

УДК 004.81

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ РАЗОБЩЕННОСТИ ДАННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ: ОНТОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ ЕДИНОГО СЕМАНТИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

Езепенко Р. О.

магистрант, учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого»

Введение. В условиях перехода промышленной отрасли к концепциям «Индустрии 4.0» суть которой заключается в «создании киберфизических систем, которые через интернет сервисы обеспечивают сквозную цифровизацию всех физических активов и интеграцию в цифровые процессы» [1], на предприятиях возникают проблемы, связанные с противоречием между избытком данных и дефицитом полезной информации. Внедрение новых технологий приводит к лавинообразному росту информационных ресурсов, потенциал обработки которых остается нераскрытым из-за их семантической несовместимости и изолированности. Это формирует научно-практическую проблему: как интегрировать разнородные данные в единую когерентную модель, способную к автоматическому логическому выводу для предиктивного управления.

Основная часть. Данные промышленного предприятия представляют собой иерархическую архитектуру, исторически сформировавшуюся в соответствии с уровнями управления: уровень датчиков и исполнительных механизмов, уровень диспетчерского контроля и сбора данных, уровень управления производственными операциями и уровень бизнес-планирования. Каждый из этих уровней порождает данные с различными характеристиками. На первом уровне это высокочастотные потоки сигналов в формате тегов, лишённых какого-либо бизнес-контекста. На втором уровне данные агрегируются в архивы временных рядов, но часто оставаясь в логике технических параметров оборудования. Третий уровень оперирует уже операционными сущностями – заказами, партиями, исполнителями, связывая физический процесс с планом. Четвертый уровень работает с полностью бизнес-ориентированными понятиями: финансами, спецификациями, жизненным циклом изделий. Таким образом, разнородность данных носит системный и неизбеж-

ный характер: она заложена в самой разнице целевого назначения этих уровней.

Ответом на выявленную разнородность данных стал целый спектр технологических подходов, каждый из которых решал проблемы своего времени, но в контексте задач «Индустрии 4.0» упирается в системные ограничения. Историческая эволюция интеграции – от консолидации к гибкому хранению и далее к стандартизации доступа – показывает смещение фокуса с данных на их движение, но не на их смысл. Анализ каждого подхода выявляет узкие места. Жесткая схема «звезды», лежащая в основе *DWH*, требует длительного перепроектирования при любом изменении в источниках данных [2]. *Data Lake* лишь откладывает проблему: семантическая интеграция и очистка данных становятся более сложной и дорогой задачей на этапе использования. *ESB* создает сложнейшую паутину *point-to-point* преобразований, не создавая при этом единой модели предприятия. Современные *API*-шлюзы, хотя и улучшают управляемость и безопасность, лишь маскируют разнородность за удобным фасадом, не решая задачи агрегации и семантического обогащения данных.

В существующем технологическом ландшафте наблюдается четкий методологический разрыв: есть способы для хранения и соединения, но нет решения, способного заставить компоненты понимать друг друга. Данный разрыв призван заполнить онтологически-ориентированный подход, который позволяет моделировать сложные домены, представляя знания в виде графа, где узлы – это сущности, а ребра – отношения между ними [3].

В ответ на выявленные ранее недостатки традиционных подходов в исследовании предлагается архитектура интеграции, основанная на семантических технологиях. В рамках данного исследования спроектирован и реализован специализированный программный комплекс, ядром системы которого является онтологическая модель, описывающая основные производственные сущности. Модель включает не только таксономию классов, но и систему семантических правил на языке *SWRL*, формализующих производственные знания.

Разработанная онтологическая модель промышленного предприятия представляет собой формализованное описание предметной области на языке *OWL 2*. Она служит единым семантическим слоем, который преодолевает разрыв между разными языками данных систем, переводя их в общую систему понятий и взаимосвязей.

Выделены специализированные классы датчиков: вибрации, температуры и давления. Каждый датчик через свойство «прикреплен к» связан с конкретной единицей оборудования и свойством «измеряет» – с определенной физической величиной. Сами «физические величины», такие как «вибрация» или «температура», определены как индивиды с заданными нормальными диапазонами и критическими порогами. Производственно-технологический аспект предприятия описан через взаимосвязь продукции, материалов и процессов. Модель различает готовую продукцию и полуфабрикаты, которые производятся из материалов, включающих сырье и компоненты. Базовой единицей деятельности является «технологическая операция» – конкретный тип «производственного процесса», такой как фрезерование или токарная обработка. Каждая операция через свойства «использует оборудование», «потребляет» материалы и «производит» продукцию. Вся деятельность планируется и учитывается в рамках «производственных заказов», которые связывают заказчика, требуемые материалы, задействованное оборудование и выпускаемую продукцию. Динамика работы предприятия отражена в модели через систему событий и состояний. Статус оборудования может принимать значения «работает», «остановлено», «на обслуживании» или «неисправность». Эти статусы не являются статичными – они изменяются в результате выполнения правил логического вывода. Преимущество от внедрения онтологии раскрывается в семантических связях и механизмах логического вывода. Более 35 объектных свойств образуют плотную сеть отношений между сущностями, описывая пространственные, функциональные, производственные и причинно-следственные связи.

В контексте разрабатываемого программного комплекса данная онтология выполняет роль центрального семантического ядра. Она выступает в качестве источника истины, предоставляя словарь терминов и правил для всех подключаемых систем. Адаптеры комплекса преобразуют сырые данные в *RDF*-триплеты, используя онтологию как карту для маппинга. *SPARQL*-эндпоинт позволяет выполнять сложные запросы, пересекающие границы исходных систем, например: «Найти все производственные заказы, выполненные на станках, где в течение последних 24 часов регистрировалась повышенная вибрация, и показать связанные с ними случаи брака продукции». Резонер непрерывно анализирует поступающие данные, применяет *SWRL*-правила и обогащает граф знаний новыми

фактами, что позволяет реализовывать сценарии предиктивного обслуживания и проактивного управления.

Архитектура приложения представляет собой многоуровневую модульную структуру, построенную по принципу разделения ответственности между тремя ключевыми уровнями: уровень данных, семантическое ядро и уровень представления.

На нижнем уровне архитектуры расположен уровень данных, ответственный за подключение к внешним системам предприятия и преобразование сырых данных в единый семантический формат. Этот уровень включает специализированные адаптеры, каждый из которых предназначен для работы с конкретным типом источников информации. Все адаптеры обогащают данные контекстной информацией, включая идентификаторы оборудования и единицы измерения, обеспечивая их семантическую согласованность.

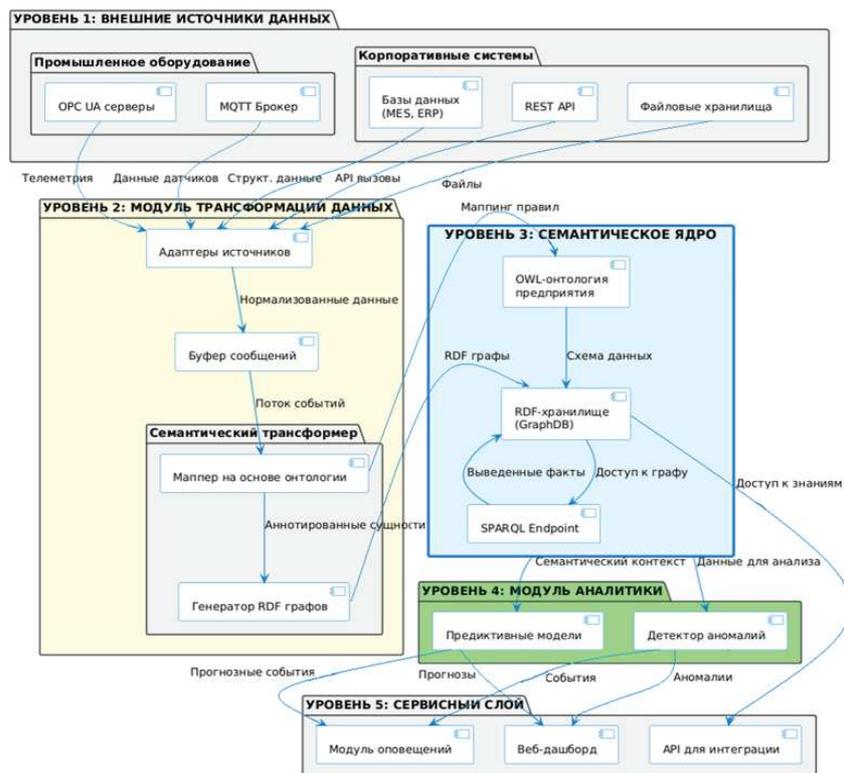


Рисунок 2 – UML-схема программного комплекса

Семантическое ядро системы, построено на основе *GraphDB*. Ядро функционирует как единый пункт интеграции, где разнородные данные преобразуются в связанное знание благодаря загруженной онтологической модели, детально описанной ранее.

Ключевым компонентом уровня представления является веб-интерфейс, который визуализирует состояние производственного оборудования, отображает показания датчиков в реальном времени. Параллельно с веб-интерфейсом имеется внешний *API*, который предоставляет доступ к онтологической модели внешним сервисам, а также функционирует сервис уведомлений, который отправляет структурированные уведомления ответственным специалистам. На рисунке 2 приведена *UML*-схема разработанного программного комплекса.

Заключение. В результате проведенного исследования была решена задача по преодолению семантической разобщенности данных промышленного предприятия. Решение было продемонстрировано на примере разработки программного комплекса, который не только устраняет эту проблему, но и обладает возможностью логического вывода новых знаний.

Список использованных источников

1. Герман, М. Принципы проектирования сценариев Индустрии 4.0 / М. Герман, Т. Пенте, Б. Вальтер, К. Хомпель // 49th Hawaii International Conference on System Sciences. – Koloa, USA: IEEE Computer Society, 2016. – 928 с.
2. Кимболл, Р. Инструментарий хранилища данных: исчерпывающее руководство по моделированию измерений / Р. Кимболл. – 3-е изд. – Москва: Диалектика, 2020. – 600 с.
3. Григорис, А. Семантический веб: практическое руководство / Г. Антониоу, П. Грос, Ф. ван Хармелен, Р. Хоекстра. – 2-е изд. – Москва: ДМК Пресс, 2023. – 241 с.

УДК 541.138.2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОРРОЗИИ УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ В ДЕЗИНФИЦИРУЮЩИХ РАСТВОРАХ

Комаров М. А.

специалист 2-й категории Республиканского научно-практического центра нефтехимических технологий и производств, Белорусский государственный технологический университет, Минск

Введение. Дезинфекция поверхностей различных видов стали актуальна для пищевой промышленности, мест общественного питания, здравоохранения и др. В таких местах применяют растворы с