

Наука и инновации в информационном обществе**ОНТОЛОГИЧЕСКИ УПРАВЛЯЕМОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
РАСПРЕДЕЛЁННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЗНАНИЙ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ
ИННОВАЦИОННОГО ПРОДУКТА В СЕТЕВОМ ПРЕДПРИЯТИИ****Брызгалов Алексей Алексеевич**

*Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова
Кафедра прикладной информатики и информационной безопасности
Старший преподаватель
Москва, Российская Федерация
Bryzgalov.AA@rea.ru*

Казаков Василий Александрович

*Кандидат экономических наук
Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова
Кафедра прикладной информатики и информационной безопасности
Доцент
Москва, Российская Федерация
Kazakov.VA@rea.ru*

Тельнов Юрий Филиппович

*Доктор экономических наук, профессор
Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова
Кафедра прикладной информатики и информационной безопасности
Заведующий кафедрой
Москва, Российская Федерация
Telnov.YUF@rea.ru*

Аннотация

В статье рассматриваются методы и средства формирования инновационного продукта в сетевом предприятии на основе онтологически управляемого использования распределённых источников знаний. Предложен подход, в котором семантическое ядро базы знаний связывает онтологии, реестр источников и именованные графы проекта, источников знаний, решений-кандидатов и проектного представления продукта. Показан механизм перехода от информационной потребности и фрагмента источника к проверяемому утверждению с сохранением его происхождения. Применение подхода проиллюстрировано на задаче выбора материала и технологии изготовления корпуса электронного датчика.

Ключевые слова

сетевое предприятие; инновационный продукт; проектное представление; база знаний; семантическое ядро; онтология; граф знаний; распределённые источники знаний; решение-кандидат; интеллектуальный агент

Введение

Создание инновационных продуктов в условиях сетевого предприятия связано с совместной деятельностью предприятий, научных организаций, технологических партнёров и экспертов. В цифровой среде это расширяет возможности привлечения специализированных знаний и компетенций [1, 2]. Однако доступа к информационным ресурсам недостаточно: необходимо определить, какая информация нужна для конкретной проектной задачи, из каких источников её получить и как связать результат обработки с проектным представлением продукта. Под

© Брызгалов А. А., Тельнов Ю. Ф., Казаков В. А., Королева Д. С., 2026

Производство и хостинг журнала «Информационное общество» осуществляется Институтом развития информационного общества.

Данная статья распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons «С указанием авторства — С сохранением условий версии 4.0 Международная» (Creative Commons Attribution — ShareAlike 4.0 International; CC BY-SA 4.0). См. <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode.ru>
https://doi.org/10.52605/16059921_2026_05_78

формированием инновационного продукта далее понимается не физическое изготовление, а формирование в базе знаний согласованного проектного представления, включающего постановку проекта, требования, решения-кандидаты, принятые проектные решения и описание продукта.

Необходимая для проектных задач информация содержится во внутренних и внешних информационных ресурсах. В исследованиях ранних стадий разработки нового продукта рассматриваются собственные НИОКР, внутриорганизационные ресурсы, знания партнёров, поставщиков, клиентов и исследовательских организаций [3, 4]. Их совместное использование осложняется различиями в представлении, терминологии, формализации, принадлежности и условиях доступа. Под источником знаний далее понимается информационный ресурс, из которого может быть получена информация для решения проектной задачи.

Существенной становится не только задача обнаружения источника знаний, но и установление связи полученной информации с проектной задачей. Источник выбирается относительно информационной потребности. Под фрагментом источника понимается идентифицируемая часть информационного ресурса — часть документа, строка таблицы, запись базы данных, элемент ответа API или иной элемент с необходимой информацией. Фрагмент служит основанием для семантической интерпретации и формирования утверждения о требовании, ресурсе, решении-кандидате, компоненте продукта или другом элементе проектного представления. Решение-кандидат — возможный вариант проектного решения, сформированный для конкретной задачи и проверяемый с учётом требований, ограничений и доступных ресурсов.

Для структурирования предметной информации применяются подходы на основе онтологий и графов знаний [5–7]. В настоящей работе онтология и граф знаний выполняют разные функции: онтология задаёт классы, свойства, отношения и ограничения, а в графе фиксируются экземпляры и утверждения конкретного проекта. Класс онтологии и экземпляр графа не отождествляются: экземпляр получает собственный IRI, а его принадлежность к классу и связи с другими экземплярами задаются посредством типизации и свойств. Такое разделение позволяет использовать одну и ту же онтологию в разных инновационных проектах, сохраняя различие между уровнем концептуального описания предметной области и уровнем фактов конкретного проекта.

Большие языковые модели (далее — LLM) расширяют возможности извлечения информации из текстовых и слабоструктурированных источников и её сопоставления с формализованными структурами знаний [8, 9]. В рассматриваемом подходе интеллектуальный агент на основе LLM связывает информационную потребность с семантической интерпретацией информации, полученной из выбранного фрагмента источника. Результат такой интерпретации не рассматривается как самостоятельное знание или готовое проектное решение: он сопоставляется с классами и свойствами онтологии, проверяется по заданным ограничениям и только после этого может быть зафиксирован в соответствующем именованном графе в форме проверенного утверждения с сохранением сведений о его происхождении.

Научная проблема состоит в отсутствии согласованного механизма, связывающего распределённые источники знаний и выделяемые из них фрагменты с проверяемыми утверждениями о конкретном инновационном проекте при сохранении их предметной интерпретации и происхождения. Особое значение эта проблема приобретает в условиях сетевого предприятия, где информационные ресурсы принадлежат разным участникам, имеют различные способы представления и могут подключаться к проекту по мере возникновения новых информационных потребностей.

Целью исследования является разработка подхода к онтологически управляемому использованию распределённых источников знаний при формировании проектного представления инновационного продукта. Предлагаемый подход должен обеспечивать связь информационных потребностей с источниками знаний и их фрагментами, семантическую интерпретацию полученной информации, проверку формируемых утверждений и их фиксацию в соответствующих именованных графах проекта, источников знаний, решений-кандидатов и инновационного продукта.

1 Обзор исследований

Управление знаниями в инновационной деятельности связывается с их получением, обменом, сохранением и использованием в бизнес-процессах [10]. Для сетевого предприятия эта постановка дополняется необходимостью координации знаний участников, совместно выполняющих

проектные и производственные задачи. Один из подходов к такой координации основан на системе, поддерживающей проектирование инновационных процессов [11].

Источники знаний в инновационной деятельности классифицируются по-разному. Внутренние связываются с собственными НИОКР и ИКТ предприятия, внешние — с распространением знаний и сотрудничеством с партнёрами [3]. Получение внешних знаний зависит от выбора партнёров и способности организации интегрировать результаты совместных НИОКР [12]. На ранних стадиях разработки нового продукта источниками также выступают клиенты, поставщики и исследовательские организации [4]. Для сетевого предприятия важно учитывать не только вид ресурса, но и его положение относительно участника и сети, поскольку от этого зависят доступ, права использования и возможность применения информации в совместном проекте.

Различные классы источников требуют согласования информации и формального представления ресурсов и их связей с предметными понятиями. Семантическое ядро цифровой платформы может объединять онтологии разных уровней и средства семантического поиска [5]. Онтологический подход применяется для совместимости описаний процессов сетевого предприятия [6], а графы знаний — для автоматического извлечения сущностей и отношений из проектных данных [7]. Однако связь между конкретным источником, владельцем, использованным фрагментом, информационной потребностью и формируемым утверждением не представлена как целостный механизм.

Связывание информационных ресурсов с семантическими структурами требует автоматизации извлечения и интерпретации информации. Существующие средства работы с онтологиями недостаточно поддерживают преобразование данных из таблиц и схем, проверку наполнения и интеграцию с системами реального времени [13]. LLM позволяют извлекать из текстов понятия, атрибуты и отношения [8], а также обрабатывать запросы с учётом онтологических свойств в распределённых системах [14]. Взаимодействие LLM и графов знаний включает использование графов для дополнения LLM, применение LLM для построения графов и двустороннее взаимодействие [9]. При этом переход от информации конкретного фрагмента к проверенному утверждению о требовании, ресурсе, решении-кандидате или другом элементе проектного представления требует дополнительного рассмотрения.

Отдельное значение имеет организация доступа LLM-агентов к источникам знаний. Для корпоративных, внутрисетевых и внешних ресурсов механизмы доступа могут различаться, поэтому онтологическое описание источника целесообразно дополнять информацией о доступных операциях, интерфейсах и ограничениях использования. Одним из способов стандартизации взаимодействия LLM-агентов с информационными системами и инструментами является Model Context Protocol [15]. Однако протокольный уровень определяет технический способ обращения к ресурсу, но не устанавливает его релевантность конкретной информационной потребности и не определяет правила семантической интерпретации полученной информации, формирования и проверки утверждений графа знаний.

Рассмотренные работы охватывают классификацию источников знаний, семантическое согласование информации, построение и наполнение графов знаний, применение LLM для извлечения информации и средства доступа к информационным ресурсам [3–15]. Вместе с тем в рассмотренных работах не представлен целостный механизм, охватывающий постановку проектной задачи, выявление информационной потребности, выбор источника знаний и его релевантного фрагмента, семантическую интерпретацию полученной информации, формирование и проверку утверждения и его последующую фиксацию в именованном графе. Кроме того, требует согласования использование уровня онтологии, задающего классы, свойства и ограничения, и уровня фактов конкретного инновационного проекта, представленного экземплярами и утверждениями именованных графов.

В настоящей работе семантическое ядро цифровой платформы развивается применительно к распределённым источникам знаний и формированию проектного представления инновационного продукта. Рассматриваются реестр и именованный граф источников знаний проекта, связь источников с информационными потребностями, а также формирование интеллектуальным агентом проверяемых утверждений и их фиксация в именованных графах проекта, источников, решений-кандидатов и продукта.

2 Онтологически управляемое представление и использование распределённых источников знаний

Предлагаемый подход ориентирован на сетевое предприятие, где информация, необходимая для формирования проектного представления инновационного продукта, распределена между участниками сети и внешней средой. Информационные ресурсы могут оставаться в системах их владельцев, тогда как цифровая платформа должна согласованно представлять описания этих ресурсов, используемые фрагменты и формируемые на их основании утверждения. Для этого в базе знаний цифровой платформы выделяется семантическое ядро, связывающее представление инновационного проекта и продукта, источники знаний и графовое представление фактов конкретного проекта [5].

Такое построение разделяет уровни представления. Онтология инновационного проекта и продукта задаёт классы, свойства и отношения для проекта, задач, решений-кандидатов, проектных решений и продукта. Онтология источников знаний и задач обработки определяет структуру ресурсов, их фрагментов, задач обработки, утверждений, проверки и происхождения. Задача обработки — действие над источником или его фрагментом для удовлетворения информационной потребности: поиск, извлечение, семантическая интерпретация или проверка. Факты конкретного проекта фиксируются не в онтологиях, а в именованных графах как экземпляры и RDF-утверждения. Онтология задаёт допустимую структуру, а графы её наполнение.

Реестр источников знаний содержит описания информационных ресурсов, потенциально доступных для использования в разных инновационных проектах: тип источника, владельца, условия и способ доступа, используемый интерфейс. Отбор источников выполняется относительно постановки проекта, требований, ограничений и возникающих информационных потребностей. Поэтому сначала формируется исходное представление инновационного проекта, после чего из реестра и при необходимости из внешней среды отбираются информационные ресурсы, описания которых включаются в именованный граф источников знаний проекта. Для внешнего ресурса перед включением его описания в граф фиксируются тип, владелец, условия и способ доступа, а также используемый интерфейс. При последующей работе с ресурсом в графе могут регистрироваться конкретные использованные фрагменты и сведения об операциях, выполненных над ними.

Для сопоставления источников знаний с задачами обработки необходимо различать их по виду информационного ресурса. Такая классификация приведена в табл. 1 и далее используется как основа для задания типа источника в онтологии источников знаний и задач обработки.

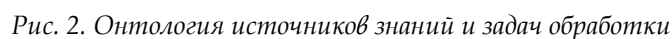
Таблица 1. Классификация источников знаний по виду информационного ресурса

Группа источников	Примеры	Роль в формировании знаний	Типовой способ доступа
Семантические и справочные ресурсы	онтологии, ECLASS, справочники	согласование терминов и идентификаторов	репозитории, SPARQL, API
Проектная документация	ТЗ, отчеты, протоколы, wiki	требования, ограничения, проектные решения	хранилища, СЭД, поиск, API
Базы данных и корпоративные системы	SQL/NoSQL, ERP, PLM, PDM, MES, CRM	атрибуты объектов и ресурсов	SQL, API, коннекторы
Инженерные цифровые представления	AAS, AASX, подмодели активов	параметры и характеристики активов	AAS API, репозитории, импорт
Научно-технические, нормативные и рыночные ресурсы	патенты, публикации, стандарты, каталоги	аналоги, технологии, требования	внешние БД, поиск, API
Данные испытаний и наблюдений	измерения, временные ряды, протоколы	подтверждение характеристик и гипотез	лабораторные системы, БД, файлы

Онтология инновационного проекта и продукта задаёт предметный контекст агента: инновационный проект, проектную задачу, решение-кандидат, проектное решение и продукт. Проектное представление продукта формируется на уровне экземпляров и утверждений именованных графов. Онтология помогает определить границы проекта, соотнести решения-

[illegible]

Онтология источников знаний и задач обработки задаёт контекст работы с распределёнными информационными ресурсами. Для интеллектуального агента и сервисов цифровой платформы она определяет, как представляются источник знаний, его фрагмент, задача обработки, результат извлечения, формируемое утверждение, результат его проверки и сведения о происхождении. При этом фрагмент источника не отождествляется с формируемым утверждением: содержащаяся в нём информация служит основанием для семантической интерпретации и последующего формирования проверяемого утверждения. Обобщённая структура онтологии приведена на рис. 2.



Графовая часть семантического ядра представляется как совокупность именованных графов, относящихся к различным аспектам работы над проектом: исходному представлению инновационного проекта, источникам знаний проекта, решениям-кандидатам и проектному представлению инновационного продукта. Именованные графы создаются и пополняются на разных стадиях работы над проектом, что позволяет разделять исходную постановку, отобранный набор источников знаний, проверяемые варианты решений и принятое проектное представление продукта, сохраняя при этом связи между относящимися к ним экземплярами.

Связь между онтологиями, информационными ресурсами и именованными графами задаётся через утверждения графа знаний. Класс онтологии определяет тип экземпляра, а свойство допустимую характеристику экземпляра или связь между экземплярами. Источник знаний и его фрагмент не являются фактами о проектном решении сами по себе, а выступают информационным основанием для формирования соответствующего утверждения. Происхождение утверждения связывает его с конкретным источником знаний, использованным фрагментом и действием обработки, в результате которого оно было сформировано.

В предлагаемом подходе именованные графы организуются в составе набора данных RDF. Каждому именованному графу назначается IRI, позволяющий однозначно идентифицировать граф, в контексте которого фиксируются RDF-утверждения. При сериализации набора данных RDF в формате N-Quads запись содержит субъект, предикат, объект и метку графа, определяющую принадлежность RDF-триплета соответствующему именованному графу [18, 23]. Таким образом, имя графа позволяет отделять утверждения, относящиеся к различным аспектам и стадиям конкретного проекта.

При этом IRI именованного графа не заменяет описание происхождения утверждения. Связь утверждения с использованным источником знаний, его фрагментом и действием обработки фиксируется отдельно; для представления таких сведений может применяться PROV-O [19]. Для задания онтологий используются средства OWL 2 [16], а состав и допустимость формируемых утверждений могут проверяться с помощью SHACL-ограничений [20]. Доступ к информационным ресурсам обеспечивается коннекторами и MCP-серверами [15], тогда как RAG может применяться для поиска релевантной информации в текстовых и слабоструктурированных источниках [17].

3 Сценарий формирования проектного представления инновационного продукта в семантическом ядре базы знаний

Сценарий формирования проектного представления инновационного продукта рассматривается как переход от исходного запроса участника сети к взаимосвязанным утверждениям об инновационном проекте, источниках знаний, решениях-кандидатах и формируемом продукте. На разных стадиях создаются и наполняются соответствующие именованные графы, а результаты одной стадии могут использоваться для выявления последующих информационных потребностей и формирования утверждений на следующих стадиях. Общая последовательность представлена на рис. 3.

На начальной стадии запрос участника сети интерпретируется с использованием онтологий семантического ядра. В составе набора данных RDF создаётся именованный граф инновационного проекта, в котором посредством типового сценария фиксируются исходная постановка проекта, цель, проектные задачи, требования, ограничения и первичные информационные потребности. Эти элементы задают исходный проектный контекст и определяют, какая информация требуется для решения проектных задач и какие источники знаний следует рассматривать.

После выявления информационных потребностей интеллектуальный агент обращается к реестру источников знаний и определяет релевантные внутренние, внутрисетевые и внешние информационные ресурсы. Описания ресурсов, выбранных для использования в конкретном проекте, включаются в именованный граф источников знаний проекта. В нём фиксируются сведения о выбранных источниках, способах и условиях доступа, а при последующей работе об использованных фрагментах. Если необходимый внешний ресурс отсутствует в реестре, выполняется его поиск, после чего описание ресурса регистрируется в реестре и при выборе для данного проекта включается в именованный граф источников знаний проекта. Связь формируемых утверждений с конкретными источниками и их фрагментами фиксируется посредством сведений о происхождении. По мере возникновения новых проектных задач и информационных потребностей состав проектного набора источников знаний может пополняться.

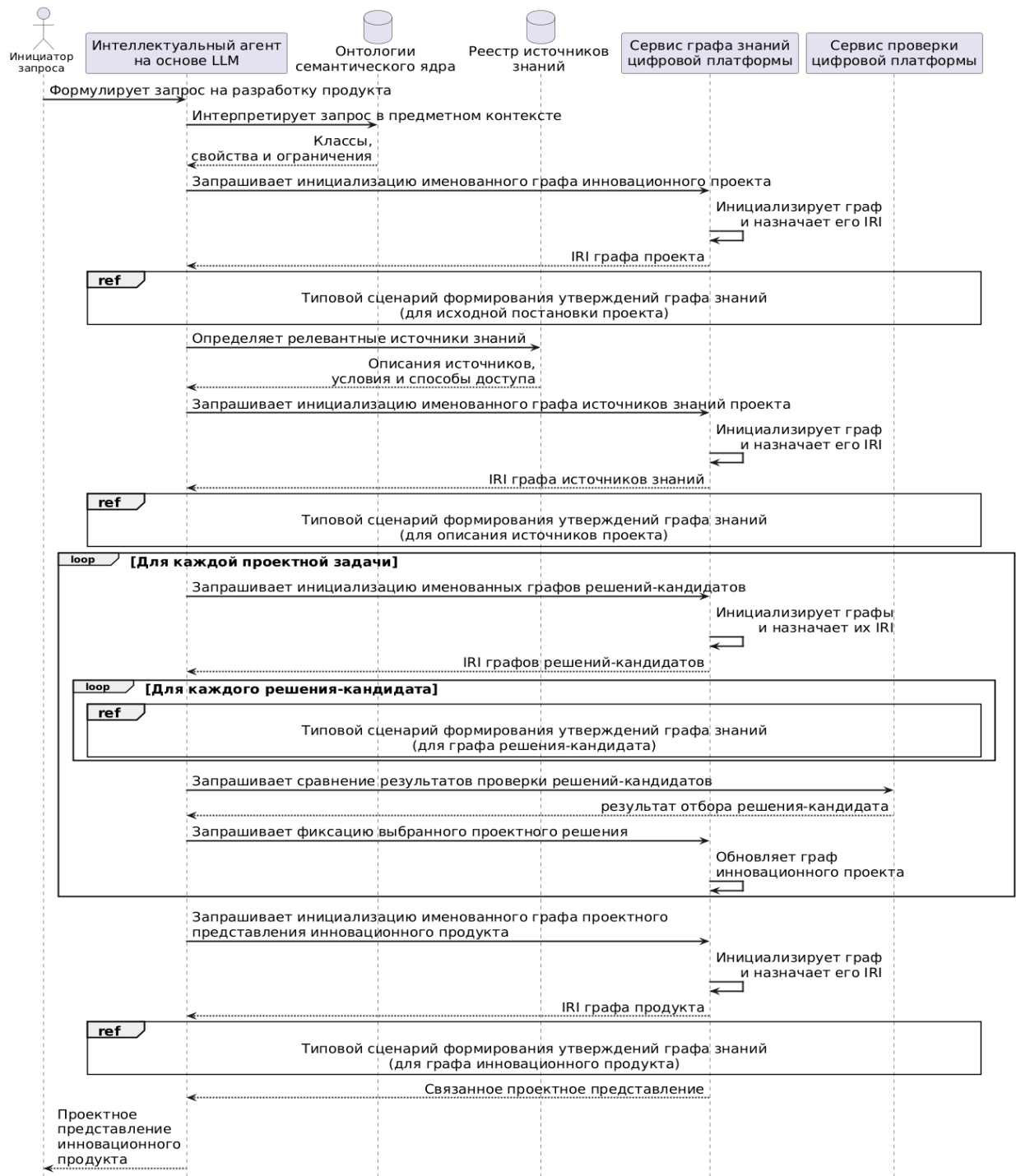


Рис. 3. Сценарий формирования проектного представления инновационного продукта в семантическом ядре базы знаний

Для каждой проектной задачи могут рассматриваться несколько решений-кандидатов. Каждому варианту соответствует собственный именованный граф, в котором накапливаются проверенные утверждения о его типе, характеристиках, связях с требованиями, технологиями, ресурсами и ограничениями, а также результаты проверки. После сопоставления решений-кандидатов один из вариантов может быть выбран в качестве проектного решения. На основе совокупности принятых проектных решений формируется именованный граф проектного представления инновационного продукта, связывающий компоненты и функции продукта с требованиями, ограничениями, рисками и принятыми проектными решениями.

На рис. 3 показана общая последовательность работы с именованными графами. Прямые сообщения диаграммы отражают инициирование действия или передачу запроса, а обратные – возврат результата. Операции обращения к конкретному источнику знаний, выделения его фрагмента, семантической интерпретации информации, формирования и проверки утверждения детализируются в типовом сценарии на рис. 4. Этот сценарий применяется при наполнении именованных графов на различных стадиях формирования проектного представления продукта.

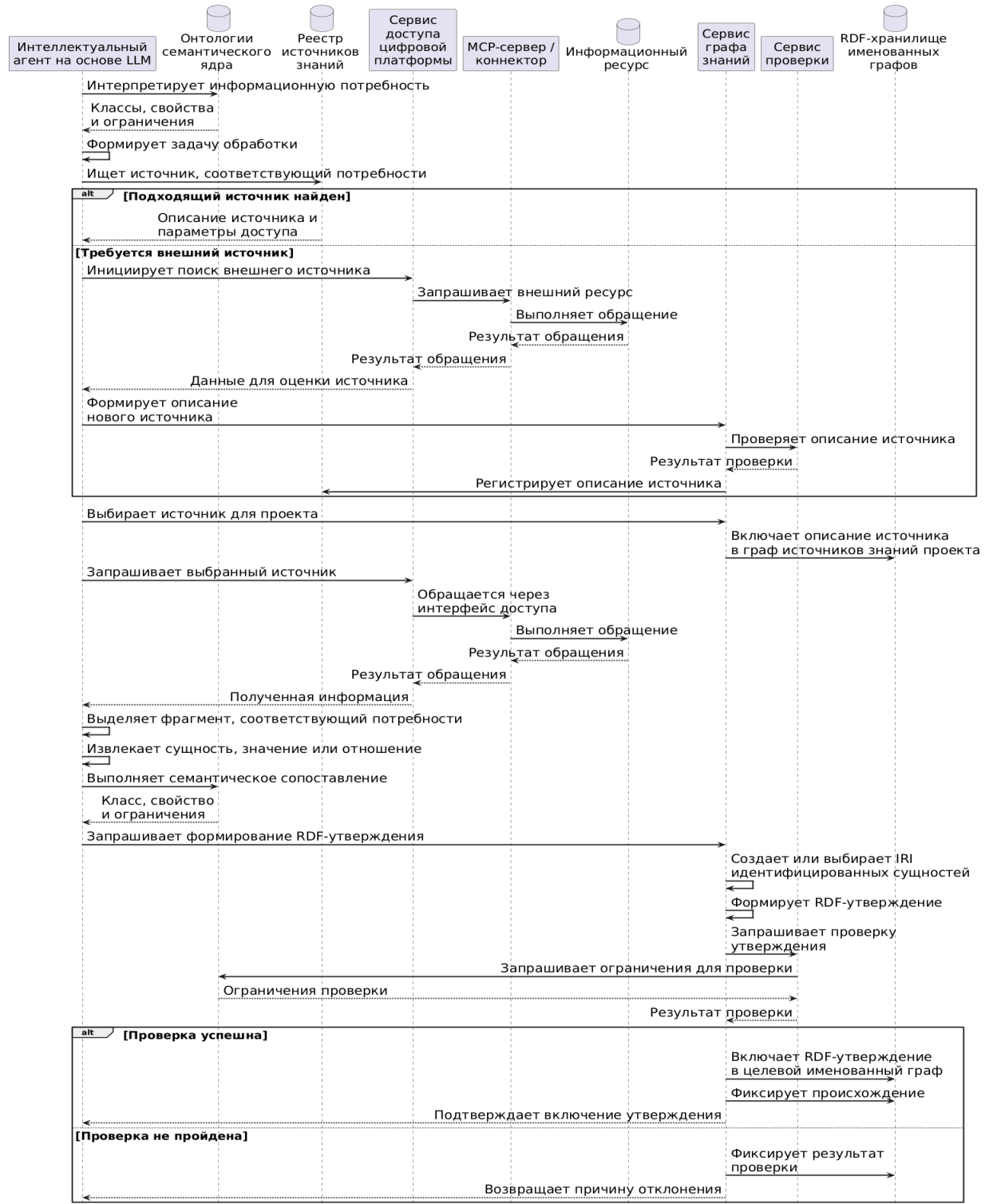


Рис. 4. Типовой сценарий формирования утверждения графа знаний

Наполнение именованных графов выполняется посредством формирования проверяемых утверждений. Для каждого формируемого утверждения необходимо определить экземпляр, к которому относится интерпретируемая информация, используемый класс или свойство онтологии, фрагмент источника, служащий информационным основанием, целевой именованный граф и результат проверки. Типовой сценарий формирования утверждения графа знаний представлен на рис. 4.

Типовой сценарий начинается с информационной потребности, возникающей в контексте текущей проектной задачи и целевого именованного графа. Если подходящий источник знаний уже описан в реестре или включён в именованный граф источников знаний проекта, интеллектуальный агент формирует параметры обращения к нему. При отсутствии подходящего ресурса инициируется поиск внешнего источника; его описание регистрируется в реестре источников знаний и при выборе для данного проекта включается в именованный граф источников знаний проекта. Техническое обращение к ресурсу выполняется сервисом доступа через МСР-сервер или коннектор. Эти средства обеспечивают взаимодействие с информационным ресурсом, но не определяют семантическую релевантность полученной информации конкретной информационной потребности.

Получив результат обращения, интеллектуальный агент выделяет фрагмент источника, соответствующий информационной потребности. Для документа таким фрагментом может быть абзац, таблица или её часть, для базы данных запись, для API элемент ответа. Из выбранного фрагмента извлекаются сущность, значение или отношение, после чего выполняется их семантическая интерпретация с использованием онтологий семантического ядра. На этом этапе определяется класс обнаруженной сущности, применимое свойство и экземпляр, к которому относится интерпретируемая информация.

Результат семантической интерпретации используется для формирования кандидата на RDF-утверждение. Для идентифицированных сущностей сервис графа знаний создаёт или выбирает экземпляры с собственными IRI и формирует кандидат на утверждение, который передаётся сервису проверки. Проверяются допустимость типов и связей, ограничения значений и наличие информационного основания в источнике. После успешной проверки RDF-утверждение фиксируется в целевом именованном графе, входящем в состав набора данных RDF семантического ядра. Одновременно сохраняются сведения о происхождении утверждения: использованный источник знаний, его фрагмент и действие обработки, в результате которого утверждение было сформировано. Таким образом, IRI именованного графа определяет контекст фиксации утверждения, а сведения о происхождении отдельно указывают информационное основание его формирования.

Один и тот же типовой сценарий применяется при формировании утверждений об источнике знаний, требовании, характеристике решения-кандидата, ресурсе, риске, компоненте продукта и других объектах проектного представления. Единая последовательность обработки позволяет сопоставлять результаты, полученные на разных стадиях, поскольку формируемые утверждения связываются с соответствующими классами или свойствами онтологии, целевыми именованными графами, результатами проверки и сведениями о происхождении.

Оба сценария дополняют друг друга: первый отражает переход между основными стадиями формирования проектного представления инновационного продукта, второй раскрывает механизм формирования отдельного проверенного утверждения. В совокупности эти сценарии показывают, что результат работы интеллектуального агента не используется как конечный текстовый ответ. Полученная информация проходит семантическую интерпретацию и проверку, после чего принимает форму утверждений, включаемых в соответствующие именованные графы и образующих взаимосвязанное проектное представление инновационного продукта.

4 Пример формирования именованного графа решения-кандидата

Участник сетевого предприятия формулирует запрос на разработку корпуса электронного датчика для малой серии с учётом условий эксплуатации и доступных производственных ресурсов. Интеллектуальный агент интерпретирует запрос с использованием онтологий семантического ядра. В именованном графе инновационного проекта фиксируются проектная задача выбора материала и технологии изготовления, а также требования: температурный диапазон от -20 до +80 °C, масса не более 120 г, защита электронного модуля, крепление к основанию и возможность

мелкосерийного изготовления. На их основе определяется информационная потребность в характеристиках материалов, технологиях изготовления и производственных ресурсах.

Агент обращается к реестру источников знаний, а сервис доступа получает информацию из выбранных ресурсов посредством коннекторов и МСР-серверов. Из технического задания, сведений об оборудовании участника сети и внешних технических источников выделяются релевантные фрагменты. Полученная информация интерпретируется с использованием онтологий, на основании чего формируются и проверяются утверждения о решениях-кандидатах.

Для проектной задачи рассматриваются три решения-кандидата, основанные на одной технологии изготовления – селективном лазерном спекании, но различающиеся используемым материалом: PA12 (полиамид 12 – конструкционный термопластичный полимер), PA12-GF (стеклонаполненный полиамид 12 – композитный материал на основе PA12 со стеклянным наполнителем) и PA 3200 GF (промышленный порошковый материал на основе стеклонаполненного PA12). Для каждого варианта формируется собственный именованный граф, содержащий утверждения о материале, его характеристиках, соответствии требованиям и доступности производственного ресурса.

По результатам проверки для первого варианта не получено достаточного подтверждения совокупности характеристик, необходимых для его выбора в рассматриваемой проектной ситуации. Второй вариант описывает материал на уровне общего класса, поэтому его характеристики не могут быть в полной мере соотнесены с конкретным техническим источником. Для PA 3200 GF необходимые характеристики представлены в техническом описании материала [22] и дополнительно подтверждаются публикацией [21], а требуемая технология доступна участнику сети. Поэтому данный вариант выбирается в качестве проектного решения.

На рис. 5 показан фрагмент именованного графа выбранного решения-кандидата, связывающий его с проектной задачей, требованиями, характеристиками, технологией, производственным ресурсом, результатами проверки и происхождением использованной информации.

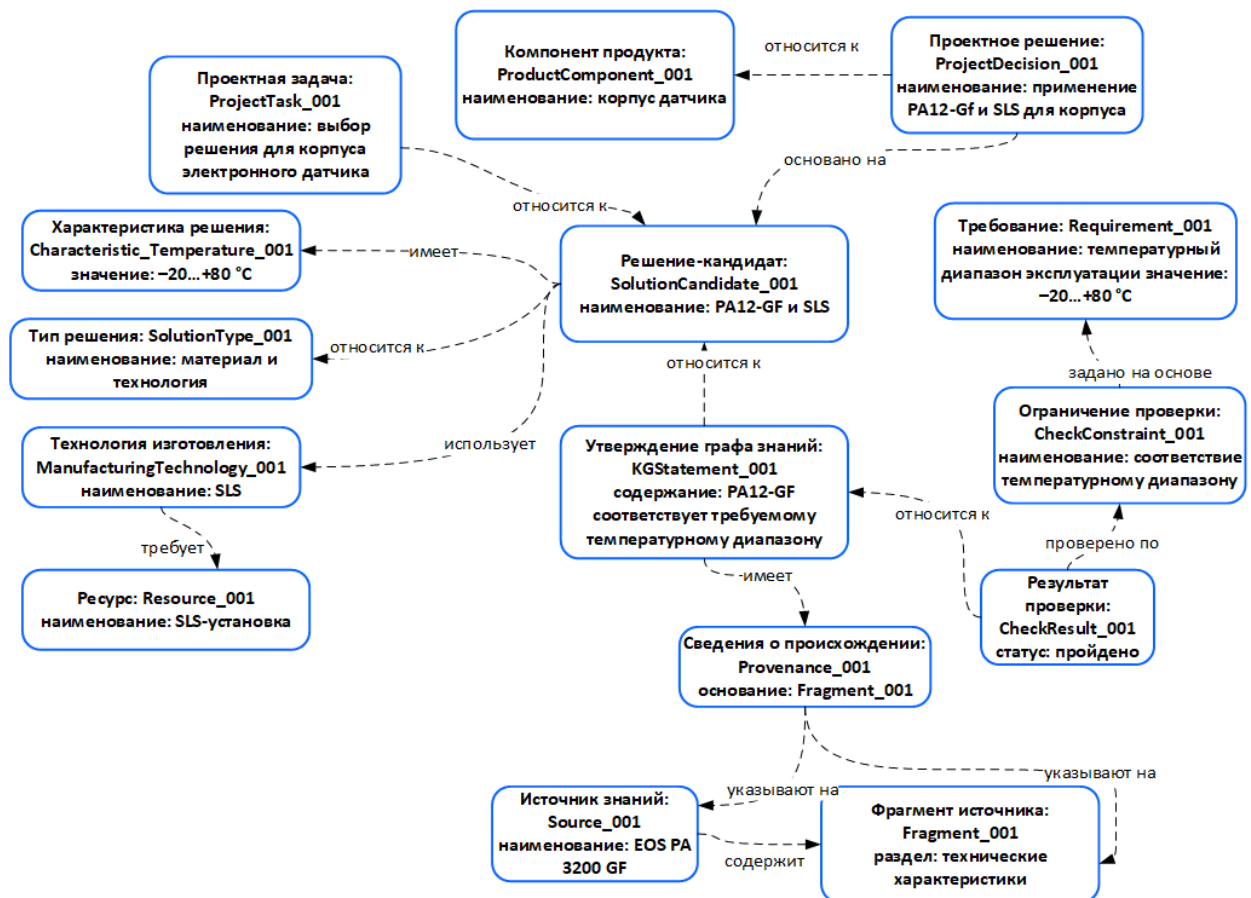


Рис. 5. Фрагмент именованного графа выбранного решения-кандидата

После выбора соответствующие утверждения включаются в именованный граф проектного представления инновационного продукта с сохранением информационных оснований принятого решения.

Заключение

Проведённое исследование позволило разработать подход к онтологически управляемому использованию распределённых источников знаний при формировании проектного представления инновационного продукта. В предлагаемом подходе информационная потребность связывается с источником знаний и его фрагментом, извлечённая информация проходит семантическую интерпретацию и проверку, а сформированное утверждение фиксируется в соответствующем именованном графе с сохранением сведений о происхождении.

Интеллектуальный агент на основе LLM выполняет интерпретацию информации в контексте онтологий, но его результат не рассматривается как самостоятельное знание или готовое проектное решение. Использование информации при обосновании решения допускается после её сопоставления с объектами проекта, проверки ограничений и фиксации информационного основания.

Связанные именованные графы инновационного проекта, источников знаний, решений-кандидатов и проектного представления продукта позволяют сохранять не только принятое решение, но и использованные источники, результаты проверки и основания выбора. На примере выбора материала и технологии изготовления корпуса электронного датчика показан переход от требований и информационной потребности к сопоставлению решений-кандидатов и выбору проектного решения с сохранением его информационных оснований.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г.В. Плеханова».

Литература

1. Гилева Т. А. Инновационная экосистема территории: инструменты управления развитием в цифровой среде // Проблемы экономики и юридической практики. 2024. Т. 20. № 4. С. 174–183. DOI: 10.33693/2541-8025-2024-20-4-174-183.
2. Bao Y., Zhang X., Chen Z., Zhou T., Ming X. Platform service portfolio management (PSPM) of social digitalization platform for cloud-based collaborative product development ecosystem: A structural approach // Advanced Engineering Informatics. 2024. Vol. 62. Art. 102854. DOI: 10.1016/j.aei.2024.102854.
3. Audretsch D. B., Belitski M. Evaluating internal and external knowledge sources in firm innovation and productivity: an industry perspective // R&D Management. 2023. Vol. 53. No. 1. P. 168–192. DOI: 10.1111/radm.12556.
4. Bashir N. Exploring the role of potential knowledge sources for the fuzzy-front end of the new product development (NPD) — bridging the knowledge gaps // Business Process Management Journal. 2023. Vol. 29. No. 4. P. 1092–1115. DOI: 10.1108/BPMJ-12-2022-0634.
5. Максимов Н. В., Голицына О. Л., Ганченкова М. Г., Санатов Д. В., Разумов А. В. Семантическое ядро цифровой платформы // Онтология проектирования. 2018. Т. 8. № 3(29). С. 412–426. DOI: 10.18287/2223-9537-2018-8-3-412-426.
6. Тельнов Ю. Ф., Казаков В. А., Брызгалов А. А., Федоров И. Г. Методы и модели обоснования прикладных сценариев цифровизации производственных и бизнес-процессов сетевых предприятий // Бизнес-информатика. 2023. Т. 17. № 4. С. 73–93. DOI: 10.17323/2587-814X.2023.4.73.93.
7. Huang Y., Yu S., Chu J., Su Z., Zhu Y., Wang H., Wang M., Fan H. Design knowledge graph-aided conceptual product design approach based on joint entity and relation extraction // Journal of Intelligent & Fuzzy Systems. 2023. Vol. 44. No. 3. P. 5333–5355. DOI: 10.3233/JIFS-223100.
8. Борисов В. В., Мисник А. Е., Шеробурко Е. Н., Хабаров А. Р. Синтез онтологий для систем поддержки принятия решений на базе больших языковых моделей // Программные продукты и системы. 2025. Т. 38. № 2. С. 197–209. DOI: 10.15827/0236-235X.150.197-209.

9. Pan S., Luo L., Wang Y., Chen C., Wang J., Wu X. Unifying Large Language Models and Knowledge Graphs: A Roadmap // IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering. 2024. Vol. 36. No. 7. P. 3580–3599. DOI: 10.1109/TKDE.2024.3352100.
10. Колясников М. С., Кельчевская Н. Р. Разработка стратегической карты управления знаниями в компаниях, внедряющих достижения Индустрии 4.0 // Вопросы инновационной экономики. 2020. Т. 10. № 4. С. 2233–2250. DOI: 10.18334/vines.10.4.111214.
11. Тельнов Ю. Ф., Казаков В. А., Данилов А. В. Технология проектирования инновационных процессов создания продукции и услуг сетевого предприятия с использованием i4.0-системы, основанной на знаниях // Бизнес-информатика. 2021. Т. 15. № 4. С. 76–92. DOI: 10.17323/2587-814X.2021.4.76.92.
12. Самоволева С. А. Сотрудничество в исследованиях и разработках и абсорбционная способность российских организаций // Управление наукой: теория и практика. 2024. Т. 6. № 2. С. 127–146. DOI: 10.19181/smtip.2024.6.2.10.
13. Шишпенков М. А. Подходы к автоматизации работ с онтологическими ресурсами // Онтология проектирования. 2024. Т. 14. № 2(52). С. 256–269. DOI: 10.18287/2223-9537-2024-14-2-256-269.
14. Донских Н. И. Языковые модели и онтологии, угрозы безопасности в распределенной системе // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2024. Т. 12. № 3. DOI: 10.26102/2310-6018/2024.46.3.016.
15. Hou X., Zhao Y., Wang S., Wang H. Model Context Protocol (MCP): Landscape, Security Threats, and Future Research Directions // ACM Transactions on Software Engineering and Methodology. 2026. Advance online publication. DOI: 10.1145/3796519.
16. W3C OWL Working Group. OWL 2 Web Ontology Language: Document Overview (Second Edition). W3C Recommendation. 11 December 2012. URL: <https://www.w3.org/TR/owl2-overview/> (дата обращения: 12.07.2026).
17. Lewis P., Perez E., Piktus A., Petroni F., Karpukhin V., Goyal N., Küttler H., Lewis M., Yih W., Rocktäschel T., Riedel S., Kiela D. Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks // Advances in Neural Information Processing Systems. 2020. Vol. 33. P. 9459–9474.
18. Cyganiak R., Wood D., Lanthaler M. RDF 1.1 Concepts and Abstract Syntax. W3C Recommendation. 25 February 2014. URL: <https://www.w3.org/TR/rdf11-concepts/> (дата обращения: 19.07.2026).
19. Lebo T., Sahoo S., McGuinness D. PROV-O: The PROV Ontology. W3C Recommendation. 30 April 2013. URL: <https://www.w3.org/TR/prov-o/> (дата обращения: 27.07.2026).
20. Knublauch H., Kontokostas D. Shapes Constraint Language (SHACL). W3C Recommendation. 20 July 2017. URL: <https://www.w3.org/TR/shacl/> (дата обращения: 03.08.2026).
21. Gadelmoula A., Aldahash S. A. Tribological Properties of Glass Bead-Filled Polyamide 12 Composite Manufactured by Selective Laser Sintering // Polymers. 2023. Vol. 15. No. 5. Art. 1268. DOI: 10.3390/polym15051268.
22. EOS GmbH. PA 3200 GF: Material Data Sheet. 2026. URL: <https://www.eos.info/polymer-solutions/polymer-materials/data-sheets/mds-pa-3200-gf> (дата обращения: 09.08.2026).
23. RDF Working Group. RDF 1.1 N-Quads. W3C Recommendation. 25 February 2014. URL: <https://www.w3.org/TR/n-quads/> (дата обращения: 15.08.2026).

ONTOLOGY-DRIVEN USE OF DISTRIBUTED KNOWLEDGE SOURCES IN INNOVATION PRODUCT DEVELOPMENT WITHIN A NETWORK ENTERPRISE

Bryzgalov, Alexey Alekseevich

*Plekhanov Russian University of Economics
Department of Applied Informatics and Information Security
Senior Lecturer
Moscow, Russian Federation
Bryzgalov.AA@rea.ru*

Kazakov, Vasily Aleksandrovich

*Candidate of Economic Sciences
Plekhanov Russian University of Economics
Department of Applied Informatics and Information Security
Associate Professor
Moscow, Russian Federation
Kazakov.VA@rea.ru*

Tel'nov, Yuri Filippovich

*Doctor of Economic Sciences, professor
Plekhanov Russian University of Economics
Department of Applied Informatics and Information Security
Chairman
Moscow, Russian Federation
Telnov.YUF@rea.ru*

Abstract

The article examines methods and tools for forming an innovative product in a network enterprise through ontology-driven use of distributed knowledge sources. The approach integrates ontologies, named graphs, semantic interpretation, validation, provenance, and is illustrated by a sensor-housing design task.

Keywords

network enterprise; innovative product; project representation; knowledge base; semantic core; ontology; knowledge graph; distributed knowledge sources; candidate solution; intelligent agent

References

1. Gileva T. A. Innovatsionnaya ekosistema territorii: instrumenty upravleniya razvitiem v tsifrovoy srede // Problemy ekonomiki i yuridicheskoy praktiki. 2024. T. 20. № 4. S. 174–183. DOI: 10.33693/2541-8025-2024-20-4-174-183
2. Bao Y., Zhang X., Chen Z., Zhou T., Ming X. Platform service portfolio management (PSPM) of social digitalization platform for cloud-based collaborative product development ecosystem: A structural approach // Advanced Engineering Informatics. 2024. Vol. 62. Art. 102854. DOI: 10.1016/j.aei.2024.102854
3. Audretsch D. B., Belitski M. Evaluating internal and external knowledge sources in firm innovation and productivity: an industry perspective // R&D Management. 2023. Vol. 53. No. 1. P. 168–192. DOI: 10.1111/radm.12556
4. Bashir N. Exploring the role of potential knowledge sources for the fuzzy-front end of the new product development (NPD) — bridging the knowledge gaps // Business Process Management Journal. 2023. Vol. 29. No. 4. P. 1092–1115. DOI: 10.1108/BPMJ-12-2022-0634
5. Maksimov N. V., Golitsyna O. L., Ganchenkova M. G., Sanatov D. V., Razumov A. V. Semanticheskoe yadro tsifrovoy platformy // Ontologiya proektirovaniya. 2018. T. 8. № 3(29). S. 412–426. DOI: 10.18287/2223-9537-2018-8-3-412-426

6. Tel'nov Yu. F., Kazakov V. A., Bryzgalov A. A., Fedorov I. G. Metody i modeli obosnovaniya prikladnykh stsensariyev tsifrovizatsii proizvodstvennykh i biznes-protsessov setevykh predpriyatiy // *Biznes-informatika*. 2023. T. 17. № 4. S. 73–93. DOI: 10.17323/2587-814X.2023.4.73.93
7. Huang Y., Yu S., Chu J., Su Z., Zhu Y., Wang H., Wang M., Fan H. Design knowledge graph-aided conceptual product design approach based on joint entity and relation extraction // *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*. 2023. Vol. 44. No. 3. P. 5333–5355. DOI: 10.3233/JIFS-223100
8. Borisov V. V., Misnik A. E., Sheroburko E. N., Khabarov A. R. Sintez ontologiy dlya sistem podderzhki prinyatiya resheniy na baze bol'shikh yazykovykh modeley // *Programmnye produkty i sistemy*. 2025. T. 38. № 2. S. 197–209. DOI: 10.15827/0236-235X.150.197-209
9. Pan S., Luo L., Wang Y., Chen C., Wang J., Wu X. Unifying Large Language Models and Knowledge Graphs: A Roadmap // *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*. 2024. Vol. 36. No. 7. P. 3580–3599. DOI: 10.1109/TKDE.2024.3352100
10. Kolyasnikov M. S., Kel'chevskaya N. R. Razrabotka strategicheskoy karty upravleniya znaniyami v kompaniyakh, vnedryayushchikh dostizheniya Industrii 4.0 // *Voprosy innovatsionnoy ekonomiki*. 2020. T. 10. № 4. S. 2233–2250. DOI: 10.18334/vinec.10.4.111214
11. Tel'nov Yu. F., Kazakov V. A., Danilov A. V. Tekhnologiya proektirovaniya innovatsionnykh protsessov sozdaniya produktsii i uslug setevogo predpriyatiya s ispol'zovaniem i4.0-sistemy, osnovannoy na znaniyakh // *Biznes-informatika*. 2021. T. 15. № 4. S. 76–92. DOI: 10.17323/2587-814X.2021.4.76.92
12. Samovoleva S. A. Sotrudnichestvo v issledovaniyakh i razrabotkakh i absorbtionnaya sposobnost' rossiyskikh organizatsiy // *Upravlenie naukoy: teoriya i praktika*. 2024. T. 6. № 2. S. 127–146. DOI: 10.19181/smtp.2024.6.2.10
13. Shishenkov M. A. Podkhody k avtomatizatsii rabot s ontologicheskimi resursami // *Ontologiya proektirovaniya*. 2024. T. 14. № 2(52). S. 256–269. DOI: 10.18287/2223-9537-2024-14-2-256-269
14. Donskikh N. I. Yazykovye modeli i ontologii, ugrozy bezopasnosti v raspredelennoy sisteme // *Modelirovanie, optimizatsiya i informatsionnye tekhnologii*. 2024. T. 12. № 3. DOI: 10.26102/2310-6018/2024.46.3.016
15. Hou X., Zhao Y., Wang S., Wang H. Model Context Protocol (MCP): Landscape, Security Threats, and Future Research Directions // *ACM Transactions on Software Engineering and Methodology*. 2026. Advance online publication. DOI: 10.1145/3796519
16. W3C OWL Working Group. OWL 2 Web Ontology Language: Document Overview (Second Edition). W3C Recommendation. 11 December 2012. URL: <https://www.w3.org/TR/owl2-overview/>
17. Lewis P., Perez E., Piktus A., Petroni F., Karpukhin V., Goyal N., Küttler H., Lewis M., Yih W., Rocktäschel T., Riedel S., Kiela D. Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks // *Advances in Neural Information Processing Systems*. 2020. Vol. 33. P. 9459–9474.
18. Cyganiak R., Wood D., Lanthaler M. RDF 1.1 Concepts and Abstract Syntax. W3C Recommendation. 25 February 2014. URL: <https://www.w3.org/TR/rdf11-concepts/>
19. Lebo T., Sahoo S., McGuinness D. PROV-O: The PROV Ontology. W3C Recommendation. 30 April 2013. URL: <https://www.w3.org/TR/prov-o/>
20. Knublauch H., Kontokostas D. Shapes Constraint Language (SHACL). W3C Recommendation. 20 July 2017. URL: <https://www.w3.org/TR/shacl/>
21. Gadelmoula A., Aldahash S. A. Tribological Properties of Glass Bead-Filled Polyamide 12 Composite Manufactured by Selective Laser Sintering // *Polymers*. 2023. Vol. 15. No. 5. Art. 1268. DOI: 10.3390/polym15051268
22. EOS GmbH. PA 3200 GF: Material Data Sheet. 2026. URL: <https://www.eos.info/polymer-solutions/polymer-materials/data-sheets/mds-pa-3200-gf>
23. RDF Working Group. RDF 1.1 N-Quads. W3C Recommendation. 25 February 2014. URL: <https://www.w3.org/TR/n-quads/>