



Подход к разработке онтологии кластера

© 2024, Д.Л. Напольских

Поволжский государственный технологический университет (ПГТУ), Йошкар-Ола, Россия

Аннотация

Представлен концептуальный подход к разработке онтологии предметной области «Кластеры» и формированию соответствующего инструментария разработки. Онтология кластера является основой для решения задач кластерной политики с помощью технологий искусственного интеллекта. Предметом исследования является иерархия понятий онтологии «Кластеры» и структура отношений между ними. Задачами работы являются формализация таксономической иерархии онтологии «Кластеры», определение видов и структуры отношений между элементами онтологии. В исследовании использована совокупность информационных технологий, объединённых единым семантическим каркасом: онтологический язык *OWL*, редактор онтологий для построения баз знаний *Protege*, программные инструменты работы с онтологиями. Рассмотрены критерии классификации и виды семантических сетей предметной области «Кластеры». Определены типы отношений, которые могут применяться при построении семантической сети этой предметной области. К новым видам кластеров отнесены «Инновационный мультикластер» и «Инновационный гиперкластер». Впервые предложена структура таксономической иерархии онтологии «Кластеры», выделены основные типы отношений между элементами. Определены направления применения предлагаемой онтологии для цифровизации систем регионального управления.

Ключевые слова: семантическая сеть, онтология, предметная область, *OWL*, *Protégé*, кластер, кластерная политика, региональное управление.

Цитирование: Напольских Д.Л. Подход к разработке онтологии кластера // *Онтология проектирования*. 2024. Т.14, №3(53). С.355-365. DOI:10.18287/2223-9537-2024-14-3-355-365.

Финансирование: Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда № 23-78-10042 «Методология многоуровневой интеграции экономического пространства и синхронизации инновационных процессов как основа устойчивого развития российских регионов (на основе концепции инновационного гиперкластера)» <https://rscf.ru/project/23-78-10042/>.

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение

Кластерная терминология активно применяется в научных исследованиях, государственных программах и корпоративных проектах для обозначения различных территориальных форм отраслевой организации производства [1]. С ростом результативности кластерной политики кластерная терминология и модели территориального развития стали широко использоваться в смежных с региональной экономикой сферах, что привело к появлению различных контекстов трактовки сущности кластеров и подходов к их классификации [2]. Вследствие этого терминологические рамки кластерной политики размываются, а названия «кластер» и «инновационный кластер» приобретают различные квазикластерные системы. Это можно объяснить заинтересованностью территориальных органов управления в получении финансирования в рамках государственных программ кластерного развития, а также повышением инвестиционной привлекательности территории [3, 4]. Свободная интерпретация и использование понятия «кластер», а также вульгаризация этого понятия для восприятия широкой аудиторией могут стать причинами ошибочного выбора механизмов и инструментов социально-экономического развития регионов [5].

Под *кластером* в работе понимается саморазвивающаяся территориально-отраслевая экономическая система, характеризующаяся пространственной концентрацией производства, гетерогенным составом и сетевой структурой взаимодействий самостоятельных организаций-участников, а также высоким уровнем институционализации и конкурентоспособности. *Инновационный кластер* рассматривается как тип кластеров, характеризующийся специализацией на высокотехнологичном производстве, разработке инновационных товаров и услуг, а также наличием научно-образовательного ядра (научные центры, университеты и т.д.) и развитой инновационной инфраструктуры.

Кластерная политика - это система форм, механизмов и инструментов государственной поддержки кластерных инициатив и действующих кластеров, реализуемых на национальном и региональном уровнях. Реализация кластерной политики направлена на комплексное экономическое развитие территорий, а также формирование благоприятной для инновационной деятельности институциональной среды.

Концептуальные рамки теории кластера обусловлены эволюционной теорией и сформированы на основе экономической теории конкурентоспособности, пространственного развития, системных инноваций. Концептуально класс «Кластеры» ограничен кругом территориально-отраслевых экономических систем, представляющих собой совокупность организаций-участников, объединившихся на основе долгосрочных сетевых контрактов с целью эффективного использования ресурсов и специфических преимуществ для повышения общей конкурентоспособности.

Семантические сети (СС) являются одной из форм для автоматизированного решения широкого круга исследовательских и прикладных задач в сфере социально-экономического развития [6]. Активное внедрение интеллектуальных систем в государственное и корпоративное управление актуализирует задачи анализа неструктурированной информации, получаемой из различных баз знаний (БЗ), формализации предметной области (ПрО) «Кластеры» для решения задач кластерной политики на основе технологий искусственного интеллекта (ИИ) [7]. Преимуществом СС по сравнению с базами данных является их модель, позволяющая рассматривать объекты и явления в контексте различных областей знания. Данная концепция получила развитие в виде универсальных БЗ *Wikidata*¹ и *Metaphactory*², а также ряда специализированных, например, компании *Siemens* (эксплуатация промышленного оборудования)³, *Statoil* (нефтяная отрасль) [8], *Pinterest* (таргетированная реклама) [9], *BioPortal*⁴. (медицина и биотехнологии).

Основой построения СС являются онтологии [10-13]. Онтология задаёт предмет описания, формируя возможность оперировать определённым кругом понятий и делать высказывания об этих понятиях. СС является графической структурой представления (визуализации) и анализа знаний, построенной на основе отношений между понятиями в рамках теории кластера, а онтология представляет собой логическую формализацию понятий, их свойств и взаимосвязей. СС, выступающие формой представления информации в виде ориентированного графа, могут рассматриваться как один из способов реализации онтологии. При этом СС не имеют ограничений для представления знаний в рамках определённой ПрО, если эти знания могут быть представлены в виде графа. Отличие онтологий от СС состоит также в том, что онтология является спецификацией, описывающей семантический контекст понятий в рамках ПрО «Кластеры». Применительно к задачам исследования СС и онтологии рассмат-

¹ *Welcome to Wikidata*. https://www.wikidata.org/wiki/Wikidata:Main_Page.

² *Welcome to metaphactory*. <https://wikidata.metaphacts.com/resource/app:Start>.

³ *Artificial Intelligence: The Context Revolution*. <https://www.siemens.com/global/en/company/stories/research-technologies/artificial-intelligence/artificial-intelligence-industrial-knowledge-graph.html>.

⁴ *Welcome to BioPortal, the world's most comprehensive repository of biomedical ontologies*. <https://bioportal.bioontology.org/>.

риваются как две взаимосвязанные формы представления концепции кластера, органически дополняющие друг друга.

В [14] обобщены методы разработки специализированных онтологий для задач моделирования в рамках определённой ПрО, а в [15] проведены анализ и систематизация семантических ресурсов, применяемых при разработке онтологий ПрО. Методология интеграции подпространства определённой ПрО в семантическое пространство верхнего уровня рассмотрена в [16], а в [17] - теоретические и прикладные аспекты автоматического построения СС.

1 Постановка задачи и инструментарий исследования

Разработка онтологии ПрО «Кластеры» для решения задач кластерной политики на основе технологий ИИ обусловлена научно-практической проблемой совершенствования технологических возможностей субъектов кластерной политики на национальном и региональном уровнях. Онтология ПрО «Кластеры» позволит расширить технологический инструментарий мониторинга процессов кластеризации экономики за счёт анализа больших объёмов информации из различных БЗ [18].

Ключевым методологическим ограничением при разработке онтологии ПРО «Кластеры» является её релевантность модели региональной экономики и теории кластерного развития [19, 20]. В процессе разработки онтологии ПрО «Кластеры» нашли применение следующие основные компоненты теории кластера: жизненный цикл кластера, критерии классификации кластеров, типы отраслевой специализации кластеров, виды организаций-участников кластера и др. Для онтологического представления кластера необходимо определение и упорядочение совокупности понятий ПрО в форме тезауруса, а также структурирование отношений между ними.

Решение задачи разработки онтологии ПрО «Кластеры» заключается в последовательном выполнении следующих подзадач:

- составление перечня основных и второстепенных классов понятий ПрО «Кластеры», лежащих в основе таксономической иерархии онтологии;
- разработка и формализация таксономической иерархии онтологии;
- определение видов и структуры отношений между элементами онтологии.

В работе использована совокупность информационных технологий, объединённых единым семантическим каркасом: онтологический язык *OWL* второй версии, редактор онтологий и фреймворк для построения БЗ *Protege*, программные инструменты работы с онтологиями. Инструментарий разработки онтологии ПрО «Кластеры» представлен на рисунке 1.

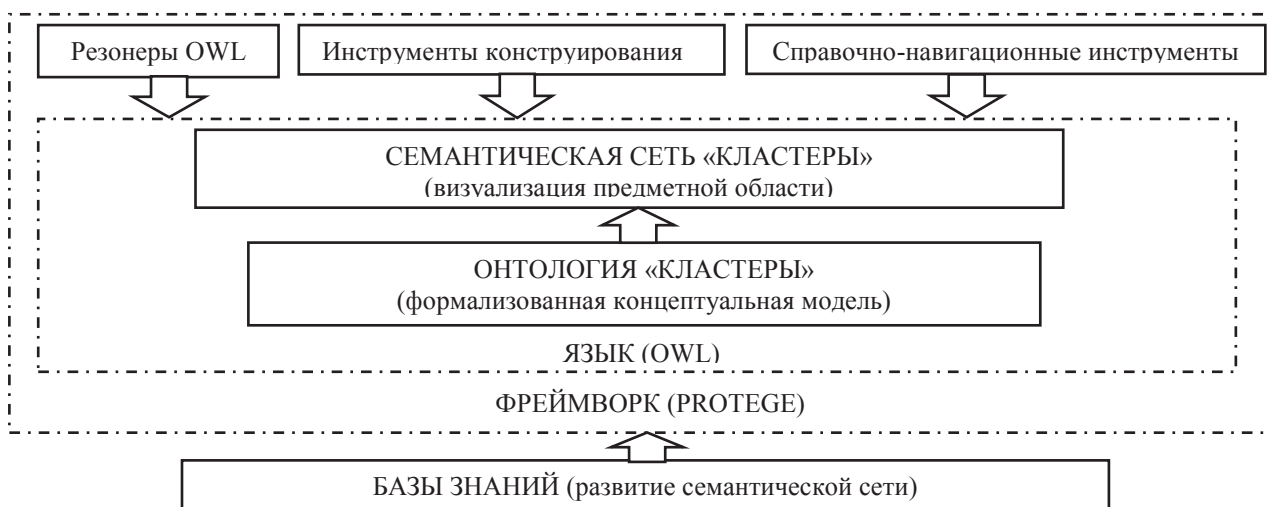


Рисунок 1 – Инструментарий разработки онтологии предметной области «Кластеры»

Описание онтологии на *OWL* представляет собой последовательность аксиом, использующихся для формализации информации о ресурсах и их свойствах. Под ресурсом понимается описание объекта, класса объектов, абстрактной категории, цифрового документа и т.д., позволяющее сделать какое-либо высказывание в форме триплета «*субъект-предикат-объект*» (рисунки 2). Для идентификации ресурсов используется унифицированный идентификатор ресурсов (*Uniform Resource Identifier, URI*).



Рисунок 2 – Триплет «субъект-предикат-объект»

2 Разработка онтологии кластера

Представление концепции кластера в форме специализированной онтологии основано на сформированном в ходе исследования тезаурусе, в рамках которого даны определения понятиям, описывающим исследуемую область знаний. Предлагаемая онтология ПрО включает базовые термины, относящиеся к региональной экономике и управлению, экономической географии, кластерной политике, а также выделенные типы кластеров и различных образований кластерного типа.

Для каждого класса онтологии средствами языка *rdfs:isDefinedBy* дано определение, соответствующее современному состоянию региональной экономики и концепции кластера. С помощью инструментария редактора *Protege* в разделе *Classes–Description* проведено разграничение непересекающихся классов через предикат *Disjoint With*. Пример описания класса «кластер» представлен на рисунке 3.

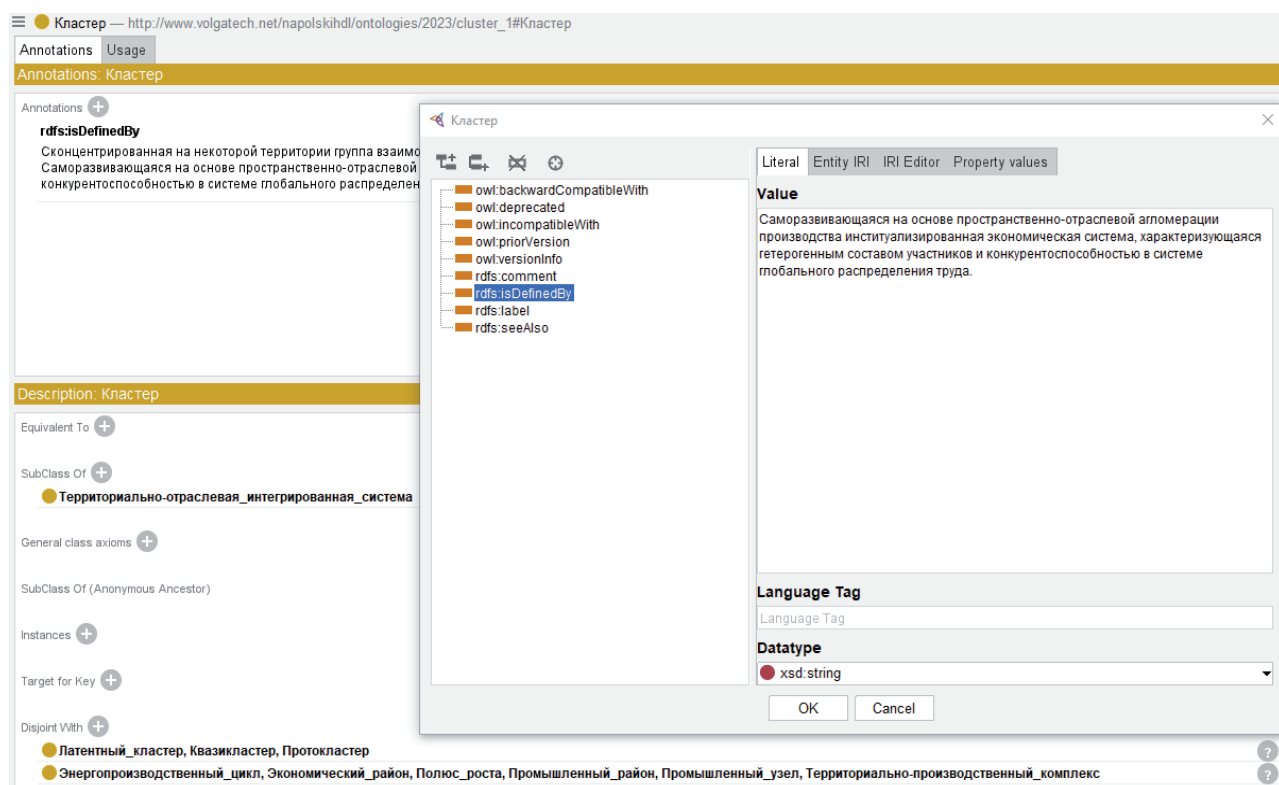


Рисунок 3 – Пример описания класса «кластер» в редакторе *Protege*

К верхнему уровню онтологии ПрО «Кластеры» относятся 16 классов (см. рисунок 4), из них 14 классов имеют подклассы (кроме классов «Национальная инновационная система» и «Региональная инновационная система»).

Структура таксономических отношений, определяющих уровни понятий (надкласс – класс – подкласс) формируется в виде таксономической иерархии. Например, класс «Технопарк» включает в себя подклассы «Технопарк в сфере высоких технологий», «Промышленный технопарк», «Агропромышленный технопарк», «Экотехнопарк». Класс «Технопарк» является подклассом для класса «Объект инновационной инфраструктуры», который объединяет все технопарки и схожие с ними инновационные организации (центры трансфера технологий, центры коллективного пользования, бизнес-инкубаторы и т.д.). Конкретные российские высокотехнологичные технопарки в данном случае могут рассматриваться в качестве экземпляров подкласса «Технопарк в сфере высоких технологий», класса «Технопарк» и надкласса «Объект инновационной инфраструктуры».

Для представления в онтологии новых типов инновационных кластеров, отличающихся сложной многоуровневой структурой экономических отношений, используется структурное отношение. К новым типам кластеров, предложенных автором, относятся «Инновационный мультикластер» и «Инновационный гиперкластер».

Инновационный мультикластер – территориально-отраслевая система кластерного типа, образованная на основе интеграции нескольких взаимосвязанных кластеров, специализирующихся в смежных видах экономической деятельности.

Инновационный гиперкластер – развивающийся на основе цифровых сред и платформ тип инновационных мультикластеров, особенностями которого являются мультиотраслевая специализация, трансрегиональный характер экономической деятельности и сетевая структура взаимодействия участников. Инновационный кластер является обязательной составной частью инновационного мультикластера, а цифровые платформы и цифровые экосистемы входят в состав инновационного гиперкластера.

Представление экономической концепции кластера в форме онтологии ПрО «Кластеры» также включает задачу систематизации используемых в её рамках отношений (*object properties*, *data properties*, см. рисунок 5).

К специфическим отношениям, применяемым в рассматриваемой онтологии, относятся «располагаться на территории», «координировать развитие», «являться резидентом», «иметь объём выручки» и другие типы отношений (рисунок 5).

Для специализированных онтологий наряду с общепринятыми типами отношений (таксономических, структурных и др.) вводятся отношения, свойственные рассматриваемой ПрО. В онтологии ПрО «Кластеры» используются следующие универсальные отношения: между объектом и классом, между подклассом и классом, части и целого. Пример отноше-

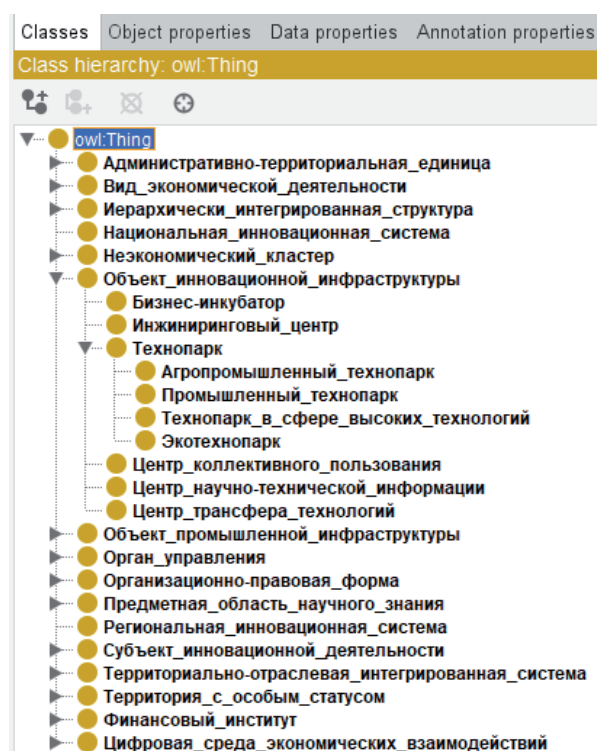


Рисунок 4 – Верхний уровень таксономической иерархии онтологии предметной области «Кластеры» (выполнено в редакторе *Protege*)

ний между подклассом и классом, раскрывающих основные виды кластеров и систем кластерного типа представлен на рисунке 6.

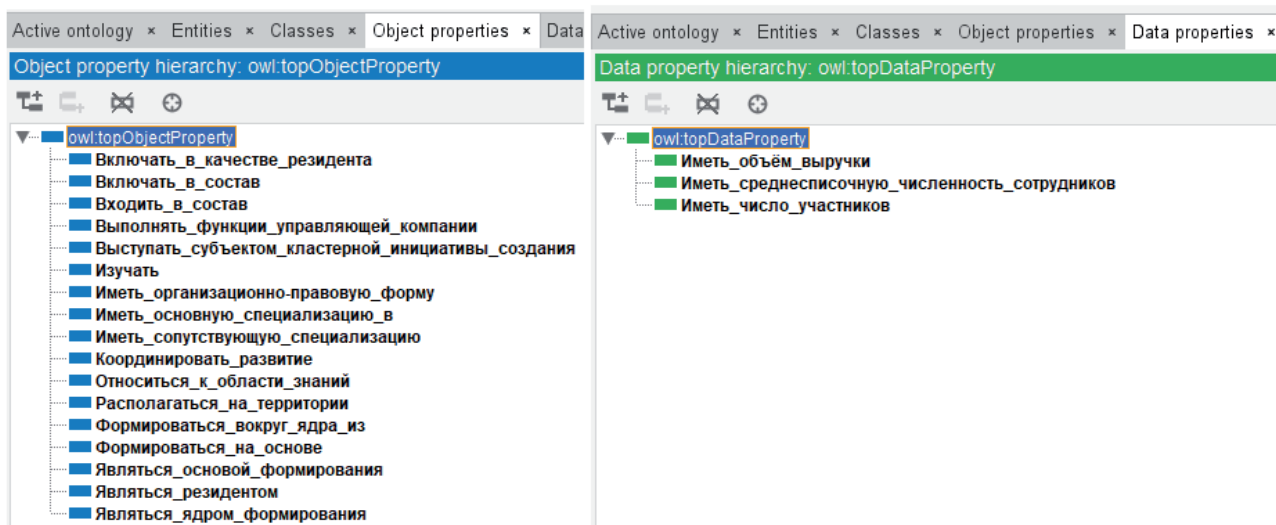


Рисунок 5 – Типы отношений, разработанные для представления концепции кластера в форме онтологии (выполнено в редакторе *Protege*)

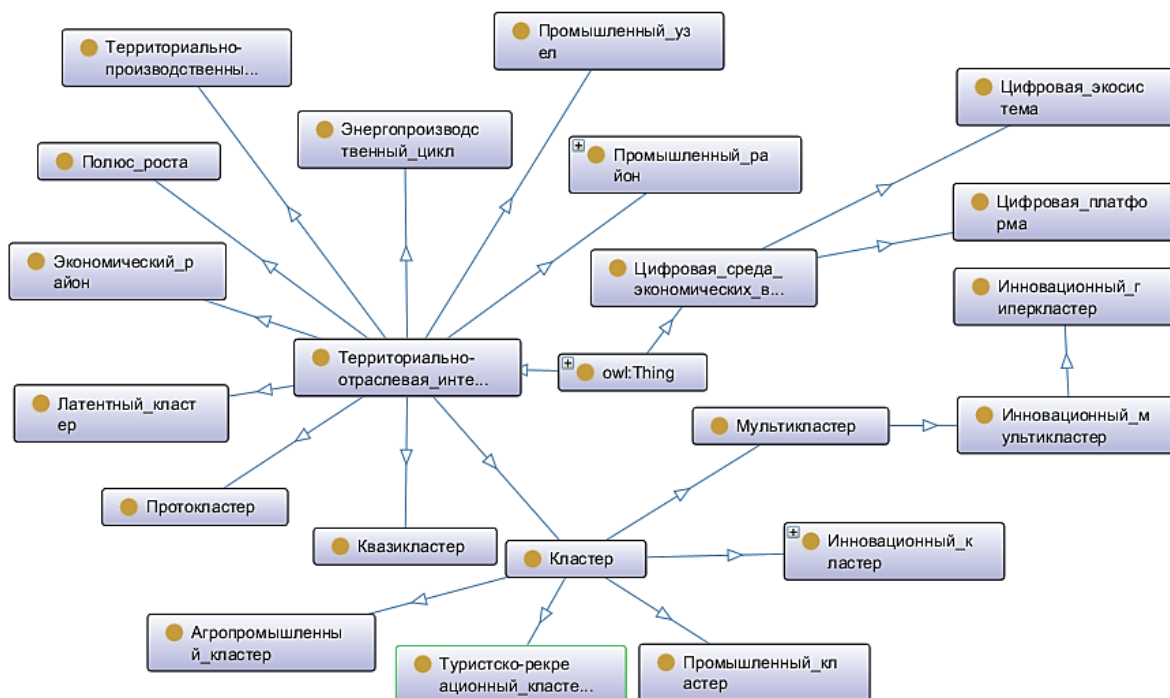


Рисунок 6 – Структура отношений между основными видами кластеров и образований кластерного типа (выполнено с помощью инструмента *OntoGraf* в редакторе *Protege*)

На этом рисунке представлена наиболее полная (на сегодняшний день) таксономическая иерархия кластера, включающая четыре базовых типа кластеров (инновационные, промышленные, агропромышленные, туристско-рекреационные), а также мультикластеры, к которым относятся модели «Иновационный мультикластер» и «Иновационный гиперкластер». Необходимо отметить, что квазикаластеры, протокластеры и латентные кластеры в представленной структуре не относятся к классу «истинных» кластеров. Протокластеры характеризуются недостаточным количеством участников, низким уровнем их разнообразия и сетевой

связанности. Латентные кластеры представляют собой сформировавшиеся экономические системы кластерного типа, не прошедшие необходимую формализацию и институционализацию. В рамках разработки онтологии потребовалось введение ранее не запланированного подкласса «квазикластер», к которому отнесены различные номинальные подобию, имеющие наименование «кластер», но не обладающие всеми признаками кластеров. Впервые в рамках онтологии ПрО «Кластеры» систематизирована вся совокупность схожих с кластерами территориально-отраслевых интегрированных систем.

В ходе разработки онтологии ПрО «Кластеры» полученные следующие выводы.

Определены несколько групп понятий, использующихся в рамках различных правовых актов и источников для обозначения одно и того же явления, имеющего определённую экономическую сущность. Примером такой группы являются относящиеся к классу «вертикально интегрированная система» понятия «группа компаний», «холдинг» и «концерн», которые одновременно могут выступать в качестве «конгломерата» и в результате цифровой трансформации также являться «цифровой экосистемой».

Выявлены понятия, имеющие различный организационно-экономический смысл в зависимости от практики реализации кластерной политики в различных субъектах Российской Федерации. Так, в различных субъектах Российской Федерации кластеры (экземпляры/индивиды) могут содержать в своём наименовании слова «ассоциация», «некоммерческое партнёрство» и т.д., которые также могут выступать в роли организационно-правовой формы (класс) для других организаций, не являющихся кластерами. Игнорирование подобных совпадений при комбинации различных ведомственных и региональных баз данных может привести к неверным выводам.

Заключение

Результатом исследования является формирование концептуального подхода к представлению кластера с помощью семантических технологий. Формализация концепции кластера позволила разработать специализированную онтологию кластера, выполняющую функцию базовой модели для дальнейшего развития кластерной политики региона. Для представления ПрО «Кластеры» построена модель знаний, в которой обобщены и структурированы различные подходы к определению и классификации кластеров, а также смежных с ними экономических систем. При разработке системы специфических отношений, применяемых в онтологии ПрО «Кластеры» уточнены структура и экономическая сущность моделей «Инновационный мультикластер» и «Инновационный гиперкластер». Разработанная онтология ПрО «Кластеры» может стать основой для структурирования различных источников знаний о кластерах, извлечения необходимых данных и их контекстуализации.

В качестве примеров систем моделирования процессов территориального развития, в дополнение к которым может применяться разработанная онтология ПрО «Кластеры», можно выделить модельные комплексы Института экономики и организации промышленного производства Сибирского отделения РАН «КАМИН» (комплексный анализ межотраслевой информации), «СИРЕНА» (синтез региональных и народнохозяйственных систем) и «СОНАР» (согласование отраслевых и народнохозяйственных решений)⁵.

В качестве потенциальных направлений использования онтологии ПрО «Кластеры» возможно уточнение топологических свойств экономического пространства российских регионов на основе кластеров и схожих с ними территориальных систем, а также построение сценариев развития межрегиональных экономических систем на основе эволюционной динамики кластеров. В качестве БЗ, содержащих разнородную информацию о кластерах и схожих с ними системах, данные из которых могут быть интегрированы на основе разработанной онтологии, могут быть выделены: информационная система по учёту и мониторингу малых инновационных

⁵ Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН. <https://www.ieie.su/about/ieie.html>.

предприятий научно-технической и образовательной сферы Министерства науки и высшего образования РФ⁶; БД портала «Инновационная инфраструктура и основные показатели инновационной деятельности субъектов Российской Федерации»⁷; Атлас промышленности ГИСП⁸; Карта кластеров России⁹.

В качестве примеров потенциального практического применения разработанной онтологии ПрО «Кластеры» выделены следующие.

- Идентификация органами государственного управления потенциальных, латентных и действующих кластеров, а также видовая и отраслевая дифференциация выявленных кластеров с целью включения их в национальные и региональные программы (Реестр кластеров и кластерных инициатив Ростовской области¹⁰).
- Моделирование и визуализация процессов формирования и развития кластеров на карте территории, в т.ч. изучение неоднородности экономического пространства российских регионов (Инвестиционная карта Калужской области¹¹, Проект «Татарстан-2030»¹²).
- Моделирование органами государственной власти и институтами регионального развития организационной и институциональной структуры взаимодействия в рамках инновационных кластеров (Стратегия развития Камского инновационного территориально-производственного кластера¹³).

Полученные результаты могут служить основой для исследований процессов развития сложных и многоуровневых экономических систем, формирующихся на базе интеграции инновационных кластеров, цифровых платформ и экосистем. Например: Московский инновационный кластер, развивающийся на основе широкого применения цифровых сервисов и платформ в рамках единой цифровой экосистемы;¹⁴ кластеры Российской ассоциации электронных коммуникаций (РАЭК), представляющие форму сетевого взаимодействия участников рынка технологий ИИ¹⁵; Энерготехнохаб «Петербург», участниками которого являются более 100 компаний из 20 регионов России¹⁶.

Список источников

- [1] *Hospers G., Desrochers P., Sautet F.* The next Silicon Valley?: On the relationship between geographical clustering and public policy // *International Entrepreneurship and Management Journal*. 2009. Vol.5(3). P.285–299. DOI:10.1007/s11365-008-0080-5.
- [2] *Sedita S., Caloffi A., Lazzeretti L.* The invisible college of cluster research: A bibliometric core-periphery analysis of the literature // *Industry and Innovation*. 2018. Vol.22(2). P.1–23. DOI:10.1080/13662716.2018.1538872.
- [3] *Nallari R., Griffith B.* Clusters of competitiveness. Washington, DC: World Bank, 2013. 149 p. DOI:10.1596/978-1-4648-0049-8.
- [4] *Napolskikh D.* Innovation Clusters as a Factor of Sustainable Territorial Development in the Context of Digital Transformation. In: Romyantseva A., Anyigba H., Sintsova E., Vasilenko N.V. (eds) *Finance, Economics, and Industry for Sustainable Development*. ECOOP 1987. 2024. Springer Proceedings in Business and Economics. Springer, Cham. P.377–387. DOI:10.1007/978-3-031-56380-5_34.
- [5] *Brakman S., Van Marrewijk C.* Reflections on cluster policies. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*. 2013. Vol.62(2). P.217–231. DOI:10.1093/cjres/rst001.

⁶ Учёт и мониторинг малых инновационных предприятий научно-образовательной сферы Минобрнауки РФ. <https://mip.extech.ru/>.

⁷ Инновационная инфраструктура и основные показатели инновационной деятельности субъектов Российской Федерации. <https://www.miiiris.ru/>.

⁸ Атлас промышленности ГИСП. <https://gisip.gov.ru/gisip/#/sections/map/39.702534,54.450027/5/parks:wkeC?lng=ru>.

⁹ Карта кластеров России. <https://map.cluster.hse.ru/about/>.

¹⁰ Реестр кластеров Ростовской области. <https://www.donland.ru/activity/790/>.

¹¹ Инвестиционная карта Калужской области. <https://map.geoportal40.ru/investkaluga/#/map/36.109931,54.429179/9>.

¹² Стратегия социально-экономического развития республики Татарстан до 2030 г.

https://chistopol.tatarstan.ru/rus/file/Presentation_Tatarstan-2030.pdf?ysclid=lvatag1uif664922846.

¹³ Стратегию развития Камского инновационного территориально-производственного кластера.

https://mert.tatarstan.ru/rus/file/pub/pub_864316.pdf?ysclid=lvatajabq9189916654.

¹⁴ Московский инновационный кластер. <https://i.moscow/>.

¹⁵ Кластеры РАЭК. <https://raec.ru/clusters/>.

¹⁶ Энерготехнохаб «Петербург». <https://www.etechhubspb.ru/>.

- [6] **Каленов Н.Е.** Об одном подходе к формированию предметных онтологий различных областей науки // Научный сервис в сети Интернет: труды XXII Всероссийской научной конференции (21-25 сентября 2020 г.). Москва: ИПМ им. М.В. Келдыша, 2020. С.276-285. DOI:10.20948/abrau-2020-14.
- [7] **Грибова В.В., Паршкова С.В., Федорищев Л.А.** Онтологии для разработки и генерации адаптивных пользовательских интерфейсов редакторов баз знаний // *Онтология проектирования*. 2022. Т.12. №2. С.200–217. DOI:10.18287/2223-9537-2022-12-2-200-217.
- [8] **Kharlamov E., Hovland D., Skjæveland M., Waaler A.** Ontology Based Data Access in Statoil. *Journal of Web Semantics*. 2017. Vol. 44(1). P.3-36. DOI:10.1016/j.websem.2017.05.005.
- [9] **Gonçalves R.S., Horridge M., Li R., Liu Y., Musen M.A., Nyulas C.I., Obamas E., Shrouy D., Temple D.** Use of OWL and semantic web technologies at Pinterest // In: *The Semantic Web – ISWC 2019*. Cham: Springer International Publishing, 2019. P.418–435. DOI:10.1007/978-3-030-30796-7_26.
- [10] **Bikakis A., Flouris G., Patkos T., Plexousakis D.** Sketching the vision of the Web of Debates // *Frontiers in Artificial Intelligence*. 2023. №.6. P.1124045. DOI:10.3389/frai.2023.1124045.
- [11] **Smith B.** The birth of ontology. *Journal of Knowledge Structures and Systems*. 2022. №.3. P.57–66.
- [12] **Паринов С.И., Козаловский М.Р.** Семантическое структурирование контента научных электронных библиотек на основе онтологий // RCDL: труды XIII Всероссийской научной конференции. 2011. С.94–103.
- [13] **Атаева О.М., Серебряков В.А.** Онтология цифровой семантической библиотеки LibMeta. *Информатика и ее применения*. 2018. Т.12(1). С.2–10. DOI:10.14357/19922264180101.
- [14] **Антонов А.А., Быков А.Н., Чернышев С.А.** Обзор существующих способов формирования онтологии предметной области при моделировании // *Международный журнал информационных технологий и энергоэффективности*. 2021. Т.6(4). С.12–17.
- [15] **Лаврищева Е.М., Карпов Л.Е., Томилини А.Н.** Семантические ресурсы для разработки онтологии научной и инженерной предметных областей // Научный сервис в сети Интернет: труды XVIII Всероссийской научной конференции (19-24 сентября 2016, Новороссийск). Москва: ИПМ им. М.В. Келдыша, 2016. С.223–239. DOI:10.20948/abrau-2016-16.
- [16] **Атаева О.М., Серебряков В.А., Тучкова Н.П.** Интеграция подпространства предметной области в семантическое пространство «математика». *Программные продукты и системы*. 2023. Т. 6(1). С.3–96. DOI:10.15827/0236-235X.141.083-096.
- [17] **Потараев В.В., Серебряная Л.В.** Автоматическое построение семантической сети для получения ответов на вопросы // Доклады БГУИР. 2020. Т. 18(4). С.44–52.
- [18] **Ketels C., Protsiv S.** Cluster presence and economic performance: a new look based on European data // *Regional Studies*. 2021. Vol.55(2). P.208–220. DOI:10.1080/00343404.2020.1792435.
- [19] **Tambovtsev V.L.** Clusters: Coordination, inter-firm relationships and competitive advantages // *Upravlenets (The Manager)*. 2022. Vol. 13(1). P.20–36. DOI: 10.29141/2218-5003-2022-13-1-2.
- [20] **Сморodinская Н.В., Катиков Д.Д.** Когда и почему региональные кластеры становятся базовым звеном современной экономики // Балтийский регион. 2019. Т.11(3). С.61-91. DOI:10.5922/2079-8555-2019-3-4.

Сведения об авторе

Напольских Дмитрий Леонидович, 1987 г. рождения. Окончил ПГТУ в 2011 г., к.э.н. (2014). Ведущий научный сотрудник, доцент кафедры управления и права ПГТУ, руководитель магистерской программы «Искусственный интеллект в архитектуре информационных систем цифрового государства». В списке научных трудов более 150 работ в области инновационной экономики, информационных технологий государственного управления. Author ID (РИНЦ): 596038; Author ID (Scopus): 56374445300; Researcher ID (WoS): N-1178-2016. *NapolskihDL@yandex.ru*.



Поступила в редакцию 25.03.2024, после рецензирования 24.04.2024. Принята к публикации 10.07.2024.



Approach to developing a cluster ontology

© 2024, D.L. Napolskikh

Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, Russia

Abstract

A conceptual approach to developing an ontology for the "Clusters" subject area and forming corresponding development tools is presented. The cluster ontology is fundamental for addressing cluster policy issues using artificial intelligence technologies. The study focuses on the hierarchy of concepts in the "Clusters" ontology and the structure of relations between them. The objectives are to formalize the taxonomic hierarchy of the "Clusters" ontology and determine the types and structure of relationships between ontology elements. The study utilized a set of information technologies unified by a single semantic framework: the ontological language OWL, the Protege ontology editor for building knowledge bases, and software tools for working with ontologies. The classification criteria and types of semantic networks in the "Clusters" subject area are examined. The types of relations applicable in constructing a semantic network for this subject area are identified. New types of clusters, such as "Innovation multicluster" and "Innovation hypercluster," are introduced. For the first time, the structure of the taxonomic hierarchy of the "Clusters" ontology is proposed, and the main types of relationships between elements are identified. The directions for applying the proposed ontology for the digitalization of regional management systems are outlined.

Keywords: semantic network, ontology, subject area, OWL, Protégé, cluster, cluster policy, regional management.

For citation: Napolskikh DL. Approach to developing a cluster ontology [In Russian]. *Ontology of designing*. 2024; 14(3): 355-365. DOI:10.18287/2223-9537-2024-14-3-355-365.

Financial Support: The research was supported by a grant from the Russian Science Foundation No. 23-78-10042 "Methodology for multi-level integration of economic space and synchronization of innovative processes as the basis for sustainable development of Russian regions (based on the concept of an innovative hypercluster)" <https://rscf.ru/project/23-78-10042/>.

Conflict of interest: The author declares no conflict of interest.

List of figures

Figure 1 - Methodological tools for developing the ontology of the "Clusters" subject area

Figure 2 - The "subject-predicate-object" triplet

Figure 3 - Description of the "Cluster" class in the Protege editor

Figure 4 - The upper level of the taxonomic hierarchy of the ontology of the "Clusters" subject area (done in the Protege editor)

Figure 5 - Types of relationships developed to represent the concept of a cluster in ontology form (done in the Protege editor)

Figure 6 - The structure of relations between the main types of clusters and cluster-type formations (done in the Protege editor)

References

- [1] *Hospers G, Desrochers P, Sautet F.* The next Silicon Valley?: On the relationship between geographical clustering and public policy. *International Entrepreneurship and Management Journal*. 2009; 5(3): 285–299. DOI:10.1007/s11365-008-0080-5.
- [2] *Sedita S, Caloffi A, Lazzaretti L.* The invisible college of cluster research: A bibliometric core-periphery analysis of the literature. *Industry and Innovatio*. 2018; 22(2): 1–23. DOI:10.1080/13662716.2018.1538872.
- [3] *Nallari R, Griffith B.* Clusters of competitiveness. Washington, DC: World Bank, 2013. 149 p. DOI: 10.1596/978-1-4648-0049-8.
- [4] *Napolskikh D.* Innovation Clusters as a Factor of Sustainable Territorial Development in the Context of Digital Transformation. In: Rumyantseva A., Anyigba H., Sintsova E., Vasilenko N.V. (eds) Finance, Economics, and In-

- dustry for Sustainable Development. ECOOP 1987. 2024. Springer Proceedings in Business and Economics. Springer, Cham. P.377-387. DOI:10.1007/978-3-031-56380-5_34.
- [5] **Brakman S, Van Marrewijk C.** Reflections on cluster policies. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society*. 2013; 62(2): 217–231. DOI:10.1093/cjres/rst001.
- [6] **Kalenov NE.** On one approach to the formation of subject ontologies of various fields of science [In Russian]. Scientific service on the Internet: proceedings of the XXII All-Russian Scientific Conference (September 21-25, 2020). Moscow: IPM named after M.V. Keldysh; 2020: 276-285. DOI:10.20948/abrau-2020-14.
- [7] **Gribova VV, Parshkova SV, Fedorishchev LA.** Ontologies for developing and generating adaptive user interfaces of knowledge base editors [In Russian]. *Ontology of designing*. 2022; 12(2): 200-217. DOI:10.18287/2223-9537-2022-12-2-200-217.
- [8] **Kharlamov E., Hovland D., Skjæveland M., Waaler A.** Ontology Based Data Access in Statoil. *Journal of Web Semantics*. 2017; 44(1): 3-36. DOI:10.1016/j.websem.2017.05.005.
- [9] **Gonçalves R.S., Horridge M., Li R., Liu Y., Musen M.A., Nyulas C.I., Obamos E., Shrouly D., Temple D.** Use of OWL and semantic web technologies at Pinterest. In: *The Semantic Web – ISWC 2019*. Cham: Springer International Publishing; 2019: 418–435. DOI:10.1007/978-3-030-30796-7_26.
- [10] **Bikakis A, Flouris G, Patkos T, Plexousakis D.** Sketching the vision of the Web of Debates. *Frontiers in Artificial Intelligence*. 2023; 6: 1124045. DOI:10.3389/frai.2023.1124045.
- [11] **Smith B.** The birth of ontology. *Journal of Knowledge Structures and Systems*. 2022; 3: 57–66.
- [12] **Parinov SI, Kogalovsky MR.** Semantic structuring of the content of scientific electronic libraries based on ontologies [In Russian]. RCDL: proceedings of the XIII All-Russian Scientific Conference. 2011: 94–103.
- [13] **Ataeva OM, Serebryakov VA.** Ontology of the digital semantic library LibMeta [In Russian]. *Informatics and its applications*. 2018; 12(1): 2-10. DOI:10.14357/19922264180101.
- [14] **Antonov AA, Bykov AN, Chernyshev SA.** Review of existing methods of formation of domain ontology in modeling [In Russian]. *International Journal of Information Technology and Energy Efficiency*. 2021; 6(4): 12-17.
- [15] **Lavrishcheva EM, Karpov LE, Tomilin A.N.** Semantic resources for the development of ontology of scientific and engineering subject areas [In Russian]. Scientific service on the Internet: proceedings of the XVIII All-Russian Scientific Conference (September 19-24, 2016, Novorossiysk). Moscow: IPM named after M.V. Keldysh; 2016: 223-239. DOI:10.20948/abrau-2016-16.
- [16] **Ataeva OM, Serebryakov VA, Tuchkova NP.** Integration of the subspace of the subject area into the "mathematics" semantic space [In Russian]. *Software products and systems*. 2023; 36(1): 83-96. DOI:10.15827/0236-235X.141.083-096.
- [17] **Poturaev VV, Serebryanskaya LV.** Automatic construction of a semantic network for obtaining answers to questions [In Russian]. *Reports of BGUIR*. 2020; 18(4): 44-52.
- [18] **Ketels C, Protsiv S.** Cluster presence and economic performance: a new look based on European data. *Regional Studies*. 2021; 55(2): 208–220. DOI:10.1080/00343404.2020.1792435.
- [19] **Tambovtsev VL.** Clusters: Coordination, inter-firm relationships and competitive advantages. *Upravlenets (The Manager)*. 2022; 13(1): 20–36. DOI: 10.29141/2218-5003-2022-13-1-2.
- [20] **Smorodinskaya NV., Katukov DD.** When and why the regional clusters become the basic link of the modern economy [In Russian]. *The Baltic Region*. 2019; 11(3): 61—91. DOI:10.5922/2079-8555-2019-3-4.

About the author

Dmitry Leonidovich Napolskikh (b. 1987). He graduated from the Volga State University of Technology in 2011, Ph.D. in Economics (2014). Leading researcher, Associate Professor of the Department of Management and Law of the Volga State University of Technology, the head of the "Artificial Intelligence in the architecture of information systems of the digital state" master's program. The list of scientific papers includes more than 150 works in the field of innovative economics and information technologies of public administration. Author ID (RSCI): 596038; Author ID (Scopus): 56374445300; Researcher ID (WoS): N-1178-2016. NapolskihDL@yandex.ru.

Received March 25, 2024. Revised April 24, 2024. Accepted July 10, 2024.