

ИНТЕГРАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА, НАУКИ И ОТРАСЛЕВОГО ОБРАЗОВАНИЯ В КОНТЕКСТЕ «ЦИФРОВОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ»

И.С. Волежанина, д-р пед. наук, доцент
Сибирский государственный университет путей сообщения
(Россия, г. Новосибирск)

DOI:10.24412/2500-1000-2023-11-2-185-189

Аннотация. Целью статьи является раскрытие роли «цифровой железной дороги» для трансформации механизма интеграции науки, образования и производства в системе «отрасль – отраслевой вуз». Важным условием такой интеграции полагается использование аналогичных подходов и технологий отраслевой корпорацией и вузом, связанных через научную и образовательную деятельность. Одним из разделяемых подходов обоснован символичный подход в искусственном интеллекте, возможности которого изучаются для создания гибридного интеллекта научно-образовательно-производственного комплекса. В условиях смещения внимания с экономического и технологического аспектов взаимодействия человека и машины на социальный и экологический, гибридный интеллект может быть реализован в виде мультиагентной системы. Ядром данной системы рассматривается разделяемый ресурс отраслевых знаний, представляемых в формате онтологий. Отраслевые знания перераспределяются между искусственными и естественными интеллектуальными агентами, взаимодействующими на основе «умных контрактов». Попытка разработки теоретических оснований гибридной мультиагентной системы отраслевого вуза была предпринята коллективом исследователей Сибирского государственного университета путей сообщения, г. Новосибирск.

Ключевые слова: цифровая железная дорога, научно-образовательно-производственный комплекс, мультиагентная система, онтология, отраслевой вуз, «умный» контракт.

В научной литературе, посвященной проблемам создания «умной» (smart) транспортной инфраструктуры, отмечается, что цифровые системы на железнодорожном транспорте, известные сегодня как «цифровые железные дороги» (ЦЖД), кардинально изменили возможности отрасли и содержание деятельности занятых в ней сотрудников. Исторически ядро цифровой железной дороги в виде цифровой системы сигнализации, управления и связи возникло на высокоскоростных железных дорогах. Масштабным примером современной комплексной реализации научно-технологического проекта «Цифровая железная дорога» является компания Network Rail (Великобритания). Аналогичные проекты реализуются во многих странах мира, включая Россию и Китай [1; 2]. Как отмечается в отчете [3], ожидаемый объем мирового рынка цифровых железных дорог к 2028 г. достигнет 103,7 млрд. долл. При этом отмечается, что достижение такой

цели потребует кардинальных изменений традиционных бизнес-моделей, используемых организациями железнодорожного транспорта, ориентированными преимущественно на инженерные и эксплуатационные работы. Эти изменения связываются с установлением связи между физическим состоянием транспортных инфраструктур и их цифровыми образами. Иными словами, необходимо согласованное управление как физическими, так и нематериальными активами отрасли.

Как показывает анализ современной научной литературы и мирового опыта, применение «цифровых подходов» на железнодорожном транспорте направлено на формирование отраслевых сервисных экосистем, предполагающих объединение информационных ресурсов множества взаимодействующих партнеров [4]. В этой связи наблюдается возрождение практического интереса к символическому подходу в искусственном интеллекте, в частности к

разработке систем, основанных на знаниях в формате онтологий. В центре внимания авторов современных публикаций находятся две взаимосвязанные идеи: согласование разделяемой терминологии и стандартизация данных/контента посредством онтологий ([5; 6] и др.).

Возможности онтологического подхода изучаются для решения актуальных задач строительства железных дорог [7], разработки цифровых двойников [8], мультимодальных перевозок [9], автоматизации бизнес-процессов транспортных компаний [10], обеспечения совместимости систем грузовых и пассажирских перевозок и др.

На решение последней задачи направлен проект ST4RT (Semantic Transformations for Rail Transportation), реализованный в период с 2016 по 2018 гг. в рамках совместной железнодорожной технологической инициативы стран Европы и Великобритании Shift2Rail. В настоящее время полученные результаты используются Агентством Европейского союза по железным дорогам (European Union Agency for Railways). Как пишут J.A. Rojas и соавторы, «до настоящего времени агентство руководствовалось традиционными подходами, ориентированными на приложения для поддержки обмена данными между различными субъектами, взаимодействующими в сфере железнодорожного транспорта. Это приводило к созданию изолированных цифровых сред, что создавало барьеры для взаимодействия цифровых технологий и увеличивало затраты на обслуживание и инновации» [11]. Исследователями предложен ряд решений на основе онтологий, позволяющие создать семантический слой для интеграции разнородных данных реестров Агентства. Среди таких решений онтология транспортной инфраструктуры и типов транспортных средств, представляемая, в том числе в виде графа знаний, и мобильное приложение для пользователей.

Помимо вышеизложенного, объяснение роста научного и практического интереса к возможностям символического подхода и онтологиям находим в концепции «Индустрия 5.0». Ее центральной идеей полага-

ется «человекоцентричная экономика», в которой фокус внимания смещается с экономического и технологического аспектов взаимодействия человека и машины на социальный и экологический [12]. Эти аспекты в полной мере учитываются в гибридных мультиагентных системах, позволяющих интеграцию науки, образования и производства в сфере железнодорожного транспорта, исходя из идеи о разделяемых подходах, методах и технологиях в совместной деятельности отрасли и отраслевых вузов.

В обозначенном контексте преимуществом символического подхода для системы «отрасль – отраслевой вуз» является обращение к разделяемым человеком и машиной формам представления знаний, извлекаемых из корпоративных данных. Такими элементами баз знаний рассматриваются онтологии, которые, в отличие от нейронных сетей, могут интерпретироваться человеком. Это придает системам управления отраслевыми знаниями личностно-ориентированный характер и позволяет использование в комплексе с образовательными технологиями в процессе формирования и развития компетенций субъекта труда. На данный факт обращают внимание G. Dante и соавторы, отмечая, что знания как составляющая профессиональных компетенций человека могут быть использованы для развития бизнес-интеллекта компаний [13].

Роль, которую играет ЦЖД в цифровой трансформации взаимодействия отрасли с отраслевыми вузами, можно описать, обратившись к принципу *интеллектуальной мобильности*. Будучи понятием логистики, мобильность в «цифровой» интерпретации связывается с управлением информационными потоками в некоторой виртуальной среде. В вузах, аналогично отраслевым предприятиям, цифровые логистические процессы осуществляются с использованием знаниевых ресурсов (доставка контента обучающимся, накопление и хранение знаний, их обогащение и др.). Как полагают исследователи, обращение к онтологиям и стандартам Semantic Web позволит создание ресурса, разделяемого деловыми, научными и образовательными ор-

ганизациями [14]. Такой ресурс как Share-Point может рассматриваться ядром научно-образовательно-производственной среды в русле движения Open Science.

Очевидно, что реализация цифровой модели взаимодействия отрасли и отраслевого вуза потребует разработки соответствующих теоретико-методологических оснований и реализующего инструментария. Попытка создания теоретических и практических решений была предпринята в рамках научно-исследовательского проекта «Цифровая модель взаимодействия ОАО «РЖД» и ФГБОУ ВО СГУПС в системе управления знаниями в форме онтологий» (шифр 2.2022-ГЗ, рег. № НИОКТР 109-00011-22-00).

Одним из положений, объясняющих интеграцию науки, образования и производства в контексте ЦЖД, явилась ориентированность на достаточно универсальную идею «умного контракта». Ее суть заключается в использовании искусственных интеллектуальных (ИИ) агентов в качестве посредников при взаимодействии ролей в бизнес-процессах организации. Ролевые агенты полагаются носителями знаний об установленных в организации регламентах и следят за их выполнением. Они взаимодействуют с носителем должности (человеком) и обеспечивают его нормативное поведение. При этом образовательный процесс рассматривается как бизнес-процесс, а образовательные программы как нормативные документы. Отраслевые базы знаний, представленные в форме онтологий, являются разделяемым ресурсом, используемым в процессе профессиональной подготовки отраслевых кадров.

В итоге формируется новая архитектура системы управления знаниями, в которой

появляется виртуальная научно-образовательно-производственная среда как надстройка над реальной средой в виде взаимодействующих ИИ агентов. Взаимодействие виртуальной и реальной сред осуществляется через взаимодействия виртуальных ИИ агентов с людьми (преподавателями, обучающимися, сотрудниками, представителями науки и производства). При таком подходе принципиальным становится вопрос о переводе руководящих документов в форму баз знаний, которые можно использовать для построения мультиагентных систем.

Подводя итоги всему вышеизложенному, необходимо отметить, что практически все документы, циркулирующие в современных вузах, представлены в текстовой и гипертекстовой формах. Эти формы представления знаний рассчитаны на восприятие исключительно человеком, поэтому их перевод в машинно-ориентированные формы является ключевой и, как показывает практика, сложной задачей.

Обращение к концепции ЦЖД и цифровым технологиям, которые должны разделяться отраслью и отраслевыми вузами, открывает перспективу создания гибридного интеллекта, основанного на отраслевых знаниях. Такие знания перераспределяются между искусственными и естественными интеллектуальными агентами, взаимодействующими на основе «умных контрактов». Вокруг открытого ресурса отраслевых знаний, разделяемого взаимодействующими партнерами благодаря обращению к формату онтологий, формируется научно-образовательно-производственная среда, обеспечивающая интеграцию науки, образования и производства.

Библиографический список

1. Anokhov I.V., Rimskaya O.N., Khomov A.V. Impact of railways digitalisation on the national economy development // *Modern Transportation Systems and Technologies*. – 2022. – Vol. 8. – № 2. – P. 135-148. DOI: 10.17816/transsyst202282135-148.
2. Zhang X., Khan M.M., Halimu Y. Future Technological Development of Rail Transit // *Principles of Intelligent Rail Transit. Advances in High-speed Rail Technology*. – Springer, Singapore. – 2023. – P. 281-306. – DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-19-6072-7_7.
3. Global Digital Railway Market Report 2022 to 2028: Demand for Cutting-Edge Transportation Infrastructure is Increasing Driving Growth / Dublin, Nov. 15, 2022 (GLOBE NEWSWIRE). – URL: <https://www.globenewswire.com/news->

release/2022/11/15/2555811/0/en/Global-Digital-Railway-Market-Report-2022-to-2028-Demand-for-Cutting-Edge-Transportation-Infrastructure-is-Increasing-Driving-Growth.html (дата обращения: 26.11.2023).

4. Khabarov V., Volegzhaniina I. An impact of ontology-based service-oriented ecosystems on digital transformation of railway transport and engineering education // *Transportation Research Procedia*. – 2022. – Vol. 63. – P. 1899-1908. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.06.210>.

5. Psarommatis F., Fraile F., Ameri F. Zero Defect Manufacturing ontology: A preliminary version based on standardized terms // *Computers in Industry*. – 2023. – Vol. 145. – P. 103832.

6. Sileryte R., Wandl A., van Timmeren A. A bottom-up ontology-based approach to monitor circular economy: Aligning user expectations, tools, data and theory // *Journal of Industrial Ecology*. – 2023. – Vol. 27. – № 2. – P. 395-407. – DOI: [10.31219/osf.io/sqcdv](https://doi.org/10.31219/osf.io/sqcdv).

7. Zhang H. Template-based knowledge reuse method for generating high-speed railway virtual construction scenes / H. Zhang, W. Zhao, Z. Han, J. Zhu // *International Journal of Digital Earth*. – 2023. – Vol. 16. – № 1. – P. 1144-1163. – DOI: [10.1080/17538947.2023.2197259](https://doi.org/10.1080/17538947.2023.2197259).

8. Jafari M. A Review on Digital Twin Technology in Smart Grid, Transportation System and Smart City: Challenges and Future / M. Jafari, A. Kavousi-Fard, T. Chen, M. Karimi // *IEEE Access*. – 2023. – Vol. 11. – P. 17471-17484. – DOI: [10.1109/ACCESS.2023.3241588](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3241588).

9. Matei O., Erdei R., Delinschi D. Multimodal Transportation Overview and Optimization Ontology for a Greener Future // *Artificial Intelligence in Intelligent Systems. CSOC 2021. – Lecture Notes in Networks and Systems*. – Springer, Cham. – 2021. – Vol. 229. – DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-77445-5_15.

10. Golightly D. Human, Organisational and Societal Factors in Robotic Rail Infrastructure Maintenance / D. Golightly, J. Chan-Pensley, N. Dadashi, S. Jundi et al. // *Sustainability*. – 2022. – № 14(4). – P. 2123. – DOI: <https://doi.org/10.3390/su14042123>.

11. Rojas J.A. Leveraging Semantic Technologies for Digital Interoperability in the European Railway Domain / J.A. Rojas, M. Aguado, P. Vasilopoulou, I. Velitchkov et al. // *The Semantic Web. – ISWC 2021. – Lecture Notes in Computer Science*. – Springer, Cham. – 2021. – Vol. 12922. – DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-88361-4_38.

12. Ху Т. Обзор национальных стратегий перехода к Индустрии 5.0 // *Экономика и управление инновациями*. – 2022. – № 3(22). – С. 28-38. – DOI: [10.26730/2587-5574-2022-3-28-38](https://doi.org/10.26730/2587-5574-2022-3-28-38).

13. Dante G., La Rosa G., Lopez P., Bayona A.L. Domain analysis of the research in professional competences, technology and engineering cluster // *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. – 2015. – № 182. – P. 163-172.

14. Catrinescu V., Seward T. SharePoint and Exchange Integration // *Deploying SharePoint*. – Apress, Berkeley, CA. – 2019. – DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4842-4526-2_11.

**INTEGRATION OF INDUSTRY, SCIENCE AND INDUSTRY-RELATED EDUCATION
IN VIEW OF THE "DIGITAL RAILWAY"**

I.S. Volegzhanina, *Doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor*
Siberian Transport University
(Russia, Novosibirsk)

Abstract. *The article aims to reveal the role of "Digital Railway" for the transformation of a mechanism of science, education and industry integration in the "industry – industry-related higher education institution" system. An important condition for such integration is using similar approaches and technologies by an industry corporation and a higher education institution, which are related through scientific and education activities. A symbolic approach in Artificial Intelligence is grounded as one of shared approaches. Its opportunities for the development of hybrid intelligence of the science-education-industry complex are studied. With the shift of attention from the economic and technological aspects of human-machine interaction to the social and environmental aspects, the hybrid intelligence can be implemented in a form of multi-agent system. The core of this system is considered to be a shared resource of industry-specific knowledge represented in an ontology format. Industry-specific knowledge is redistributed between artificial and natural intelligent agents interacting through smart contracts. An attempt to develop theoretical foundations of the hybrid multi-agent system of an industry-related higher education institution was made by a team of researchers from Siberian Transport University, Novosibirsk.*

Keywords: *digital railway, science-education-industry complex, multi-agent system, ontology, industry-related higher education institution, smart contract.*