

ОНТОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ИНЖЕНЕРНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ: ВЗГЛЯД СТУДЕНТОВ

К.Я. Негименко

С.В. Кирьянов

Н.О. Юркин

Д.Д. Платонов

netimenkokya@student.bmstu.ru

makdrin@mail.ru

yurkin.nik18@mail.ru

danillplaton0ff@yandex.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация

Аннотация

Приведены результаты эксперимента по онтологическому моделированию предметной области инженерной дисциплины параллельно с ее освоением. Этапы работы включали формирование глоссария, концептуальной карты, а затем и онтологии на основе редактора Protégé. Показано, что такая работа позволяет активизировать усвоение учебного материала, реализовать в полной мере систему учебных целей в комплексе от простого к сложному: помнить, понимать, применять, анализировать, оценивать, создавать. Проработка глоссария обеспечила не только уверенное запоминание этой информации, но также расширение и углубление представления об основных концептах изучаемой предметной области. Коллаборация при разработке онтологии, совместная разработка критериев оценки их качества, взаимное анонимное рецензирование обеспечили приобретение всеми студентами начальных навыков онтологического моделирования, способствовали формированию универсальных, надпредметных компетенций параллельно с освоением инженерной дисциплины и на ее основе.

Ключевые слова

Концепт, концептуальная карта, глоссарий, класс, индивид, логические связи, онтология, таксономия, универсальные компетенции

Поступила в редакцию 25.05.2023

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2023

Введение. Основным направлением новой экономической политики развитых стран, в том числе России, в последние годы становится реиндустриализация. При этом резко возрастает потребность в подготовке высококвалифицированных инженеров для создания и развития отраслей промышленности, способных эффективно работать в условиях очередной, четвертой индустриальной революции (Индустрии 4.0) [1].

Изучение и практическое освоение процессов микротехнологий сопряжено с усвоением большого и постоянно расширяющегося объема научно-технической информации. Известно высказывание о том, что самый ценный

ресурс в мире — уже не нефть, а информация (The world's most valuable resource is no longer oil, but data) [1]. Тем более важным является повышение эффективности превращения информации во время обучения в знания, а затем их применение при решении практических инженерных задач. Не менее важно повышение уровня познавательной деятельности студентов, формирование критического и творческого мышления.

Проработка учебного материала курса «Процессы и оборудование микро-технологии» [2] послужила основой для апробации одной из прорывных педагогических технологий, основанной на онтологическом моделировании изучаемой предметной области. Цель данной статьи — рассмотрение особенностей и результатов практического применения этой технологии для активизации учебного процесса и повышения его эффективности.

Онтологии в учебном процессе. Комплекс математических, естественнонаучных, общетехнических и специальных дисциплин, изучаемых студентами в инженерных образовательных программах, ставит перед ними сложную проблему их освоения за отведенное время на заданном уровне. Для облегчения решения этой проблемы все чаще применяют представление изучаемых предметных областей в виде концептуальных моделей — онтологий.

Онтология — это формальная спецификация основных концептов предметной области:

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

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).

Построение онтологии 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, основанные на ключевых словах, имеют свои ограничения: результаты могут быть либо недостаточно точными, либо слишком обширными. В отличие от них, онтологии предоставляют возможность получать информацию, которая тесно связана с запросом на семантическом уровне, позволяя уточнять или обобщать запрос для получения более точных результатов.

Все эти возможности онтологического моделирования широко используются в учебном процессе. Прежде всего они применяются для формирования содержания учебных курсов, как для очного [3], так и для электронного [4] обучения. Кроме того, как показано в развернутом обзоре [5], онтологии могут использоваться для установления отношений между учебными элементами [6], уточнения значения терминов [7], объединения учебной информации из нескольких открытых источников [8], точного описания и анализа учебной программы [9], формирования интеллектуальных баз знаний [10].

Анализ работ в этой области показывает безусловную важность и полезность применения онтологий в учебном процессе. При этом выявляется интересная особенность. В большинстве рассмотренных работ преподаватель выступает экспертом, носителем знаний о предметной области, а студент — потребителем этих знаний. Онтологическое моделирование ускоряет процесс усвоения новой учебной информации, причем уровень усвоения может быть проконтролирован также с помощью онтологий.

Вместе с тем образовательные стандарты высшего профессионального образования предписывают освоение компетенций, относящихся к способам работы с информацией, включая:

- поиск информации;
- восприятие, получение, извлечение информации;
- систематизацию, структурирование информации;
- обработку, анализ, синтез, обобщение, критическую оценку информации.

В общем плане это должно способствовать повышению уровня познавательной деятельности студентов, формированию критического и творческого мышления.

Специалисты в области использования онтологии в качестве инструмента познания подчеркивают [4], что «при создании базы знаний именно эксперт вместе с инженером по знаниям получают наиболее полное представление о предметной области, в то время как пользователи этой базы или системы получают “сухие выжимки”, готовые факты без всего многообразия связей и путей их получения».

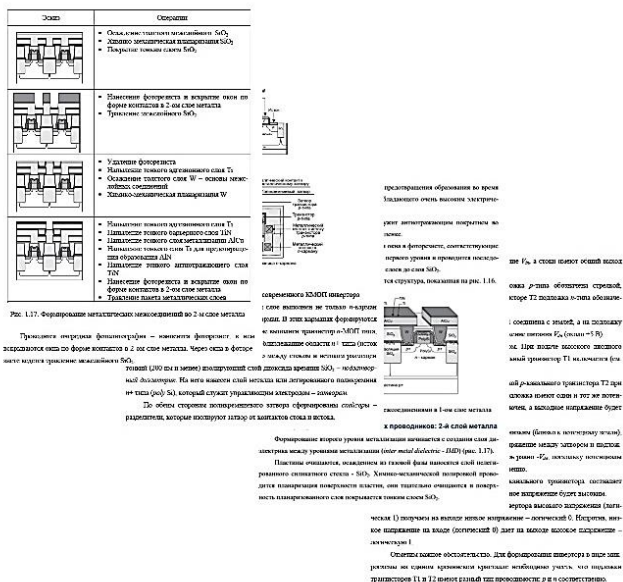
Вывод из этого суждения следующий: «Лучший путь обучения — самому попытаться изложить (изобразить) материал предметной области таким образом, чтобы другие смогли получить о нем представление».

И наконец, самое важное: «Стоит еще раз подчеркнуть, что онтология не есть самоцель. В процессе построения, то есть при взаимодействии семантических связей нашей памяти с визуальной информацией, связи перестраиваются, порождая в свою очередь новые знания».

Для оценки применимости онтологий в качестве обучающего, дидактического средства был спланирован и проведен эксперимент по параллельному освоению инженерной дисциплины и ее онтологическому представлению. На первом этапе в качестве исходного источника информации использовалось подготовленное учебное пособие, на втором этапе исходным этапом работы был поиск и предварительная обработка информации.

Методика создания онтологии изучаемой предметной области. Процедура создания онтологии студентами напрямую соотносится с этапами изучения новой информации. При начальном ознакомлении с материалами курса формируются первичные знания о предметной области, они поверхностны и хаотичны, не дают целостного представления об объекте изучения. Выделение

в изучаемой предметной области основных терминов и определений, их расширение и уточнение, при необходимости — визуализация, позволяют сформировать глоссарий терминов (рис. 1).



а

- Интенсивность излучения (I)** — энергия светового потока, падающего на поверхность фоторезиста в единицу времени ($\text{мВт}/\text{см}^2$).
- Экспозиция (E)** — доза активной световой энергии, воздействующая на слой фоторезиста в процессе экспонирования: $E = I \cdot t$ ($\text{мДж}/\text{см}^2$). Заметим, что $1 \text{ мВт} \cdot 1 \text{ с} = 1 \text{ мДж}$.
- Пороговая экспозиция (E_0)** — минимальная доза световой энергии, вызывающая изменение свойств пленки фоторезиста на всю толщину.
- Чувствительность фоторезиста** ($S = \frac{1}{E} = \frac{1}{I \cdot t}$) — способность реагировать на излучение, определяется как величина, обратная дозе излучения, необходимой для проявления слоя определенной толщины.

Ингибитор — вещество, препятствующее растворению неэкспонированного фоторезиста, при добавлении ее в базовый полимер (до 20-30% от веса фоторезиста) уменьшает скорость проявления неэкспонированной пленки фоторезиста. В качестве ингибитора чаще всего используют **нафтохинондиазид (НХД)**.

Процесс формирования изображения в фоторезисте целесообразно разделить на два этапа:

- Экспонирование** — это оптический процесс, который вызывает в фоторезисте необратимые химические видоизменения, в частности, для позитивного резиста — разрушение светочувствительной составляющей (ингибитора)
- Проявление** — это процесс поверхностного растворения, при котором происходит удаление фоторезиста со скоростью, зависящей от степени разрушения ингибитора.

б

Рис. 1. Формирование глоссария изучаемой предметной области: а — текст учебного пособия; б — глоссарий выделенных терминов (концептов)

Таким образом, результатом первого этапа является набор структурных единиц изучаемой предметной области на основе выделенных терминов, называемых концептами (атрибутами). При этом *многократная углубленная проработка информации обеспечивает надежное понимание и запоминание ключевых положений.*

Далее следует этап анализа, систематизации концептов и создания смысловых (семантических) связей между ними. Для этого концепты группируют в классы и выделяют их общие признаки, что обеспечивает возможность включения полученных классов в единую систематизированную базу знаний. На этом этапе использована визуализация структуры классов, подклассов и концептов с помощью интеллект-карт (mind maps) (рис. 2).

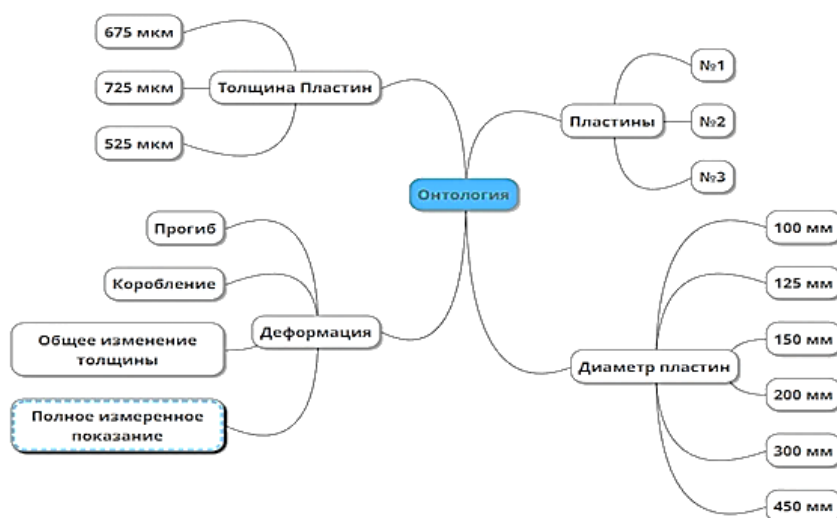


Рис. 2. Интеллект-карта (Mind map) — структурированный набор концептов, объединенных в классы

Проведенные анализ, систематизация и визуализация информации позволяют представить ее в виде онтологии. Для этого использован свободно распространяемый открытый редактор онтологий Protege.

Редактор Protégé позволяет представить систему классов концептов, связи между ними, обеспечить анализ возможных логических противоречий, провести визуализацию полученного результата (рис. 3).

Важным достоинством редактора Protégé является возможность реализации сложных по структуре запросов, что обеспечивает выявление востребованных концептов (рис. 4).

Работу по созданию онтологий студенты вели небольшими (до трех человек) группами, что способствовало сотрудничеству и взаимодействию, формированию партнерских отношений. При оценке качества онтологий, разработанных разными подгруппами, проводили их анонимный анализ, сравнение и рей-

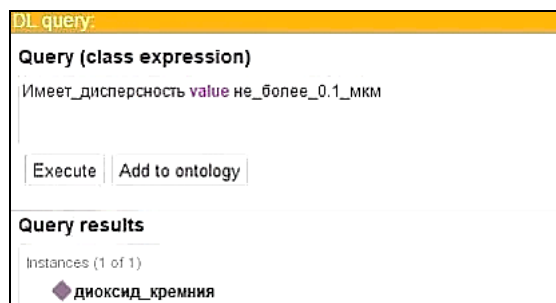


Рис. 4. Реализация сложных запросов

Работа по созданию онтологий проводилась итерационно. Студенты анализировали начальные версии онтологий, искали и настраивали связи между объектами, соотносили понятия между собой, а также выделяли новые, более точные классы из ранее созданных. Информацию представляли триплетами, которые были структурированы и связаны между собой, при этом происходило дополнительное запоминание и усвоение материала предметной области.

Онтологии каждой группы студентов после взаимной оценки выносили на общее обсуждение. На конкретных примерах разбирали типовые ошибки, формировали направления работ по повышению качества. На этом этапе каждый студент учился объективно оценивать как свою онтологию, так и работу своих товарищей, замечал хорошие и неудачные идеи для улучшения своего результата. После таких обсуждений качество онтологий неуклонно росло. И теперь уже сами студенты могли здраво обосновать различные подходы к написанию онтологий.

Примечательно, что остаточные знания в конце семестра студентов, находящихся на очном обучении, и студента, обучающегося дистанционно с применением онтологий, были одинаковы.

Оценка эффективности применения онтологического моделирования. Анализ результатов эксперимента по использованию онтологического представления изучаемого учебного материала позволяет констатировать следующее.

Прежде всего, активизировался процесс усвоения новой учебной информации: понятий, определений, терминов. Проработка глоссария обеспечила не только уверенное запоминание этой информации, но также расширение и углубление представления об основных концептах изучаемой предметной области.

Разработанный глоссарий был использован в качестве основы для формирования сначала интеллект-карты, а затем и онтологии. Применение для этого повсеместно распространенного редактора онтологий Protege обеспечило не просто знакомство с ним, но и уверенное освоение.

Разработка онтологий небольшими подгруппами, совместная деятельность для достижения общей цели предусматривала обмен мнениями, обсуждение, достижение согласия. Эта форма сотрудничества сейчас часто называется термином коллаборация.

Для анализа и сравнительной оценки качества формируемых онтологий группой совместно были разработаны критерии, по которым проводили анонимное рейтинговое выполнение работ. Дальнейшее обсуждение результатов, обеспечило, по сути, обмен опытом, приобретение всеми студентами уверенных навыков онтологического моделирования.

При обсуждении этих результатов с руководителем эксперимента установлено, что эти результаты в полной мере реализуют таксономию Блума — систему учебных целей в комплексе от простого к сложному: помнить, понимать, применять, анализировать, оценивать, создавать.

Таким образом, показано, что формирование универсальных, надпредметных компетенций возможно параллельно с освоением инженерных дисциплин и на их основе.

Заключение. Онтология в образовательном процессе является одной из эффективных форм представления знаний, средством адаптации учебного процесса к росту объемов информации и необходимости их структуризации и формализации.

Разработка онтологий параллельно с освоением учебной научно-технической информации позволяет обобщать и систематизировать информацию, группировать информацию, распределенную по различным хранилищам, базам данных и знаний, использовать автоматизированный логический вывод для обеспечения поиска, получения новых знаний и анализа информации.

Этапы создания онтологий обеспечивают углубленную проработку и расширение изучаемой информации, прививают навыки коллективной работы, анализа и оценки результатов.

Проведенный эксперимент дает основание для рекомендации внедрения онтологического моделирования в образовательный процесс при изучении инженерных дисциплин.

Литература

- [1] Parkins D. *The world's most valuable resource is no longer oil, but data*. URL: <https://www.economist.com/leaders/2017/05/06/the-worlds-most-valuable-resource-is-no-longer-oil-but-data> (accessed May 25, 2023).
- [2] Цветков Ю.Б. *Процессы и оборудование микротехнологии*. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018, 124 с.
- [3] Еремин Е.А. Онтологии как средство представления учебного материала. *Вестник ПГПУ. Серия: Информационные компьютерные технологии в образовании*, 2007, № 3, с. 23–36.
- [4] Sosnovsky S., Gavrilova T. Development of educational ontology for C-programming. *Information Theories & Applications*, 2006, vol. 13, pp. 303–308.
- [5] Stancin K., Poscic P., Jaksic D. Ontologies in education — state of the art. *Education and Information Technologies*, 2020, vol. 25 (6), pp. 5301–5320. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10226-z>

- [6] 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*, 2009, pp. 251–254.
<https://doi.org/10.1109/CSEI47661.2019.8938930>
- [7] Mosharraf M., Taghiyareh F. Automatic syllabus-oriented remixing of open educational resources using agent-based modeling. *IEEE transactions on learning technologies*, 2019, vol. 13 (2), pp. 297–311. <https://doi.org/10.1109/TLT.2019.2937084>
- [8] 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*, 2019, pp. 1–6.
<https://doi.org/10.1109/CAIS.2019.8769503>
- [9] Piedra N., Caro E.T. LOD-CS2013: Multilearning through a semantic representation of IEEE computer science curricula. *IEEE Global Engineering Education Conference*, 2018, pp. 1939–1948. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2018.8363473>
- [10] Samia Z., Khaled R., Warda Z. Multi-agent systems and ontology for supporting management system in smart school. *3-rd International Conference on Pattern Analysis and Intelligent Systems*, 2018, pp. 1–8. <https://doi.org/10.1109/PAIS.2018.8598505>

Нетименко Кирилл Яковлевич — студент кафедры «Электронные технологии в машиностроении» МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Кирьянов Сергей Владимирович — студент кафедры «Электронные технологии в машиностроении» МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Юркин Никита Олегович — студент кафедры «Электронные технологии в машиностроении» МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Платонов Данил Дмитриевич — студент кафедры «Электронные технологии в машиностроении» МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Научный руководитель — Цветков Юрий Борисович, доктор технических наук, директор НОК Цифровой университет, профессор кафедры «Электронные технологии в машиностроении» МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация. E-mail: tsvetkov@bmstu.ru. SPIN-код: 8899-9228, AuthorID: 541044.

Ссылку на эту статью просим оформлять следующим образом:

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, № 07 (84).
<http://dx.doi.org/10.18698/2541-8009-2023-7-918>

SUBJECT AREA ONTOLOGICAL SIMULATION IN LEARNING THE ENGINEERING DISCIPLINE: STUDENTS' VIEW

K.Y. Netimenko
S.V. Kiryanov
N.O. Yurkin
D.D. Platonov

netimenkokya@student.bmstu.ru
makdrin@mail.ru
yurkin.nik18@mail.ru
danillplaton0ff@yandex.ru

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

Abstract

The paper presents results of the experiment in ontological simulation of the engineering discipline subject area in parallel with its mastering. Work stages included glossary and conceptual map formation and then ontology based on the Protégé editor. It is shown that such work makes it possible to activate mastering in the educational material and fully implement the educational goals system in a complex from simple to complex, i.e. remember, understand, apply, analyze, evaluate and create. The glossary development provided not only confident memorization of this information, but also expansion and deepening the understanding of main concepts of the studied subject area. Collaboration in the ontology development, combined development of criteria for assessing their quality and mutual anonymous reviews ensured that all students acquired initial skills in the ontological simulation and contributed to formation of the universal over-subject competencies in parallel with mastering the engineering discipline and on its basis.

Keywords

Concept, conceptual map, glossary, class, individual, logical connections, ontology, taxonomy, universal competencies

Received 25.05.2023
© Bauman Moscow State Technical
University, 2023

References

- [1] Parkins D. *The world's most valuable resource is no longer oil, but data*. URL: <https://www.economist.com/leaders/2017/05/06/the-worlds-most-valuable-resource-is-no-longer-oil-but-data> (accessed May 25, 2023).
- [2] Tsvetkov Yu.B. *Protsessy i oborudovanie mikrotekhnologii* [Microtechnology processes and equipment]. Moscow, BMSTU Press, 2018, 124 p. (In Russ.).
- [3] Eremin E.A. Ontologies as a means of presenting educational material. *Vestnik PGPU. Seriya: Informatsionnye komp'yuternye tekhnologii v obrazovanii*, 2007, no. 3, pp. 23–36. (In Russ.).
- [4] Sosnovsky S., Gavrilova T. Development of educational ontology for C-programming. *Information Theories & Applications*, 2006, vol. 13, pp. 303–308.
- [5] Stancin K., Poscic P., Jaksic D. Ontologies in education — state of the art. *Education and Information Technologies*, 2020, vol. 25 (6), pp. 5301–5320. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10226-z>

- [6] 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*, 2009, pp. 251–254.
<https://doi.org/10.1109/CSEI47661.2019.8938930>
- [7] Mosharraf M., Taghiyareh F. Automatic syllabus-oriented remixing of open educational resources using agent-based modeling. *IEEE transactions on learning technologies*, 2019, vol. 13 (2), pp. 297–311. <https://doi.org/10.1109/TLT.2019.2937084>
- [8] 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*, 2019, pp. 1–6.
<https://doi.org/10.1109/CAIS.2019.8769503>
- [9] Piedra N., Caro E.T. LOD-CS2013: Multilearning through a semantic representation of IEEE computer science curricula. *IEEE Global Engineering Education Conference*, 2018, pp. 1939–1948. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2018.8363473>
- [10] Samia Z., Khaled R., Warda Z. Multi-agent systems and ontology for supporting management system in smart school. *3-rd International Conference on Pattern Analysis and Intelligent Systems*, 2018, pp. 1–8. <https://doi.org/10.1109/PAIS.2018.8598505>

Netimenko K.Y. — Student, Department of Electronic Technologies in Machine Engineering, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Kiryanov S.V. — Student, Department of Electronic Technologies in Machine Engineering, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Yurkin N.O. — Student, Department of Electronic Technologies in Machine Engineering, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Platonov D.D. — Student, Department of Electronic Technologies in Machine Engineering, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Scientific advisor — Tsvetkov Y.B., Professor, Dr. Sci. (Eng.), Director of Scientific and Educational Complex Digital University, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation. E-mail: tsvetkov@bmstu.ru. SPIN-код: 8899-9228, AuthorID: 541044

Please cite this article in English as:

Netimenko K.Y., Kiryanov S.V., Yurkin N.O., Platonov D.D. Subject area ontological simulation in learning the engineering discipline: students' view. *Politekhnichestkiy molodezhnyy zhurnal*, 2023, no. 07 (84). (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.18698/2541-8009-2023-7-918>