

Применение онтологических моделей и баз знаний для разработки киберфизических систем в соответствии с референтной моделью RAMI 4.0

И.Н. Фомин^{1,2*}

¹*Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, Россия*

²*Институт проблем точной механики и управления – подразделение Федерального исследовательского центра «Саратовский научный центр Российской академии наук», Саратов, Россия
ignik16@yandex.ru

Аннотация. Современные тенденции развития индустрии 4.0 и цифровизации промышленности приводят к созданию сетей различных производственных предприятий, использующих общие цифровые платформы, киберфизические системы, которые формируют индустриальные цифровые экосистемы. Это делает актуальными исследования, направленные на стандартизацию и оптимизацию информационного обмена между субъектами производственных процессов, что имеет ключевое значение для повышения конкурентоспособности и сокращения жизненного цикла продукции. Это приводит к появлению потребности в исследованиях, посвященных разработке методов обеспечения семантической связанности цифровых моделей продуктов, процессов и предприятий в рамках референтных моделей организации процессов, таких как RAMI 4.0, в контексте распределенного производства. Целью исследования, описанного в статье, стала разработка метода применения онтологических моделей и баз знаний для проектирования киберфизических систем, соответствующих стандарту RAMI 4.0, с акцентом на достижение согласованности, целостности и динамического взаимодействия в цифровых платформах. Объект исследования – киберфизические системы, а предмет – метод их проектирования с использованием онтологий и стандарта RAMI 4.0. Основные результаты включают создание системы иерархически связанных онтологий, классификацию свойств и отношений активов в структуре RAMI 4.0, разработку структуры предикатов для баз знаний и практическую реализацию метода на платформе «1С: Предприятие». Результаты проведенного исследования обеспечивают унификацию терминологии, повышение эффективности обмена данными и поддержку принятия технических решений при проектировании и использовании киберфизических систем. Новизна предложенного подхода заключается в разработке иерархической системы онтологий, классификации предикатов онтологической модели для применения методов нечеткой логики к задачам формирования баз знаний. Предложенный подход претендует на вклад в развитие системной инженерии, предоставляя теоретическую базу и практические инструменты для цифровизации промышленности и стандартизации взаимодействия предприятий в экосистемах индустрии 4.0, а также открывает перспективы для дальнейших исследований в области интеллектуальных производственных систем.

Ключевые слова: киберфизические системы, референтные бизнес-модели, индустрия 4.0, RAMI 4.0, онтологический подход, нечеткая логика

Для цитирования: *Фомин И.Н.* Применение онтологических моделей и баз знаний для разработки киберфизических систем в соответствии с референтной моделью RAMI 4.0 // Прикладная информатика. 2025. Т. 20. № 4. С. 110–131. DOI: 10.37791/2687-0649-2025-20-4-110-131

Application of ontological models and knowledge bases for the development of cyber-physical systems in accordance with the RAMI 4.0 reference model

I. Fomin^{1,2*}

¹Saratov National Research State University named after N. G. Chernyshevsky, Saratov, Russia

²Institute of Precision Mechanics and Control Problems – Subdivision of the Federal Research Center “Saratov Scientific Center of the Russian Academy of Sciences”, Saratov, Russia

*ignik16@yandex.ru

Abstract. Modern trends in the development of Industry 4.0 and the digitalization of industry are leading to the creation of networks of various manufacturing enterprises that use shared digital platforms and cyber-physical systems, forming industrial digital ecosystems. This highlights the relevance of research aimed at standardizing and optimizing information exchange between stakeholders in production processes, which is crucial for enhancing competitiveness and reducing product life cycles. These challenges create a growing need for methods that ensure semantic coherence of digital models of products, processes, and enterprises within reference frameworks such as RAMI 4.0, particularly in the context of distributed manufacturing. The aim of this study is to develop a method for applying ontological models and knowledge bases in the design of cyber-physical systems aligned with the RAMI 4.0 standard, with an emphasis on achieving consistency, integrity, and dynamic interaction within digital platforms. The main results include the development of a system of hierarchically linked ontologies, a classification of asset properties and relationships within the RAMI 4.0 structure, a predicate framework for knowledge bases, and a practical implementation of the method using the 1C:Enterprise platform. The proposed approach ensures terminological unification, improves data exchange efficiency, and supports decision-making in the design and operation of cyber-physical systems. It contributes to the advancement of systems engineering by providing both a theoretical foundation and practical tools for industrial digitalization and the standardization of enterprise interactions within Industry 4.0 ecosystems, while also opening new prospects for research into intelligent manufacturing systems.

Keywords: cyber-physical systems, reference business models, Industry 4.0, RAMI 4.0, ontological approach, fuzzy logic

For citation: Fomin I. Application of ontological models and knowledge bases for the development of cyber-physical systems in accordance with the RAMI 4.0 reference model. *Prikladnaya informatika*=Journal of Applied Informatics, 2025, vol.20, no.4, pp.110-131 (in Russian). DOI: 10.37791/2687-0649-2025-20-4-110-131

Введение

Мировая экономика трансформируется. В ней просматриваются тенденции перехода от экономики масштаба к экономике малых агентов. Современный мир переходит в постиндустриальное общество, в котором стано-

вятся возможными такие бизнес-модели, которые ранее были невыполнимыми. В 2016 г. приняты «Инициативы „Группы двадцати“ по развитию и сотрудничеству в области цифровой экономики». В 2017 г. определена стратегия развития информационного общества в России [1]. В 2020 г.