

ЕСТЕСТВЕННОЯЗЫКОВЫЙ ИНТЕРФЕЙС ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ЗАПРОСОВ К БАЗЕ ДАННЫХ

Современная индустриальная экономика характеризуется все более сложными взаимоотношениями внутри производственных объединений, что требует внедрения передовых систем поддержки принятия решений. Одной из ключевых проблем в управлении промышленными кластерами является разрыв между накопленными техническими данными и способностью экспертов в данной области анализировать их в режиме реального времени. Традиционно взаимодействие с реляционными базами данных требует знания специализированных языков запросов, таких как SQL, что создает когнитивный барьер для менеджеров и инженеров-технологов. В условиях динамичных изменений в производственных цепочках и необходимости быстрого планирования ресурсов зависимость от узкоспециализированного ИТ-персонала становится критическим фактором, снижающим скорость принятия решений и потенциальную прибыльность предприятий.

Развитие технологий больших языковых моделей открывает новые перспективы для создания интеллектуальных интерфейсов, способных преобразовывать запросы на естественном языке в структурированные машинные команды. Однако прямое использование стандартных моделей для генерации запросов к сложным промышленным базам данных часто сталкивается с проблемой галлюцинаций и низкой точностью учета специфических отраслевых ограничений. Чтобы обеспечить достоверность результатов, необходимо не только перевести текст в код, но и глубоко обогатить контекст модели знаниями о математической структуре конкретного предприятия и его технологических связях.

В данной работе предлагается концепция системы, в которой естественный язык выступает в качестве универсального средства взаимодействия, а точность выполнения запросов гарантируется использованием специализированных протоколов передачи контекста и многократных проверок на соответствие аксиомам промышленного кластера. Актуальность исследования обусловлена необходимостью цифровизации процессов планирования при переходе к индустрии четвертого поколения, где ключевым ресурсом является скорость извлечения актуальной информации из разнородных источников дан-

ных. Научная новизна подхода заключается в сочетании динамического самоанализа базы данных с помощью современных протоколов взаимодействия и модульной организации системных инструкций, которые преобразуют формальные математические правила во внутреннюю логику рассуждений модели.

Работа сосредоточена на методах обогащения запросов, которые позволяют моделям “понимать” не только синтаксис таблиц, но и физический смысл хранящихся в них взаимосвязей. Промышленный кластер рассматривается не просто как набор записей в базе данных, а как сложная система взаимозависимых элементов, функционирующих по законам линейного равновесия и технологической субординации. Реализация такого интерфейса позволяет преобразовать пассивное хранилище данных в активные системы поддержки планирования, доступные для взаимодействия в режиме реального времени. Это создает основу для более прозрачной и адаптивной среды управления распределенными производственными мощностями, где точность математических расчетов сочетается с интуитивностью человеческого общения.

Архитектура разработанной программной системы основана на принципах многоуровневой оркестровки, где центральным звеном является модуль управления контекстом, который координирует взаимодействие между пользователем, лингвистической моделью и разнообразными источниками данных. Техническая реализация основана на языке программирования Python и использует современные асинхронные подходы для обеспечения высокой производительности при обработке запросов. Протокол Model Context Protocol был реализован в качестве основного механизма взаимодействия с базой данных PostgreSQL, позволяющего модели выполнять самоанализ структур таблиц в режиме реального времени, изучать типы данных и существующие ограничения без необходимости жесткого кодирования схемы в системных инструкциях. Это обеспечивает высокую адаптивность системы к изменениям в структуре промышленного кластера, позволяя агенту самостоятельно обнаруживать новые технологические цепочки или изменения в ассортименте продукции с помощью автоматизированного подсчета объектов и инструментов извлечения метаданных.

Параллельно с прямым доступом к реляционным таблицам архитектура интегрирует уровень интерфейса прикладного программирования на основе GraphQL, реализованный с использованием библиотек Graphene и Strawberry. Этот компонент действует как структурированный посредник, предоставляя моделям типизированный граф объектов, что значительно снижает вероятность генерации синтакси-

чески некорректных запросов и обеспечивает эффективный поиск связанных данных за одну итерацию. Эта гибридная среда доступа позволяет системе сбалансировать гибкость необработанных запросов с надежностью высокоуровневых абстракций, что имеет решающее значение для обеспечения надежности данных в задачах производственного планирования.

Особое внимание уделено методологии формирования системных инструкций, которая реализована посредством модульной композиции текстовых блоков. Вместо использования монолитных подсказок была разработана архитектура, сочетающая общее описание математической модели кластера с узкоспециализированными правилами для конкретных методов доступа к данным. Общая часть содержит формальные определения наборов участников, продуктов и технологических связей, а также основные аксиомы системы, такие как ограничения на коэффициенты матрицы затрат и условия разрешимости уравнений планирования. Специальные модули дополняют этот контекст правилами диалекта базы данных или функциями схемы GraphQL, что позволяет поддерживать согласованность знаний о предметной области при использовании различных моделей или методов поиска информации. Такая структура сводит к минимуму избыточность контекста и облегчает масштабирование системы при добавлении новых протоколов взаимодействия.

Процесс обработки запроса пользователя представляет собой итеративный цикл рассуждений, в ходе которого модель последовательно определяет потребность во внешних данных, выбирает соответствующий инструмент и синтезирует полученную информацию. При получении запроса, связанного с расчетом производственных планов или проверкой технологических ограничений, система инициирует обращение к внешним функциям для получения текущих значений векторов спроса или коэффициентов прямых затрат. Полученные результаты возвращаются в контекст модели, где они сравниваются с базовыми математическими аксиомами. При обнаружении противоречий, таких как нарушение условий технологической цепочки или превышение пределов допустимых параметров планирования, система формирует отчет о несоответствии на основе формальной логики модели, что исключает возможность предоставления интуитивных, но математически неверных выводов. Таким образом, программная реализация обеспечивает плавную интеграцию нейросетевых вычислений с традиционными методами детерминированного анализа данных.

Эффективность предложенного архитектурного решения подтверждается результатами сравнительного анализа производительности

сти различных языковых моделей при генерации структурированных запросов для промышленного планирования. Экспериментальное тестирование на наборе сценариев управления, включая проверку технологических аксиом и расчет показателей валового производства, продемонстрировало, что использование стратегии обогащения с помощью протокола Model Context и интерфейса GraphQL значительно снижает уровень семантических галлюцинаций по сравнению со стандартными методами генерации подсказок. Модели демонстрируют более высокую устойчивость к сложным синтаксическим конструкциям и точное соблюдение типов данных, что критически важно при работе с финансовыми и количественными показателями производственных цепочек. Наличие жесткого математического контекста в системных инструкциях позволяет системе не только извлекать данные, но и выполнять предварительную логическую проверку, блокируя вывод заведомо ошибочных результатов, противоречащих физическим законам функционирования кластера.

ЛИТЕРАТУРА

1. Универсальность естественно языкового интерфейса для взаимодействия с различными типами программных интерфейсов приложений / Евченко И.В. // <https://cyberleninka.ru/article/n/universalnost-estestvenno-yazykovogo-interfeysa-dlya-vzaimodeystviya-s-razlichnymi-tipami-programmnyh-interfeysov-prilozheniy>. Дата доступа: 09.01.2026.

2. Естественно-языковые интерфейсы интеллектуальных вопросно-ответных систем / Житко В.А., Вяльцев В.Н., Гецевич Ю.С., Кузьмин А.А. // <https://cyberleninka.ru/article/n/estestvenno-yazykovye-interfeisy-intellektualnyh-voprosno-otvetnyh-sistem>. Дата доступа: 11.01.2026.

УДК 004.8

Н.И. Белодед, доц., канд. техн. наук;
Ю.Д. Лыкова, преп.-стажер
(БГТУ, г. Минск)

МОДЕЛЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ ДЛЯ ЕСТЕСТВЕННО ЯЗЫКОВОГО ИНТЕРФЕЙСА

Развитие современных интеллектуальных информационных систем неразрывно связано с совершенствованием способов взаимодействия человека и вычислительной техники. Естественно-языковые интерфейсы являются приоритетным направлением, так как позволяют минимизировать порог вхождения для конечного пользователя и