

ОНТОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИННОВАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ И ПОТЕНЦИАЛА ЭКОНОМИЧЕСКОГО РОСТА*

О. Н. Кораблева

Университет ИТМО,
Санкт-Петербургский государственный университет

В. Н. Митякова

«Рексофт»

О. В. Калимуллина

Университет ИТМО

Поступила в редакцию 23 июня 2017 г.

Аннотация: наращивание инновационного потенциала играет центральную роль в динамике роста успешных развивающихся стран. Однако работ по онтологическому моделированию экономических процессов, связанных с инновационной активностью на макроуровне, в России до сих пор еще не проводилось. Более того, в зарубежной литературе не было найдено подобных исследований. В рамках настоящей статьи обосновывается выбор метода моделирования предметной области для дальнейшего построения информационной системы автоматизированного поиска, проводится анализ существующих исследований в области онтологического моделирования экономики, разрабатывается онтология инновационной активности и экономического потенциала в контексте экономики Российской Федерации на макроуровне.

Ключевые слова: онтология, онтологическое моделирование, потенциал экономического роста, инновационная активность, экономика страны на макроуровне.

Abstract: the building of innovative capacity plays a central role in the dynamics of the growth of successful exchange of countries. However, works on ontological modeling of economic processes related to innovative activity at the macro level have not been conducted in Russia yet. Moreover, no similar studies have been found in foreign literature. Within the framework of this article, the choice of a method for the further construction of an information system for automated search, a research in the field of ontological modeling of the economy, the ontology of innovation activity and economic potential in the context of the Russian economy at the macro level is justified.

Key words: ontology, ontological modeling, economic growth potential, innovative activity, the country's economy at the macro level.

Инновации уже давно известны как ключевой фактор, способствующий экономическому росту. Связь между инновационной активностью и ростом экономического потенциала в литературе можно проследить, уже начиная с работы, опубликованной больше века назад [1]. Однако комплексных моделей связи инновационной активности и экономического потенциала, способных выступить структурой для дальнейшего поиска и сбора данных, не было найдено.

В традиционных методах моделирования есть несоответствие между объектом и его моделью,

поскольку модель есть упрощенное представление действительности. Так, математические модели подразумевают введение допущений и ограничений. Однако, если обратиться к опыту успешного моделирования разнообразных процессов, то окажется, что непосредственными прототипами для этих моделей послужили не конкретные фрагменты реального мира, а их системные представления, т. е. результаты их описания в виде систем с помощью тех или иных системообразующих признаков [2].

Рассматриваемая предметная область слабо формализована. Ее системное представление необходимо настраивать, оперативно меняя структуру, добавляя и удаляя связи и элементы по мере накопления информации о рассматриваемой предметной области.

* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-29-12965.

© Кораблева О. Н., Митякова В. Н., Калимуллина О. В., 2017

Таким образом, основной целью исследования было создание комплексной интегрированной модели инновационной активности и потенциала экономического роста в контексте экономики Российской Федерации на макроуровне на основе системных представлений об объекте, способной отразить весь спектр взаимосвязей и взаимозависимостей между понятиями инновационной активности и экономического потенциала экономики Российской Федерации. Необходимо было смоделировать рассматриваемую предметную область для построения в дальнейшем на ее основе информационной системы автоматизированного поиска, сбора и интеграции данных.

Для моделирования предметной области в данной работе была выбрана онтология.

В классических информационных системах на основе анализа предметной области формируется схема базы данных (чаще всего реляционная, но в последние годы всё большую популярность получают нереляционные БД). Онтологический подход к моделированию предметной области является его альтернативой, предоставляющей качественно новые возможности.

Онтологии широко используются для гибкой интеграции данных, при которой данные из распределенных гетерогенных источников приводятся к структуре онтологии [3–7]. На основе онтологии возможно построение баз знаний, которые (в отличие от обычной базы данных) содержат в себе не только фактическую информацию, но и правила вывода, позволяющие делать автоматические умозаключения об уже имеющихся или вновь вводимых фактах и тем самым производить семантическую обработку информации. Также становится возможным поиск на основе содержащихся в онтологии понятий и связей между ними. Перечисленные возможности помогут более эффективно собирать, использовать и извлекать данные в информационной системе автоматизированного сбора данных в области экономики страны на макроуровне.

Способов моделирования экономических процессов существует великое множество. Огромным преимуществом онтологического моделирования является возможность впоследствии обрабатывать тексты на живом языке, т. е. осуществлять поиск и обработку не только структурированной, но также и неструктурированной информации. Обработка текста на живом языке в автоматическом режиме возможна при наличии подробного описания предметной области с выявлением большого количества логических связей, связей между понятиями [8].

Онтологическое моделирование как направление мировых научных исследований стало активно развиваться в конце 1990-х гг.

На тот момент в России работы в области онтологических моделей предприятий, отраслей и микроэкономики в целом проводились в очень малом количестве и были представлены в зачаточном состоянии. В работе «Онтологическое моделирование экономики предприятий и отраслей современной России» коллектива авторов под руководством И. В. Ефименко [9] представлен комплексный анализ исследований по онтологическому моделированию в Российской Федерации до 2011 г. включительно. В этот период исследования были крайне немногочисленны.

Здесь особо стоит отметить методологическую работу И. Болдырева по осмыслению экономических онтологий [10], в которой автор проводит исследование мировоззренческих и философских аспектов построения онтологии экономики, различая онтологию науки от онтологии экономической жизни. Автор предлагает так называемый «внутренний» подход к анализу экономических онтологий, позволяющий с философской точки зрения оценить происходящие процессы.

Как показывает анализ последних доступных российских исследований, работы по онтологическому моделированию проводятся в нескольких научных коллективах и в основном направлены на создание онтологий организаций и предприятий, как, например, онтологическое моделирование предметной области учреждения дополнительного профессионального образования [11], а также отдельных систем, как онтологическое моделирование разнородных предметных знаний в интеллектуальных обучающих системах [12], узких предметных областей, как, например, разработка онтологической модели предметной области туристического бизнеса [13].

Работ по онтологическому моделированию экономических процессов на макроуровне в России до сих пор не проводилось. Зарубежные исследования в области онтологического моделирования значительно более разнообразны и многочисленны.

Одной из первых работ в области онтологии экономических объектов [14] была работа, описывающая экономические категории и законы, которые обеспечивают условия для объективного решения вопроса о том, соответствуют ли представления индивидов о категории определенной категории онтологии.

Ученые из Сорбонны провели исследование того, какую роль может сыграть хорошо определенная онтология, основанная на переходе философских и

компьютерных знаний, для описания и понимания динамики социальных, экономических и пространственных систем. Они проанализировали различные концепции онтологии, ввели «онтологический тест» и показали его полезность для сравнения моделей [15].

Интересна работа ученых из Словении [16], в которой они представляют подход к задаче автоматической классификации документов в области экономики. Они сформировали библиотеку из 1015 экономических документов, которые были автоматически классифицированы с помощью инструмента, интегрирующего конструкцию онтологии с методами анализа текста.

В диссертации, посвященной анализу экономики как сложной системы, особое внимание уделяется онтологическому моделированию экономики [17]. Автор обосновывает, что онтологическое моделирование может сыграть ключевую роль в понимании экономики как сложной системы.

В зарубежных исследованиях онтологического моделирования экономики преобладают работы на микроуровне, на уровне отдельных систем. Например, работа по созданию справочной онтологии сложных экономических обменов для учетно-информационных систем [18] интересна для нашего исследования как пример максимально полного учета связей в рамках рассматриваемых экономических взаимодействий. В качестве основного источника знаний для онтологии используется новая Концептуальная основа финансовой отчетности для Международных стандартов бухгалтерского учета. Получившаяся справочная онтология сложных экономических обменов включает в себя предлагаемые, согласованные, частичные, реализационные и расчетные экономические концептуальные модели обмена. Экономические обмены влияют на экономические ресурсы предприятия и требования к предприятию.

Таким образом, в зарубежной литературе наблюдается интерес к экономическим онтологиям, однако ни одна из них систематически не охватывает всю экономическую систему страны, в основном фокусируясь на онтологическом представлении некоторых экономических областей, относящихся к теме статьи. Также доступные зарубежные исследования в области онтологического моделирования экономики в основном ведутся на уровне обоснования применения различных теорий и подходов к построению подобных онтологий, непосредственно онтология экономики страны на макроуровне еще не была представлена.

В ходе исследования была построена онтология, описывающая влияние инновационной активности на рост экономического потенциала (рис. 1),

также онтология была переведена на язык owl2 представлена графически в программе WebVOWL (рис. 2). Опишем элементы онтологии с анализом связей и зависимостей.

Потенциал экономического роста и инновационная активность оказывают постоянное взаимное влияние. Применение достижений в области технологий в сочетании с предпринимательством и инновационными подходами к созданию и поставке товаров и услуг, т. е. инновационная активность, переводит научно-технические достижения в более продуктивную экономическую активность. Эти факторы в совокупности приводят к экономическому росту, если рыночные структуры и нормативно-правовая среда способствуют этому [19]. Также экономический рост оказывает влияние на инновационную активность, в частности, расширением возможностей финансирования проектов исследований и разработок. Наиболее распространенными оценками инновационной активности, принятыми в литературе, являются ресурсы, потраченные на исследования и разработки, библиометрические данные и количество патентов на душу населения [20; 21], которые могут быть определены, соответственно, как входные, текущие и выходные инновационные показатели. Тем не менее эти показатели, в первую очередь, связаны со стадией изобретения, а не стадией диффузии. Таким образом, большинство существующих исследований с использованием этих показателей не принимают во внимание диффузию¹, что очень важно для оценки распространения инноваций по всей экономике, прежде чем инновационная активность может отразиться на экономическом росте [22; 23]. В общей структуре онтологии (см. рис. 1) отражено опосредованное влияние инновационной активности на все виды потенциалов, в том числе на рыночно-сбытовой и финансовый потенциалы, что позволяет учитывать диффузию инноваций в рамках проводимого исследования.

Потенциал экономического роста – комплексное понятие, однако дальнейшая детализация пойдет по линии инновационного потенциала, так как при интенсивном пути развития инновационный потенциал рассматривается как основной фактор экономического роста [24].

¹ Диффузия – это способ, каким инновации распространяются по рыночным или нерыночным каналам от места их первого воплощения к различным потребителям – по странам, регионам, отраслям, рынкам и фирмам. Без диффузии инновация не имеет никакого экономического значения. (Рекомендации по сбору и анализу данных по инновациям (Руководство Осло). Совместная публикация ОЭСР и Евростата. 3-е изд., 2006 г.)

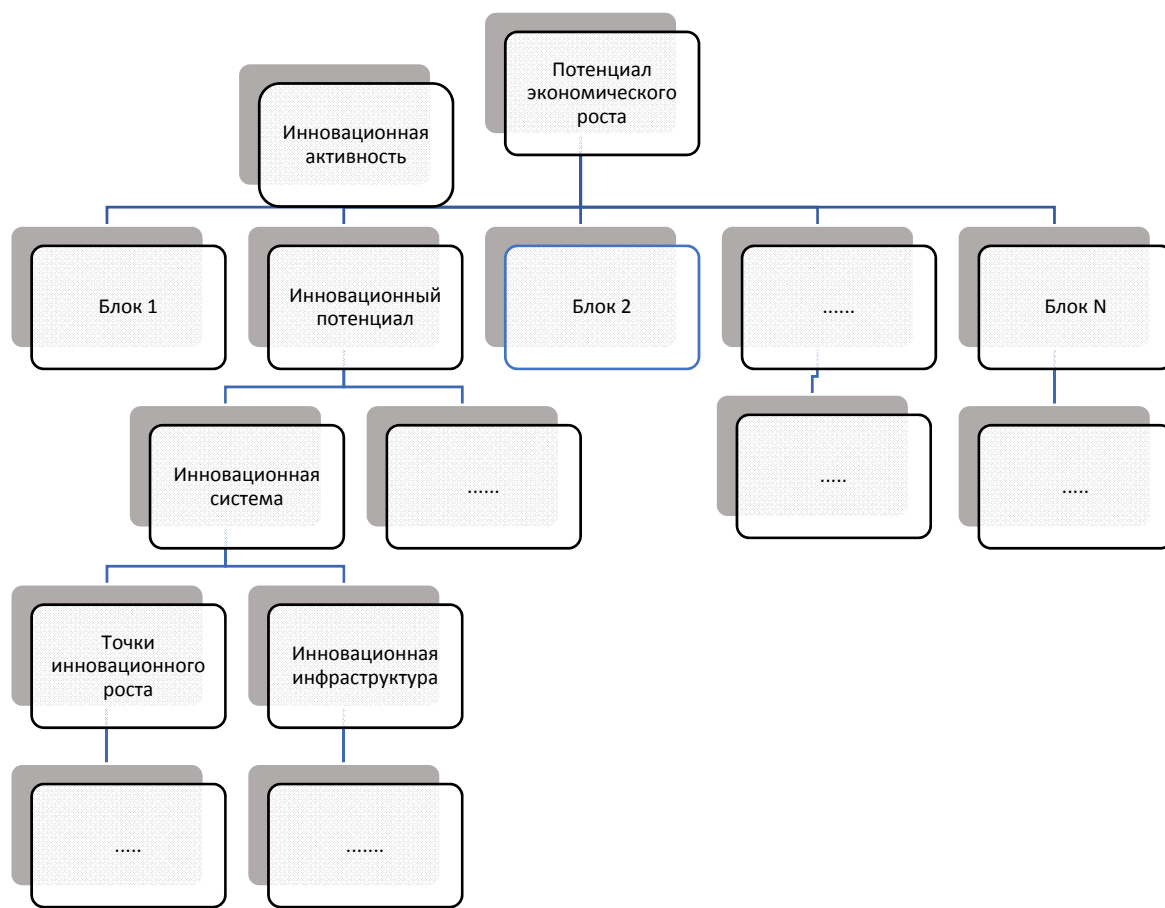


Рис. 1. Общая структура онтологии

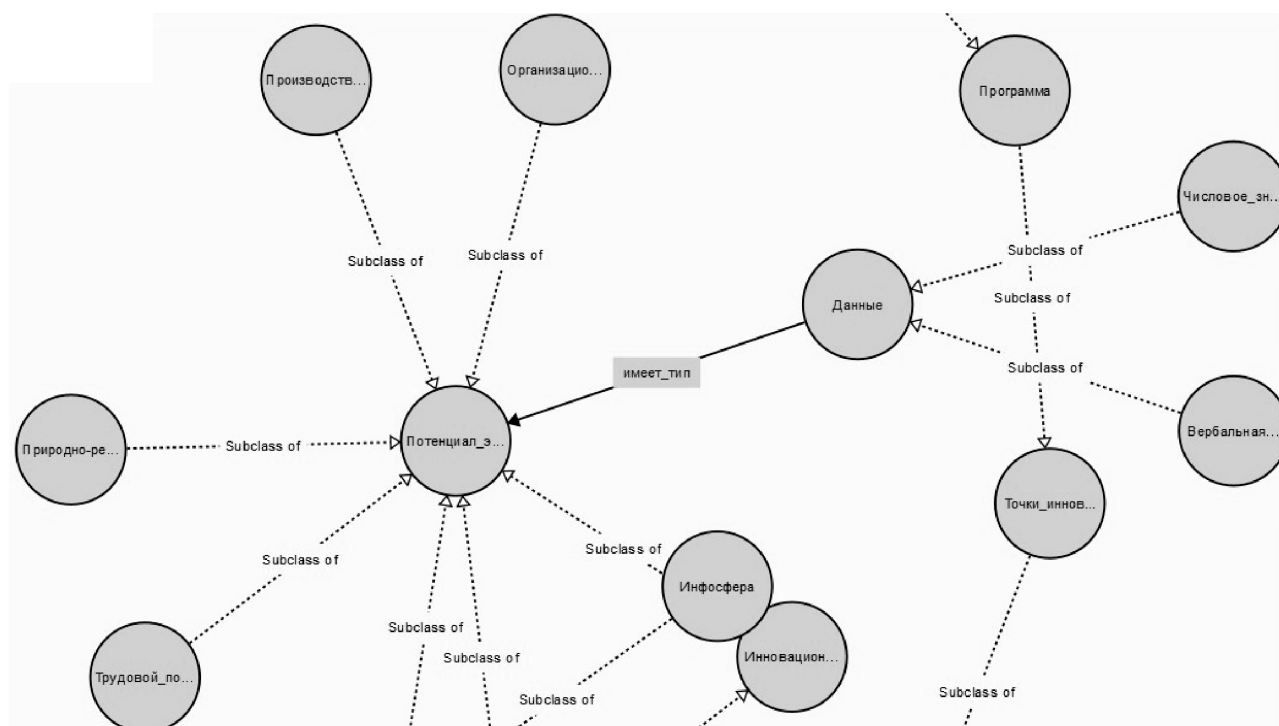


Рис. 2. Часть онтологии, графически представленная в программе WebVOWL

Наличие инновационного потенциала является необходимым, но не достаточным условием эффективного развития.

Инновационный потенциал может остаться невостребованным, если государство не будет обладать достаточным экономическим потенциалом и эффективно его использовать [25]. Чтобы потенциал превратить в рост, необходимы управленческие воздействия. Данные воздействия отражены в блоке инструментов инновационной активности и подразделяются на воздействия, оказываемые на макроуровне, – государственное управление, на мезоуровне – отраслевое управление, микроуровне – на уровне предприятия (см. рис. 1).

Оценивать эффективность управленческих воздействий необходимо по показателям инновационной активности, которые считаются по *точкам инновационного роста*. Согласно Франсуа Перру, «полюсы роста» («точки экономического роста») – это агломерации предприятий, сконцентрированных территориально и выделяющихся интенсивными инновационными процессами [26].

Однако точки инновационного роста являются частью *инновационной системы*. Успех инновационной деятельности основывается не просто на предпринимательских субъектах, но в значительной степени *определяется инновационной системой*, которая является связанным множеством организаций (фирмы, университеты, финансовые субъекты) и институтов (такие как законы, нормативные акты, а также инфраструктуры), которые формируют среду для функционирования других субъектов инноваций и производства. Всё это в совокупности определяет *экономический потенциал* страны.

Теоретически инновации являются неиссякаемым источником экономического роста на базе новых знаний [27]. Но новые знания становятся источником роста только тогда, когда с их помощью производятся конкурентоспособные товары как для внутреннего, так для внешнего рынка. Это возможно только при наличии инновационной системы. Таким образом, наличие структурированной инновационной системы является одним из основных *условий* роста экономического потенциала. Инновационная система и инновационный потенциал оказывают взаимное влияние. Инновационная система включает в себя точки инновационного роста и инновационную инфраструктуру.

Для комплексного учета составляющих *инновационной инфраструктуры* была разработана иерархия, представленная на рис. 3.

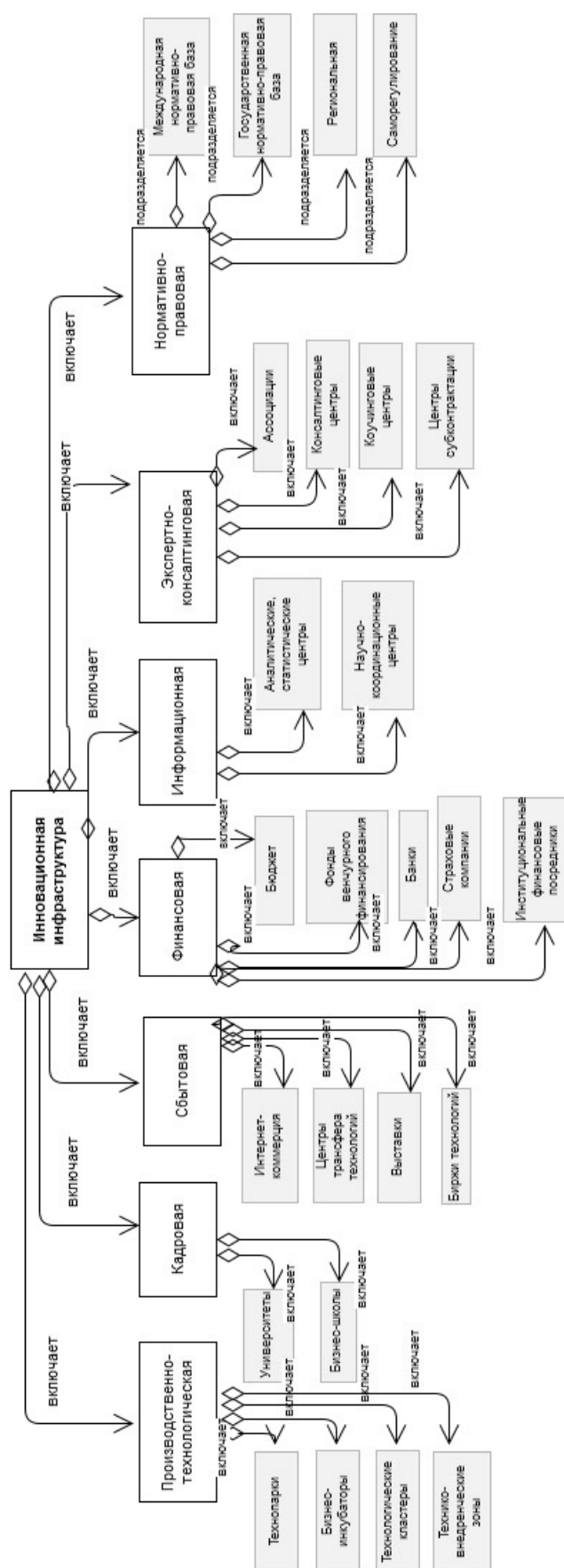


Рис. 3. Инновационная инфраструктура

Структура онтологии находится в постоянном итеративном изменении в соответствии с принципами логики для повышения глубины охвата смежных понятий, учета зависимостей и закономерностей.

Группировка данных

Все источники данных исследования были разделены на пять больших групп: нормативно-правовая база, рейтинги/рэнкинги, индексы, статистика, аналитические данные. Соответственно, они были отнесены к одной из групп данных или к обеим группам одновременно: вербальная формулировка или числовые значения. Большинство используемых данных имеет в конечном счете числовое значение, даже аналитические материалы в текстовой форме после обработки позволяют выявить числовые значения показателей. Только документы из группы «нормативно-правовая база» имеют в окончательном виде вербальную формулировку. Однако на этапе обработки группа «аналитические данные» может быть отнесена к обеим группам одновременно: вербальная формулировка или числовые значения.

Большинство найденных источников для данной работы предоставляют данные в виде XLS и PDF-таблиц, встречаются также источники в формате CSV. Также среди источников есть веб-сервисы, предоставляющие данные в формате XML, JSON.

На рис. 4 представлена структура данных для включения в онтологию с разделением на типы данных и указанием свойств.

Текстовые источники представлены в различных форматах, например, PDF, DOC или HTML.

Соответственно, в случае слабоструктурированных данных у классов «рейтинги/рэнкинги», «индексы», «статистика», «аналитические данные» есть свойства «имеет год», «имеет единицу измерения», «имеет отрасль», «имеет регион», «имеет значение», «имеет источник». В случае неструктурированных данных классы «нормативно-правовая база» и «аналитические данные» обладают свойством «имеет источник».

Работ по онтологическому моделированию экономических процессов, связанных с инновационной активностью на макроуровне, в России до сих пор еще не проводилось. Более того, в зарубежной литературе ни одна из доступных публикаций не систематизирует связи понятий инновационного потенциала и инновационной активности. В ходе исследования на основе систематизации существующих подходов к интеграции данных была обоснована целесообразность применения онтологического моделирования как метода, способного отразить сложную структуру понятий, взаимосвязей и взаимозависимостей экономики страны на макроуровне. Была разработана теория и

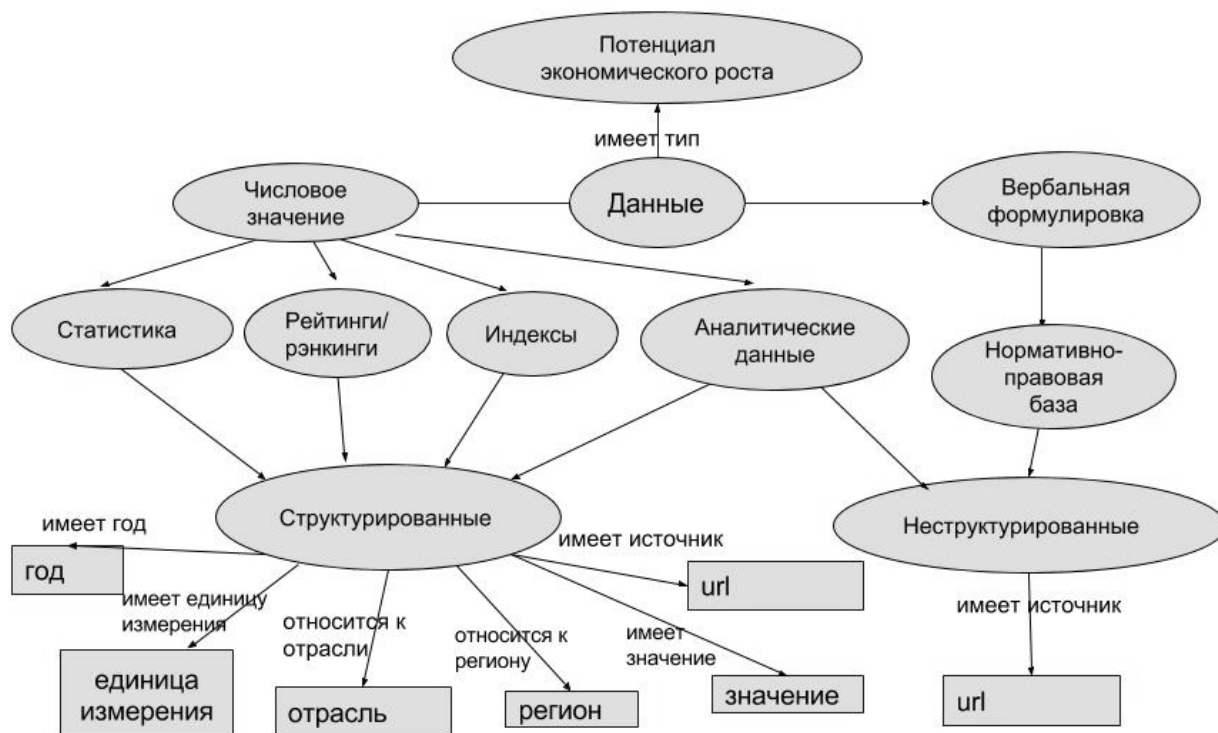


Рис. 4. Структура данных онтологии с разделением на типы данных и указанием свойств

методология онтологического моделирования понятий инновационной активности и потенциала экономического роста на макроуровне. В ходе системного анализа существующих понятий предметной области и их взаимосвязей были выявлены недостатки, связанные с действующей терминологией, была произведена их корректировка.

Была разработана онтология инновационной активности Российской Федерации и ее влияния на рост экономического потенциала в качестве структуры данных для поиска и сбора данных. Аналога подобной онтологии на данный момент в других исследованиях не существует. В результате были собраны данные из начального набора источников. На данный момент в онтологии содержится 263 класса, 8 свойств, более 436 экземпляров классов.

Онтология, представленная в рамках настоящей работы, является уникальной в своей предметной области, представляет собой систематизированный свод знаний в части понятия инновационной активности и его связи с ростом экономического потенциала, описывает связи и взаимосвязи понятий, которые, в свою очередь, были разделены на классы, подклассы, экземпляры с обозначением отношений. Разработанная онтология может расширяться и

дополняться, обеспечивая структуру для дальнейшего поиска и сбора данных.

Данные, включенные в структуру онтологии, могут быть использованы для дальнейших аналитических исследований, поиска компилятивной (сборной) информации, ответов на неточно сформулированные запросы, дальнейшего сбора информации из разных разрозненных источников, а также для публикации данных в формате linked data (например, в рамках проекта Linking Open Data). Также данные, собранные в структуру онтологии инновационной активности и ее влияния на рост экономического потенциала, могут обрабатываться и моделироваться. Полученные данные могут быть использованы для создания системы прогнозирования на их основе, анализа и формулирования экономических и маркетинговых выводов, формирования новых стратегий развития.

Предложенная онтология является первым шагом на пути к созданию глобальной онтологии экономики Российской Федерации, что является сложной задачей структурирования и систематизирования знаний в области экономики, менеджмента, истории, а также житейского опыта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Schumpeter J. A. (1912), *Theories der Wirtschaftlichen Entwicklung*. (The Theory of Economic Development), Leipzig : Dunker and Humblot ; translated by Redvers Opie, Cambridge, MA : Harvard University Press, 1934.
2. Клейнер Г. Б. Моделирование механизмов принятия решений на предприятии / Г. Б. Клейнер // Экономика и мат. методы. – 2002. – № 3.
3. Xin Liu, Chungjin Hu, Jianyi Huang, Feng Liu. OPSDS : a semantic data integration and service system based on domain ontology. Data Science in Cyberspace (DSC), IEEE International Conference. 2016.
4. Dominic Girardi, Michael Giretzlehner, Klaus Arthofer. Ontology-Guided Data Acquisition and Analysis. DATA ANALYTICS 2012 : The First International Conference on Data Analytics.
5. Daraio C., Lenzerini M., Leporelli. Data integration for research and innovation policy : an Ontology-Based Data Management approach. Scientometrics, vol. 106, 2016.
6. Stoll K. U. (2016). Doctoral Thesis. Using Existing Structured Data as a Learning Set for Web Information Extraction in E-Commerce. Universität der Bundeswehr München.
7. Wache T. Vögele, U. Visser. Ontology-Based Integration of Information – A Survey of Existing Approaches, Workshop : Ontologies and Information. – 2001. – P. 108–117.
8. The Ontolingua ontology library. – Mode of access: <http://www.ksl.stanford.edu/software/ontolingua/>
9. Ефименко И. В. Онтологическое моделирование экономики предприятий и отраслей современной России : Часть 1–3. Онтологическое моделирование : подходы, модели, методы, средства, решения / И. В. Ефименко, В. Ф. Хорошевский ; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М. : Изд. дом Высшей школы экономики, 2011.
10. Boldyrev I. A. Ontology of Economics : an Interpretive Perspective / I. A. Boldyrev. – Moscow : State University – Higher School of Economics, 2009.
11. Темникова Е. А. Онтологическое моделирование предметной области учреждения дополнительного профессионального образования / Е. А. Темникова, В. С. Асламова, О. Г. Берестнева // Онтология проектирования, 2015. – Выпуск № 4 (18), т. 5
12. Бова В. В. Онтологическое моделирование разнородных предметных знаний в интеллектуальных обучающих системах. Информатика, вычислительная техника и инженерное образование / В. В. Бова [и др.]. – 2015. – № 4 (24).
13. Сердюков С. Д. Разработка онтологической модели предметной области туристского бизнеса / С. Д. Сердюков, Н. К. Сердюкова // Наукоедение (2016). – № 3, том 8. – Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/58EVN316.pdf>
14. Zuniga G. L. An Ontology of Economic Objects / G. L. Zuniga // American Journal of Economics and Sociology (1999). – № 58, vol. 2. – P. 299–312.
15. Liveta P., Mullerb J.-P., Phanc D., Sandersd L. Ontology, a Mediator for Agent-Based Modeling in Social Science. Journal of Artificial Societies and Social Simulation

(2010), 13 (1) 3. – Mode of access: <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/13/1/3.html>, DOI: 10.18564/jasss.1538

16. *Vogrinčič S., Bosnić Z.* Ontology-based multi-label classification of economic articles. *Computer Science and Information Systems*. – 2011. – № 1, vol. 8. – P. 101–119.

17. A systemic framework for the computational analysis of complex economies. An evolutionary-institutional perspective on the ontology, epistemology, and methodology of complexity economics. A thesis submitted to the Doctoral Commission Dr. rer. pol. of the University of Bremen in fulfillment of the requirements for the degree of Dr. rer. pol. Claudius Gräbner. Bremen, 2016.

18. *Blums I., Weigand H.* Towards a reference ontology of complex economic exchanges for Accounting Information Systems. *Proc. Of 20th IEEE International Enterprise Distributed Object Computing Conference (EDOC 2016)*. – Vienna, Austria. – 2016. – P. 1–10.

19. *Калимуллина О. В.* Возможности применения гибридных моделей на основе сбалансированной системы показателей в рамках системы риск-менеджмента коммерческого банка / О. В. Калимуллина // *Экономика и менеджмент систем управления*. – 2014. – № 3 (13). – С. 30–39.

20. *Wang C.* The Long-run Effect of Innovation on Economic Growth. (2013). UNSW, School of Economics. – Sydney : UNSW.

21. *Svensson R.* Measuring Innovation Using Patent Data. IFN Working Paper № 1067. (2015).

22. *Fagerberg J., Martin B. R., Andersen E. S.* *Innovation Studies, Evolution and Future Challenges*. (2013). Oxford : Oxford University Press.

23. OECD. (2015). *The future of productivity*. Paris : OECD.

24. *Кораблева О. Н.* Особенности и проблемы внедрения единой интегрированной системы управления рисками в рамках реализации Базельской концепции достаточности капитала в России / О. Н. Кораблева, О. В. Калимуллина // *Вестник Кемеров. гос. ун-та*. – 2014. – № 4 (60), т. 2. – С. 232–238.

25. *Korableva O., Kalimullina O.* Strategic Approach to the Optimization of Organization Based on the BSC SWOT Matrix. *Proceedings of the International Conference on Knowledge Engineering and Applications. ICKEA, 2016. Singapore, September 28–30, 2016*. – P. 212–215.

26. *Радущинский Д. А.* О «полюсах роста» и кластерах в инновационной инфраструктуре региона / Д. А. Радущинский // *Современные научные исследования и инновации*. – 2013. – № 10. – Режим доступа: <http://web.snauka.ru/issues/2013/10/27973>

27. *Korableva O., Kalimullina O.* The Formation of a single legal space as a prerequisite for overcoming systemic risk. *Asian Social Science*. – 2014. – Vol. 10 (21). – P. 256–260.

Университет ИТМО, Санкт-Петербургский государственный университет

Кораблева О. Н., доктор экономических наук, профессор

E-mail: on.korableva@gmail.com

Тел.: +79219526325

«Рексофт»

Митякова В. Н., старший программист

E-mail: vnmityakova@gmail.com

Тел.: +79216373203

Университет ИТМО

Калимуллина О. В., кандидат экономических наук, преподаватель

E-mail: chemireva@mail.ru

Тел.: +79811037255

ITMO University, St. Petersburg State University

Korableva O. N., Doctor of Economics, Professor

E-mail: on.korableva@gmail.com

Tel.: +79219526325

«Reksoft»

Mityakova V. N., Senior Programmer

E-mail: vnmityakova@gmail.com

Tel.: +79216373203

ITMO University

Kalimullina O. V., PhD, Lecturer

E-mail: chemireva@mail.ru

Tel.: +79811037255