия. Само слово «онтология» имеет греческое происхождение: *on* (*ontos*) — сущее и *logos* — учение. Под онтологией в философии понимается учение о бытии (сущем), т. е. о видах и структурах всех возможных объектов, свойств, событий, процессов и их отношений во всех сферах реального и возможных миров.

Термин «онтология» предложил в 1613 г. Р. Гоклениус, но распространение термина началось после публикации работы *Philosophia prima sive Ontologi* Кристиана Вольфа в 1730 г. [1]. В этой работе Вольф назвал онтологию «первой философией» Аристотеля, особо подчеркивал роль Аристотеля в систематизации и категоризации всех сущностей, которые есть в мире.

Со временем понятие «онтология» получило развитие, дополнилось новыми значениями. С одной стороны, онтология характеризует некий фундаментальный уровень исследования, с другой — различные концепции описания этого фундаментального уровня сами по себе стали называться онтологией с дополнением отличительной характеристики: современная онтология, фундаментальная онтология Мартина Хайдеггера, неоклассическая онтология, европейская онтология и т. д. [2].

В отечественной философии советского периода считалось, что «онтология, как исторически оправданный, но ограниченный способ

решения философских проблем, по существу преодолена ходом развития философской мысли, тем не менее ряд факторов обуславливает ее возрождение в настоящее время» [3].

Действительно, с 2000-х годов наблюдается второе рождение почти забытого и, казалось бы, навсегда оставленного истории философии термина «онтология». В рамках настоящей статьи вопросы генезиса онтологии, а также история становления и развития самого термина не рассматриваются, поскольку неоднократно освещались в литературе [4–8]. Ключевой тенденцией современной философии выступает смещение фокуса исследовательского внимания: от конструирования натурфилософской картины мира и умозрительного постижения «истинной природы вещей» — к анализу категориальной структуры мышления и его познавательных способностей [9].

Онтология традиционно определяется как дисциплина, изучающая допустимые виды (категории) сущностей. Понятие «вид» при этом имеет аристотелевские корни: философ применял его для систематизации типов утверждений, возможных в отношении объекта. Теория категорий выступает ключевым компонентом любой онтологии, при этом системы категорий, сформированные в античной философии, близки к тем, что лежат в основе современной онтологии. Категории в онтологии представляют собой фундаментальные принципы классификации бытия.

Сущности по Аристотелю (см. таблицу [10–13]) определяются по своему *качеству* и *количеству*, это предусматривает категорию *отношения* между ними. Далее каждая сущность дана в определенном *месте* и *моменте времени*, в некотором «где» и «когда». Изменения различных сущностей определяются такими категориями, как *действие* и *подвергаться воздействию*. Для выражения устойчивых состояний, в отличие от изменений, служат категории *положения* и *обладания (качествами)*.

Категории Аристотеля, которые служат основой для понимания структуры реальности, помогают философам анализировать и систематизировать различные аспекты бытия, определяя их взаимосвязи и свойства. Каждая категория вносит уникальный вклад в описание мира, обеспечивая более глубокое понимание его природы и структуры.

Философская онтология стремится предоставить окончательную и исчерпывающую классификацию сущностей во всех сферах бытия. Эта классификация должна служить ответом на следующие вопросы. Какие классы сущностей необходимы для полного описания и объяснения всего происходящего во Вселенной? Какие классы сущностей необходимы для учета того, что делает истинными все истины? Классификация должна носить исчерпывающий характер: в нее

следует включать все типы сущностей, а также типы отношений между ними, посредством которых формируются более крупные онтологические целостности.

Категории Аристотеля

Категория	Латинское написание	Что означает
οὐσία ousía	Substance	Сущность Thing — универсальное множество, содержащее все индивидуальности
ποσόν posón	Quantity	Количество
ποιόν poíon	Quality	Качество
πρός τι pros ti	Relation	Отношения
ποῦ rou	Place	Место
πότε pote	Date	Время
κεῖσθαι keisthai	Relative position	Относительное положение
ἔχειν echein	Having of state, condition To have or be	Состояние
ποιεῖν poiein	Acting	Действие
πάσχειν paschein	Being acted upon	Подвергаться воздействию

Использование и развитие этих положений в работах философов античности (Порфирий), раннего Нового времени и эпохи Возрождения (Гоклениус, Клауберг, Вольф, Кант), последующее формирование аналитической онтологии (Куайн, Стросон) послужило основой реконструкции философских онтологий для использования в современных исследованиях по конструированию интеллектуальных систем и моделей аргументации [13].

Онтология в контексте научного знания. В начале 1990-х годов термин «онтология» появился в сфере инженерии знаний и быстро приобрел популярность. Сферы его употребления на первый взгляд имеют мало общего с философией. Это дает основание для оценки преемственности, выявления общего у старого философского термина и его современного значения.

Сравнение системы категорий Аристотеля и современных понятий, используемых в предметных онтологиях (см. таблицу), показывает, что они имеют общую структуру, при этом понятия самого верхнего уровня Substance и Thing терминологически имеют одинаковое значение — Сущность (Субстанция).

Наиболее существенное отличие современного употребления термина «онтология» от его классического философского значения состоит в том, что теперь имеется в виду не только логическая систематизация и всеобщие определения бытия, но и формальное представление предметной области в виде системы общих или абстрактных понятий.

Основой формального представления знаний является концептуализация: выделение объектов, концептов и других сущностей, описывающих предметную область, и отношений между ними. Это положение было сформулировано еще в 1987 г. при анализе перспектив искусственного интеллекта (Genesereth & Nilsson, 1987). Развивая это положение, Том Грубер дал определение онтологии как формальной спецификации концептуализации (*explicit specification of a conceptualization*). При этом он подчеркивал, что термин заимствован из философии, где онтология представляет собой систематическое описание существования. Для систем искусственного интеллекта «существует» то, что может быть представлено.

Современное употребление термина «онтология» приближает его к понятию *концептуальная модель предметной области*. Поэтому можно отметить *расширение* традиционного содержания этого термина. Вместе с тем формализация предметной области и оформление ее в виде модели свидетельствуют о *сужении* традиционного содержания. Поэтому, возможно, более корректным будет выражение *инженерная онтология (онтологическая инженерия)* либо *компьютерная онтология* [4, 13].

С одной стороны, можно полагать, что появление онтологической инженерии в конце XX — начале XXI в. возрождает к жизни философскую онтологию. С другой стороны, онтологическую инженерию можно рассматривать как онтологию нового типа. Этот сектор знаний часто рассматривается как объединение принципов философской онтологии, теории искусственного интеллекта, экспертных систем и инженерии знаний [14].

Неформально *инженерная онтология* представляет собой описание конкретной предметной области и состоит из терминов и правил использования этих терминов, ограничивающих их значения в рамках конкретной области. На формальном уровне такая *онтология* — это система, состоящая из набора понятий и набора утверждений об этих понятиях, на основе которых можно описывать классы, отношения, функции и индивиды. Под формальной моделью онтологии понимается упорядоченная тройка вида [15]:

$$O = \{C, R, A\},$$

где O — онтология; C — совокупность концептов предметной области; R — совокупность отношений между ними; A — набор аксиом (законов и правил, которые описывают законы и принципы существования концептов).

Основными компонентами онтологии являются:

- классы, которые представляют общий смысл концепции предметной области;
- отношения, т. е. тип связи между концептами;
- функции как особый тип отношений;
- формальные аксиомы: предложение, согласно которому модель верна;
- объекты: элементы или индивидуальные случаи в онтологии.

Основой создания онтологии является *тезаурус* — словарь специальной лексики, в котором указаны семантические отношения между терминами (концептами). Тезаурус позволяет выявить смысл не только с помощью определения, но и посредством соотнесения термина с другими понятиями и их группами. Именно тезаурус обеспечивает в онтологии концептуальное описание знаний о предметных областях, содержащее совокупности понятий, отношений между ними, правил вывода. Основным отличием онтологий является ориентация на использование непосредственно компьютером, т. е. структуры данных описаны не на естественном языке, а на специальном формальном.

Спектр онтологий в зависимости от деталей реализации, их классификация по цели создания подробно рассмотрены в учебном пособии В.Д. Соловьева «Онтологии и тезаурусы» [16].

В контексте научно-технической деятельности, в том числе инженерного образования, определяющим видом применения онтологий является *онтологическая инженерия* (онтологический инжиниринг) — процесс проектирования и разработки онтологий предметных областей, а также *онтологическое моделирование* [17] — создание информационных моделей в виде концептуальных описаний предметных областей, удовлетворяющих определенным стандартам.

Онтология *предметной области* (онтология домена) — это систематизированное формализованное описание терминов определенной предметной области, их свойств и отношений между ними. При этом формируется словарь терминов для представления и обмена знаниями, а также множество связей между терминами [18].

Основной задачей онтологического моделирования является создание формализованных электронных моделей знаний. Цели применения этих моделей могут включать [19]:

- выполнение имитационного моделирования процессов с целью их оптимизации;
- быстрое получение логических выводов на основании большого количества информации с целью поддержки принятия решений;
- обеспечение доступности для восприятия пользователей больших объемов сложно структурированной информации, обмен знаниями между людьми;

- решение технических задач, в том числе в области интеграции информационных систем.

Плодотворные примеры применения онтологий известны в оптике [20], в области наноматериалов [20] и нанотехнологии [21], в технологии микроэлектромеханических систем (МЭМС) [22–24], информационной безопасности [25].

Развитием онтологического моделирования является онтология проектирования, которая может рассматриваться в двух аспектах:

1) научное направление в рамках computer science & engineering, которое включает в себя: исследование понятийного аппарата и разработка на его основе тезауруса, анализ критериев и моделей проектируемого объекта, методов и сценариев проектирования, сбор и обработку информации об объекте как системе и составляющих его элементах;

2) раздел искусственного интеллекта, который исследует и стремится формализовать знания субъектов проектирования о процессе проектирования новых или модернизаций уже известных артефактов, включая знания о самом объекте проектирования, а также совокупность тезаурусов предметной области, баз данных и процедур, алгоритмов оптимизации и учета проектной неопределенности [26].

Онтологическое моделирование предметной области обеспечивает организацию и структурирование соответствующей информации, облегчает восприятие ее как человеком, так и компьютером. Важной особенностью онтологий является расширение возможностей поиска нужной информации. Традиционные системы поиска по ключевым словам выдают либо малый, либо слишком большой результат. Онтологии позволяют получать информацию, семантически связанную с формой запроса, уточнять или обобщать запрос.

Все эти возможности онтологического моделирования широко используются в учебном процессе. Прежде всего они применяются для формирования содержания учебных курсов как для очного [27], так и электронного [28] обучения. Кроме того, как показано в развернутом обзоре [29], онтологии могут использоваться для установления отношений между учебными элементами [30], уточнения значения терминов [31], объединения учебной информации из нескольких открытых источников [32], точного описания и анализа учебной программы [33], формирования интеллектуальных баз знаний [34].

Анализ работ в данной области показывает безусловную важность и полезность применения онтологий в учебном процессе. При этом выявляется интересная особенность. В большинстве рассмотренных публикаций преподаватель выступает экспертом, носителем знаний о предметной области, а студент — потребителем этих знаний. Онтологическое моделирование, выполняемое непосредственно студентами, ускоряет процесс усвоения новой учебной информации,

причем уровень усвоения может быть проконтролирован также с помощью онтологий [35, 36].

Сравнение философского определения онтологии и современных предметных онтологий показывает, что они основаны на общем категориальном принципе Аристотеля. Наиболее существенное отличие нового употребления термина «онтология» от прежнего философского состоит в том, что теперь имеется в виду не только логическая систематизация и всеобщие определения бытия, но и формальное представление предметной области в виде системы общих или абстрактных понятий.

Основой формального представления знаний является концептуализация: выделение объектов, концептов и других сущностей, описывающих предметную область, и отношений между ними.

Предметные онтологии имеют неизмеримо малую область рассмотрения по сравнению с философской, однако такую же более высокую степень детализации ключевых концептов и связей между ними. Универсальность заложенного в предметные онтологии общепризнанного философского принципа категоризации обеспечивает им широкий спектр применений. Это способствует повышению эффективности работ в конкретных технических областях, а также непосредственно в инженерном образовании.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Machado L.M.O. Ontologies in knowledge organization. *Encyclopedia*, 2021, vol. 1, no. 1, pp. 144–151.
- [2] Ковалев А.Е. Событийная онтологическая модель экономических отношений. *Идеи и идеалы*, 2024, № 1-2, с. 309–332.
- [3] Константинов Ф.В., ред. *Философская энциклопедия. Т. 4*. Москва, Советская энциклопедия, 1967, 592 с.
- [4] Рубашкин В.Ш., Лахути Д.Г. Онтология: от натурфилософии к научному мировоззрению и инженерии знаний. *Вопросы философии*, 2005, № 1, с. 64–81.
- [5] Бакеева Е.В. *Современная философия. Введение в онтологию*. Москва, Litres, 2018, 392 с.
- [6] Poli R., Seibt J., eds. *Theory and applications of ontology: Philosophical perspectives*. New York, Springer, 2010, 415 p.
- [7] Маркова Л.А. На пути к новой онтологии в философии науки. *Вопросы философии*, 2013, № 11, с. 40–49.
- [8] Комаров С.В. *Современная зарубежная философия. Некоторые онтологические концепции XXI века*. Пермь, ПГНИУ, 2021, 159 с.
- [9] Almeida M.B. Revisiting ontologies: A necessary clarification. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 2013, vol. 64, no. 8, pp. 1682–1693.
- [10] Аристотель. *Сочинения. В 4 т. Т. 1*. Москва, Мысль, 1976, 550 с.
- [11] Тайсина Э.А. Методологический арсенал Аристотеля и Канта. Категории. *Вестник Самарского государственного технического университета. Серия Философия*, 2023, № 4, с. 67–83.

- [12] Барышников П.Н. Сущность, имя и вещь в «компьютерной» онтологии Аристотеля. *Философские проблемы информационных технологий и киберпространства*, 2022, № 1, с. 61–70.
- [13] Попова В.С., Пушкарский А.Г., Чалый В.А. Онтология в метафизике versus онтологии в теориях аргументации. *РАЦИО.RU*, 2012, № 8, с. 99–126. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_21306632_96254708.pdf (дата обращения 08.10.2025).
- [14] Заковоротная М.В. Онтологическая инженерия, философская онтология: проблемы и перспективы совместного развития. *Научная мысль Кавказа*, 2013, № 2, с. 13–20.
- [15] Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. *Базы знаний интеллектуальных систем*. Санкт-Петербург, Питер, 2000, 382 с.
- [16] Соловьев В.Д. *Онтологии и тезаурусы*. Москва, БИНОМ, 2006, 173 с.
- [17] Горшков С. *Введение в онтологическое моделирование*. URL: <https://trinidad.ru/files/SemanticIntro.pdf> (дата обращения 08.10.2025).
- [18] Онтологии и тезаурусы: модели, инструменты, приложения. *Интуит*. URL: <https://intuit.ru/studies/courses/1078/270/lecture/6847?page=2> (дата обращения 08.10.2025).
- [19] Ольшевская А.В. *Разработка предметных онтологий и систем управления дистанционным обучением во взаимодействии с социальными сетями*. Дис. ... канд. техн. наук. Санкт-Петербург, 2014, 161 с.
- [20] Еркимбаев А.О., Зицерман В.Ю., Кобзев Г.А., Серебряков В.А., Теймуразов К.Б. Онтология предметной области «Нanomатериалы и их применение». *Компьютерная лингвистика и вычислительные онтологии. Интернет и современное общество (IMS-2015). XVIII объединенная конференция (Санкт-Петербург, 23–25 июня 2015 г.)*. Санкт-Петербург, Университет ИТМО, 2015, с. 67–81.
- [21] Власов А.И., Журавлева Л.В., Резчикова Е.В., Макушина Н.В., Шахнов В.А., Чебова А.И. Онтология наноинженерии. *Международный научно-исследовательский журнал*, 2013, № 12, с. 50–67.
- [22] Andronic M.M., Rodionov I.A., Tsvetkov Y.B. Digital design as a key approach to shortening MEMS development cycle. *ITM Web of Conferences. 35 (International Forum "IT-Technologies for Engineering Education: New Trends and Implementing Experience" (ITEE-2019))*, 2020, vol. 35, art. no. 01003.
- [23] Пильник И.С., Баклыков Д.А., Цветков Ю.Б. Онтологическое моделирование оптических микроэлектромеханических систем. *Будущее машиностроения России. XVI Всероссийская конференция молодых ученых и специалистов (с международным участием)*. Москва, 19–22 сентября 2023 г. Т. 2. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2023, с. 266–272.
- [24] Tsvetkov Y.B. et al. Ontological Modeling as a Means of Enhancing the Efficiency of MEMS Creation. *7th International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering (REEPE)*. IEEE, 2025, pp. 1–4. <https://doi.org/10.1109/REEPE63962.2025.10971080>
- [25] *Онтологии в информационной безопасности*. Kaspersky. URL: <https://www.kaspersky.ru/blog/cybersecurity-ontology/30977/> (дата обращения 08.10.2025).
- [26] *Онтология проектирования*. URL: <https://www.ontology-of-designing.ru/> (дата обращения 08.10.2025).
- [27] Еремин Е.А. Онтологии как средство представления учебного материала. *Вестник Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета. Серия Информационные компьютерные технологии в образовании*, 2007, № 3, с. 23–36.

- [28] Sosnovsky S., Gavrilova T. Development of educational ontology for C-programming. *International Journal "Information Theories & Applications"*, 2006, vol. 13, pp. 303–308.
- [29] Stancin K., Posic P., Jaksic D. Ontologies in education—state of the art. *Education and Information Technologies*, 2020, vol. 25, no. 6, pp. 5301–5320.
- [30] Wang Y., Wang Z., Hu X., Bai T., Yang S., Huang L. A courses ontology system for computer science education. *IEEE International Conference on Computer Science and Educational Informatization (CSEI)*. IEEE, 2019, pp. 251–254. <https://doi.org/10.1109/CSEI47661.2019.8938930>
- [31] Mosharraf M., Taghiyareh F. Automatic syllabus-oriented remixing of open educational resources using agent-based modeling. *IEEE transactions on learning technologies*, 2019, vol. 13, no. 2, pp. 297–311.
- [32] Nahhas S., Bamasag O., Khemakhem M., Bajnaid N. Leveraging linked data to propel competency-based education based on labour skills. *2nd International Conference on Computer Applications & Information Security (ICCAIS)*. IEEE, 2019, pp. 1–6. <https://doi.org/10.1109/CAIS.2019.8769503>
- [33] Piedra N., Caro E.T. LOD-CS2013: Multilearning through a semantic representation of IEEE computer science curricula. *IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*. IEEE, 2018, pp. 1939–1948. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2018.8363473>
- [34] Samia Z., Khaled R., Warda Z. Multi-agent systems and ontology for supporting management system in smart school. *3rd International Conference on Pattern Analysis and Intelligent Systems (PAIS)*. IEEE, 2018, pp. 1–8. <https://doi.org/10.1109/PAIS.2018.8598505>
- [35] Цветков Ю.Б. Онтологическое моделирование предметной области как средство повышения эффективности усвоения инженерных дисциплин. *Ключевые тренды развития искусственного интеллекта: наука и технологии. Международная ИТ-конференция (Москва, 21 апреля 2023 г.)*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2023, с. 111–117.
- [36] Нетименко К.Я., Кирьянов С.В., Юркин Н.О., Платонов Д.Д. Онтологическое моделирование предметной области при изучении инженерной дисциплины: взгляд студентов. *Политехнический молодежный журнал*, 2023, № 7. <https://doi.org/10.18698/2541-8009-2023-7-918>

Статья поступила в редакцию 13.07.2026

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

Цветков Ю.Б., Кошик В.С. Онтология как философское и общенаучное понятие: основные подходы к определению. *Гуманитарный вестник*, 2026, вып. 4. EDN TLTEZE

Цветков Юрий Борисович — д-р техн. наук, профессор кафедры «Электронные технологии в машиностроении» МГТУ им. Н.Э. Баумана. e-mail: tsvetkov@bmstu.ru

Кошик Виктор Сергеевич — директор Центра креативных индустрий МГТУ им. Н.Э. Баумана. e-mail: koshikviktor@yandex.ru

Ontology as a Philosophical and General Scientific Concept: Main Approaches to Definition

© Yu.B. Tsvetkov, V.S. Koshik

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russia

A currently relevant area in the philosophy of technology — the classification and systematization of approaches to defining the phenomenon of ontology — is examined. The philosophical understanding of ontology is compared with general scientific approaches to its study. The difference between the modern usage of the term "ontology" and its philosophical understanding is investigated, namely the transition from logical systematization and universal definitions of being to a formal representation of a subject domain in the form of a system of general or abstract concepts. It is noted that subject ontologies are characterized by a narrower scope of consideration compared to philosophical ontology, but a higher degree of detail in key concepts and the relationships between them is offered. It is concluded that the universality of the general philosophical principle of categorization embedded in subject ontologies ensures a wide range of applications and contributes to improving the efficiency of work in specific technical fields and engineering education. The possibility of using ontologies as a didactic tool that enhances the effectiveness of engineering education is demonstrated.

Keywords: philosophical ontology, subject ontology, Aristotle's categories, conceptualization, classes, function relationships, axioms, thesaurus

REFERENCES

- [1] Machado L.M.O. Ontologies in knowledge organization. *Encyclopedia*, 2021, vol. 1, no. 1, pp. 144–151.
- [2] Kovalev A.E. Sobytiynaya ontologicheskaya model' ekonomicheskikh otnosheniy [Event-based ontological model of economic relations]. *Idei i ideal'y — Ideas & Ideals*, 2024, no. 1-2, pp. 309–332.
- [3] Konstantinov F.V., ed. *Filosofskaya entsiklopediya* [Philosophical Encyclopedia]. Vol. 4. Moscow, Sovetskaya Entsiklopediya Publ., 1967, 592 p.
- [4] Rubashkin V.Sh., Lakhuti D.G. Ontologiya: ot naturfilosofii k nauchnomu mirovozzreniyu i inzhenerii znaniy [Ontology: from Natural Philosophy to Scientific World Outlook and Knowledge Engineering]. *Voprosy Filosofii*, 2005, no. 1, pp. 64–81.
- [5] Bakeeva E.V. *Sovremennaya filosofiya. Vvedenie v ontologiyu* [Modern Philosophy. Introduction to Ontology]. Moscow, Yurait Publ., 2018, 392 p.
- [6] Poli R., Seibt J., eds. *Theory and applications of ontology: Philosophical perspectives*. New York, Springer, 2010, 415 p.
- [7] Markova L.A. Na puti k novoy ontologii v filosofii nauki [On the path to a new ontology in the philosophy of science]. *Voprosy Filosofii*, 2013, no. 11, pp. 40–49.
- [8] Komarov S.V. *Sovremennaya zarubezhnaya filosofiya. Nekotorye ontologicheskie kontseptsii XXI veka* [Modern Foreign Philosophy. Some Ontological Concepts of the 21st Century]. Perm, Perm State University, 2021, 160 p.
- [9] Almeida M.B. Revisiting ontologies: A necessary clarification. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 2013, vol. 64, no. 8, pp. 1682–1693.

- [10] Aristotel. *Sochineniya* [Works]. Vol. 1. Moscow, Mysl Publ., 1976, 550 p.
- [11] Taysina E.A. Metodologicheskii arsenal Aristotelya i Kanta. Kategorii [Methodological arsenal of Aristotle and Kant. Categories]. *Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, Seriya "Filosofia" — Vestnik of Samara State Technical University. Series Philosophy*, 2023, vol. 5, no. 4, pp. 67–83.
- [12] Baryshnikov P.N. Suschnost, imya i vesch v «kompyuternoy» ontologii Aristotelya [Essence, name and thing in Aristotle's "computer" ontology]. *Filosofskie problemy informatsionnykh tekhnologiy i kiberprostranstva — Philosophical Problems of Information Technologies and Cyberspace*, 2022, no. 1, pp. 61–70.
- [13] Popova V.S., Pushkarskiy A.G., Chalyy V.A. Ontologiya v metafizike versus ontologii v teoriyakh argumentatsii [Ontology in metaphysics versus ontologies in theories of argumentation]. *RATsIO.RU — RATIO.RU*, 2012, no. 8, pp. 99–126. DOI: 10.32603/2071-2340-2012-8-99-126 Available at: https://elibrary.ru/download/elibrary_21306632_96254708.pdf (accessed October 8, 2025).
- [14] Zakovorotnaya M.V. Ontologicheskaya inzheneriya, filosofskaya ontologiya: problemy i perspektivy sovmestnogo razvitiya [Ontological engineering, philosophical ontology: problems and prospects of joint development]. *Nauchnâ mys-l' Kavkaza — Scientific Thought of the Caucasus*, 2013, no. 2, pp. 13–20.
- [15] Gavrilova T.A., Khoroshevskiy V.F. *Bazy znaniy intellektualnykh sistem* [Knowledge Bases of Intelligent Systems]. St. Petersburg, Piter Publ., 2000, 382 p.
- [16] Solovyev V.D. Ontologii i tezaury [Ontologies and Thesauri]. Moscow, BINOM Publ., 2006, 173 p.
- [17] Gorshkov S. Vvedenie v ontologicheskoe modelirovanie [Introduction to Ontological Modeling]. *Trinidata*, 2016. Available at: <https://trinidata.ru/files/SemanticIntro.pdf> (accessed October 8, 2025).
- [18] Ontologii i tezaury: modeli, instrumenty, prilozheniya [Ontologies and Thesauri: Models, Tools, Applications]. *Intuit*. Available at: <https://intuit.ru/studies/courses/1078/270/lecture/6847?page=2> (accessed October 8, 2025).
- [19] Ol'shevskaya A.V. *Razrabotka predmetnykh ontologiy i sistem upravleniya distantsionnym obucheniem vo vzaimodeystvii s sotsial'nymi setyami. Dis. ... kand. tekhn. nauk* [Development of domain ontologies and distance learning management systems in interaction with social networks. Cand. Sc. (Eng.) dissertation]. St. Petersburg, 2014, 161 p.
- [20] Erkinaev A.O., Zitserman V.Yu., Kobzev G.A., Serebryakov V.A., Teymurazov K.B. Ontologiya predmetnoy oblasti «Nanomaterialy i ikh primeneniye» [Domain ontology "Nanomaterials and their applications"]. In: *Kompyuternaya lingvistika i vychislitelnye ontologii. Internet i sovremennoe obshchestvo (IMS-2015). XVIII ob"edinennaya konferentsiya (Sankt-Peterburg, 23–25 iyunya 2015 g.)* [Computational Linguistics and Computational Ontologies. Internet and Modern Society (IMS-2015). XVIII Joint Conference (St. Petersburg, June 23–25, 2015)]. St. Petersburg, ITMO University, 2015, pp. 67–81.
- [21] Vlasov A.I., Zhuravleva L.V., Rezhikova E.V., Makushina N.V., Shakhnov V.A., Chebova A.I. Ontologiya nanoinzhenerii [Ontology of nanoengineering]. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal — International Research Journal*, 2013, no. 12, pp. 50–67.
- [22] Andronic M.M., Rodionov I.A., Tsvetkov Y.B. Digital design as a key approach to shortening MEMS development cycle. *ITM Web of Conferences*, 2020, vol. 35, art. no. 01003. (International Forum "IT-Technologies for Engineering Education: New Trends and Implementing Experience" (ITEE-2019), Moscow, Russia, November 28–29, 2019).

- [23] Pilnik I.S., Baklykov D.A., Tsvetkov Yu.B. Ontologicheskoe modelirovanie opticheskikh mikroelektromekhanicheskikh sistem [Ontological modeling of optical microelectromechanical systems]. In: *Budushee mashinostroeniya Rossii. XVI Vserossiyskaya konferentsiya molodykh uchenykh i spetsialistov (s mezhdunarodnym uchastiem). Moskva, 19–22 sentyabrya 2023 g.* [The Future of Russian Mechanical Engineering. XVI All-Russian Conference of Young Scientists and Specialists (with International Participation). Moscow, September 19–22, 2023]. Vol. 2. Moscow, Bauman Press, 2023, pp. 266–272.
- [24] Tsvetkov Y.B., Baklykov D.A., Pribytkov A.D., Fedulova E.A. Ontological Modeling as a Means of Enhancing the Efficiency of MEMS Creation. In: *2025 7th International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering (REEPE)*. IEEE, 2025, pp. 1–4. DOI: 10.1109/REEPE63962.2025.10971080
- [25] Strel'tsov A. *Ontologii v informatsionnoy bezopasnosti* [Ontologies in Information Security]. Kaspersky Lab, 2021. Available at: <https://www.kaspersky.ru/blog/cybersecurity-ontology/30977/> (accessed October 8, 2025).
- [26] *Ontologiya proektirovaniya* [Ontology of Designing]. Available at: <https://www.ontology-of-designing.ru/> (accessed October 8, 2025).
- [27] Eremin E.A. Ontologii kak sredstvo predstavleniya uchebnogo materiala [Ontologies as a means of presenting educational material]. *Vestnik Permskogo gosudarstvennogo gumanitarno-pedagogicheskogo universiteta. Seriya Informatsionnye kompyuternye tekhnologii v obrazovanii — Bulletin of Perm State Humanitarian-Pedagogical University. Series Information Computer Technologies in Education*, 2007, no. 3, pp. 23–36.
- [28] Sosnovsky S., Gavrilova T. Development of educational ontology for C-programming. *International Journal "Information Theories & Applications"*, 2006, vol. 13, pp. 303–308.
- [29] Stancin K., Poscic P., Jaksic D. Ontologies in education—state of the art. *Education and Information Technologies*, 2020, vol. 25, no. 6, pp. 5301–5320.
- [30] Wang Y., Wang Z., Hu X., Bai T., Yang S., Huang L. A courses ontology system for computer science education. In: *2019 IEEE International Conference on Computer Science and Educational Informatization (CSEI)*. IEEE, 2019, pp. 251–254. DOI: 10.1109/CSEI47661.2019.8938930.
- [31] Mosharraf M., Taghiyareh F. Automatic syllabus-oriented remixing of open educational resources using agent-based modeling. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 2019, vol. 13, no. 2, pp. 297–311.
- [32] Nahhas S., Bamasag O., Khemakhem M., Bajnaid N. Leveraging linked data to propel competency-based education based on labour skills. In: *2019 2nd International Conference on Computer Applications & Information Security (ICCAIS)*. IEEE, 2019, pp. 1–6. DOI: 10.1109/CAIS.2019.8769503.
- [33] Piedra N., Caro E.T. LOD-CS2013: Multilearning through a semantic representation of IEEE computer science curricula. In: *2018 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*. IEEE, 2018, pp. 1939–1948. DOI: 10.1109/EDUCON.2018.8363473.
- [34] Samia Z., Khaled R., Warda Z. Multi-agent systems and ontology for supporting management system in smart school. In: *2018 3rd International Conference on Pattern Analysis and Intelligent Systems (PAIS)*. IEEE, 2018, pp. 1–8. DOI: 10.1109/PAIS.2018.8598505.
- [35] Tsvetkov Yu.B. Ontologicheskoe modelirovanie predmetnoy oblasti kak sredstvo povysheniya effektivnosti usvoeniya inzhenernykh distsiplin [Ontological modeling of the subject area as a means of improving the efficiency of mastering engineering disciplines]. In: *Klyuchevye trendy razvitiya iskusstvennogo*

- intellekta: nauka i tekhnologii. Mezhdunarodnaya IT-konferentsiya (Moskva, 21 aprelya 2023 g.)* [Key Trends in the Development of Artificial Intelligence: Science and Technology. International IT Conference (Moscow, April 21, 2023)]. Moscow, Bauman Press, 2023, pp. 111–117.
- [36] Netimenko K.Ya., Kiryanov S.V., Yurkin N.O., Platonov D.D. Subject area ontological simulation in learning the engineering discipline: students' view. *Politekhicheskiy molodezhnyy zhurnal — Polytechnic Youth Journal*, 2023, no. 7. DOI: 10.18698/2541-8009-2023-7-918

Tsvetkov Yu.B., Dr. Sci. (Eng.), Professor, Department of Electronic Technologies in Mechanical Engineering, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russia. e-mail: tsvetkov@bmstu.ru

Koshik V.S., Director, Center for Creative Industries, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, 105005, Russia. e-mail: koshikviktor@yandex.ru