

УДК 658.5

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОЛОГИИ СТРУКТУРИРОВАНИЯ ФУНКЦИИ
КАЧЕСТВА (QFD) ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИТ-АРХИТЕКТУРЫ
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СЕМАНТИЧЕСКОГО ПОИСКА НА
ОСНОВЕ ВЕКТОРНЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ ТЕКСТА**

Гаах Т.В.

старший преподаватель,

Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского,

Калуга, Россия

Мамонтов П.М.

магистрант,

Калужский государственный университет им. К.Э. Циолковского,

Калуга, Россия

Аннотация

В работе рассматривается применение методологии структурирования функции качества (QFD) для проектирования ИТ-архитектуры интеллектуальной системы семантического поиска и отбора контекста на основе векторных представлений текста (эмбеддингов).

Цель исследования – обеспечить системный перевод требований пользователей (точность, скорость, обработка больших документов, смысловой поиск, ресурсоэффективность) в измеримые технические характеристики и архитектурные решения. В качестве основного инструмента используется «Дом качества»: построены матрицы взаимосвязей между потребительскими требованиями и техническими параметрами, определены целевые значения, выявлены корреляции между характеристиками, включая ключевое противоречие между точностью и степенью компрессии эмбеддингов. Проведён расчёт абсолютной и относительной важности характеристик,

показавший, что наибольший приоритет имеют коэффициент компрессии эмбедингов (20%), потребление оперативной памяти (19%) и точность поиска (19%).

Результаты демонстрируют, что QFD позволяет обоснованно расставлять приоритеты при разработке, балансировать противоречивые требования и обеспечивать прослеживаемость архитектурных решений до потребностей конечных пользователей, что повышает конкурентоспособность системы по сравнению с существующими аналогами.

Ключевые слова: методологии структурирования, система поиска, диаграмма «Дом качества», векторное представление.

***APPLICATION OF THE QUALITY FUNCTION STRUCTURED
METHODOLOGY (QFD) TO DESIGN THE IT ARCHITECTURE OF AN
INTELLIGENT SEMANTIC SEARCH SYSTEM BASED ON VECTOR
REPRESENTATIONS OF TEXT***

Gaakh T.V.

senior lecturer,

Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky,

Kaluga, Russia

Mamontov P.M.

master's student,

Kaluga State University named after K.E. Tsiolkovsky,

Kaluga, Russia

Abstract

This paper examines the application of the Quality Function Determination (QFD) methodology to the design of an IT architecture for an intelligent semantic search and context selection system based on vector text representations (embeddings).

The goal of the study is to systematically translate user requirements (accuracy, speed, large document processing, semantic search, resource efficiency) into measurable technical characteristics and architectural solutions. The "House of Quality" tool is used as the primary tool: matrices of relationships between user requirements and technical parameters are constructed, target values are determined, and correlations between characteristics are identified, including the key contradiction between accuracy and the degree of embedding compression. A calculation of the absolute and relative importance of characteristics is performed, revealing that the highest priority is given to embedding compression ratio (20%), RAM consumption (19%), and search accuracy (19%).

The results demonstrate that QFD enables informed prioritization during development, balancing conflicting requirements, and ensuring traceability of architectural decisions to end-user needs, thereby increasing the system's competitiveness compared to existing analogs.

Keywords: structuring methodologies, search system, «House of Quality» diagram, vector representation.

Создание эффективной системы семантического поиска на основе векторных представлений текста – сложная инженерная задача, требующая баланса между функциональными возможностями, производительностью, масштабируемостью и стоимостью. Ключевой вызов заключается в том, чтобы архитектурные решения были продиктованы не только техническими соображениями, но и реальными потребностями пользователей.

Методология структурирования функции качества (Quality Function Deployment, QFD) предлагает системный подход к решению этой проблемы [1]. QFD – это метод принятия решений, который обеспечивает преобразование «голоса потребителя» (Voice of the Customer) в технические требования на всех этапах разработки продукта или услуги [2]. В контексте ИТ-архитектуры QFD

позволяет установить чёткие трассируемые связи между требованиями пользователей, функциональными и нефункциональными требованиями к системе и конкретными архитектурными компонентами.

В основе QFD лежит матричный подход, центральным инструментом которого является «Дом качества» (House of Quality, HOQ). Классический процесс QFD включает четыре фазы:

1. Планирование продукта – перевод требований потребителей в технические характеристики.
2. Развёртывание компонентов – преобразование характеристик в требования к компонентам.
3. Планирование процессов – определение производственных процессов.
4. Планирование производства – установление контрольных параметров.

Для ИТ-архитектуры этот процесс адаптируется: от требований пользователей через функциональные и нефункциональные требования к архитектурным элементам и технологическим решениям.

Архитектура системы семантического поиска на векторных представлениях текста включает три основных компонента:

Подсистема предобработки и векторизации – преобразование текста в плотные векторные представления (эмбеддинги) с помощью моделей глубокого обучения.

Подсистема хранения и индексации векторов – векторная база данных с поддержкой эффективного поиска ближайших соседей (ANN).

Подсистема обработки запросов и ранжирования – преобразование пользовательского запроса в вектор, поиск релевантных документов и их ранжирование.

Применение QFD к проектированию такой архитектуры может быть реализовано через следующую последовательность шагов.

Этап 1. Уточнение требований потребителя.

В качестве объекта исследования рассматривается система семантического поиска и отбора контекста для локальной языковой модели на основе эмбедингов [3]. Система предназначена для работы с большими объемами текстовой информации и позволяет находить релевантные фрагменты документов для формирования ответов на запросы пользователей.

Основными пользователями системы являются студенты, преподаватели, исследователи, аналитики и сотрудники организаций, работающие с нормативной документацией, научными статьями, отчетами и другими текстовыми материалами большого объема.

При использовании системы пользователь загружает один или несколько документов, после чего формулирует запрос на естественном языке. Система выполняет поиск наиболее релевантных фрагментов текста и предоставляет ответ на основе найденной информации.

В результате анализа потребностей пользователей были выявлены следующие требования к разрабатываемой системе: высокая точность поиска информации, быстрое получение ответа на запрос, возможность обработки больших документов, поиск информации по смыслу, а не только по ключевым словам, работа на обычном персональном компьютере, низкое потребление оперативной памяти, поддержка популярных форматов документов (PDF, DOCX, TXT), удобный и понятный пользовательский интерфейс.

Наиболее значимыми требованиями для потребителя являются точность поиска, скорость получения ответа, возможность обработки документов большого объема и поиск информации по смысловому содержанию. Данные характеристики напрямую влияют на эффективность использования системы и качество получаемых результатов.

Менее значимыми, но также важными требованиями являются удобство интерфейса, поддержка распространенных форматов документов, экономное

использование вычислительных ресурсов и возможность работы на стандартном пользовательском оборудовании.

Полученный перечень требований потребителей будет использован на следующем этапе для определения технических характеристик системы и построения матрицы взаимосвязей «Что?» – «Как?» в рамках методологии QFD.

Так же рассмотрены конкуренты:

ChatGPT умеет отвечать на вопросы, но не всегда имеет доступ к конкретному документу;

Ctrl+F есть у всех, но он ищет по словам, а не по смыслу.

Этап 2. Перевод требований потребителя в технические характеристики продукта.

Для обеспечения требований потребителей были определены технические характеристики системы, позволяющие количественно оценивать качество разрабатываемого программного продукта.

В качестве технических характеристик выбраны:

1. Точность поиска информации (%).
2. Время поиска информации (с).
3. Максимальный размер обрабатываемого документа (МБ).
4. Коэффициент компрессии эмбеддингов (%).
5. Объем используемой оперативной памяти (ГБ).
6. Количество поддерживаемых форматов документов (шт.).
7. Время обработки нового документа (с).

Выбранные характеристики являются измеримыми показателями качества системы и позволяют оценивать степень удовлетворения требований пользователей. В дальнейшем данные параметры (Рис. 1) будут использоваться при построении матрицы взаимосвязей «Что?» – «Как?» в рамках методологии QFD.

процессе разработки системы. Выбранные значения обеспечивают выполнение требований пользователей и позволяют повысить конкурентоспособность разрабатываемого продукта по сравнению с существующими решениями.

В качестве целевых значений были определены следующие показатели:

- точность поиска информации — не менее 90%;
- время поиска информации — не более 1 секунды;
- максимальный размер обрабатываемого документа — не менее 500 МБ;
- коэффициент компрессии эмбедингов — не менее 50%;
- объем используемой оперативной памяти — не более 8 ГБ;
- количество поддерживаемых форматов документов — не менее 3;
- время обработки нового документа — не более 30 секунд.

Указанные значения являются ориентиром при разработке системы и позволяют обеспечить высокое качество поиска информации, приемлемую производительность и возможность использования продукта на обычных персональных компьютерах.

Корреляционная матрица технических характеристик позволяет выявить взаимное влияние параметров качества системы. В ходе анализа были определены положительные и отрицательные взаимосвязи между техническими характеристиками.

На данном этапе была построена корреляционная матрица технических характеристик («крыша дома качества»), позволяющая определить взаимное влияние параметров качества разрабатываемой системы (рис.3).

Положительная взаимосвязь означает, что улучшение одной характеристики способствует улучшению другой характеристики. Отрицательная взаимосвязь означает, что улучшение одной характеристики может привести к ухудшению другой характеристики и требует поиска компромиссного решения.

В ходе анализа были выявлены следующие положительные взаимосвязи:

- увеличение коэффициента компрессии эмбедингов способствует снижению потребления оперативной памяти;
- увеличение коэффициента компрессии эмбедингов способствует сокращению времени поиска информации;
- увеличение максимально допустимого размера документа связано с увеличением времени его обработки.

Также были выявлены следующие отрицательные взаимосвязи:

- чрезмерное увеличение коэффициента компрессии эмбедингов может привести к снижению точности поиска информации;
- увеличение максимального размера обрабатываемых документов приводит к росту потребления оперативной памяти;
- увеличение объема обрабатываемых данных может отрицательно влиять на время поиска информации.

Проведенный анализ показал, что наиболее значимым противоречием является взаимосвязь между точностью поиска и степенью компрессии эмбедингов. При проектировании системы необходимо обеспечить баланс между производительностью и качеством поиска, чтобы достичь максимальной удовлетворенности пользователей.

ЭЛЕКТРОННЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ «ДНЕВНИК НАУКИ»

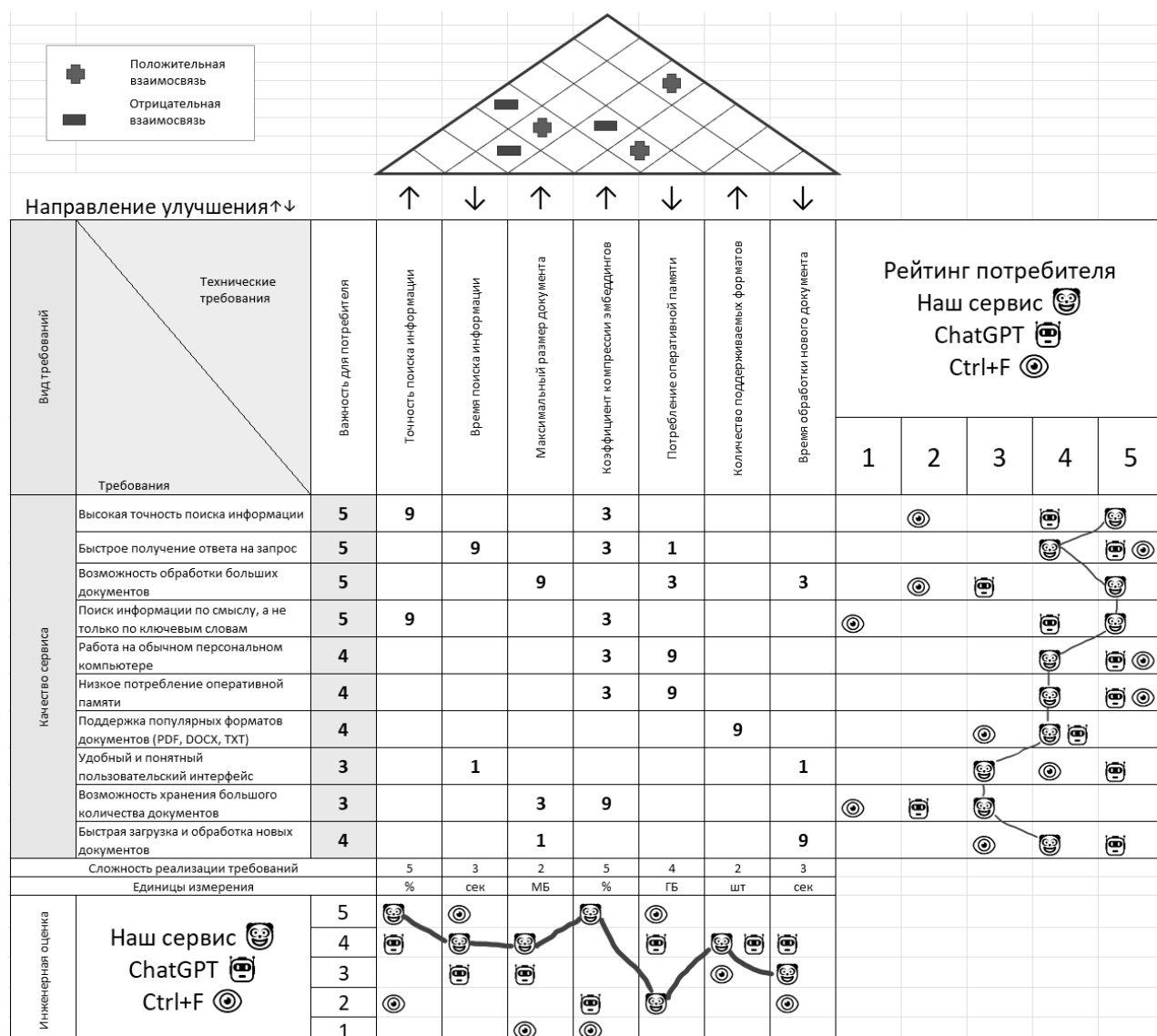


Рисунок 3 – Дополнение корреляционной связью (авторский рисунок)

Этап 5. Установление рейтинга важности требований потребителей и технических характеристик.

Для определения наиболее значимых технических характеристик системы был выполнен расчет абсолютной и относительной важности. Абсолютная важность определялась как сумма произведений важности требований потребителей на вес соответствующей связи между требованием и технической характеристикой. В расчетах использовались следующие коэффициенты: сильная связь – 9, средняя связь – 3, слабая связь – 1.

Полученная функция качества проекта представлена на рисунке 4.

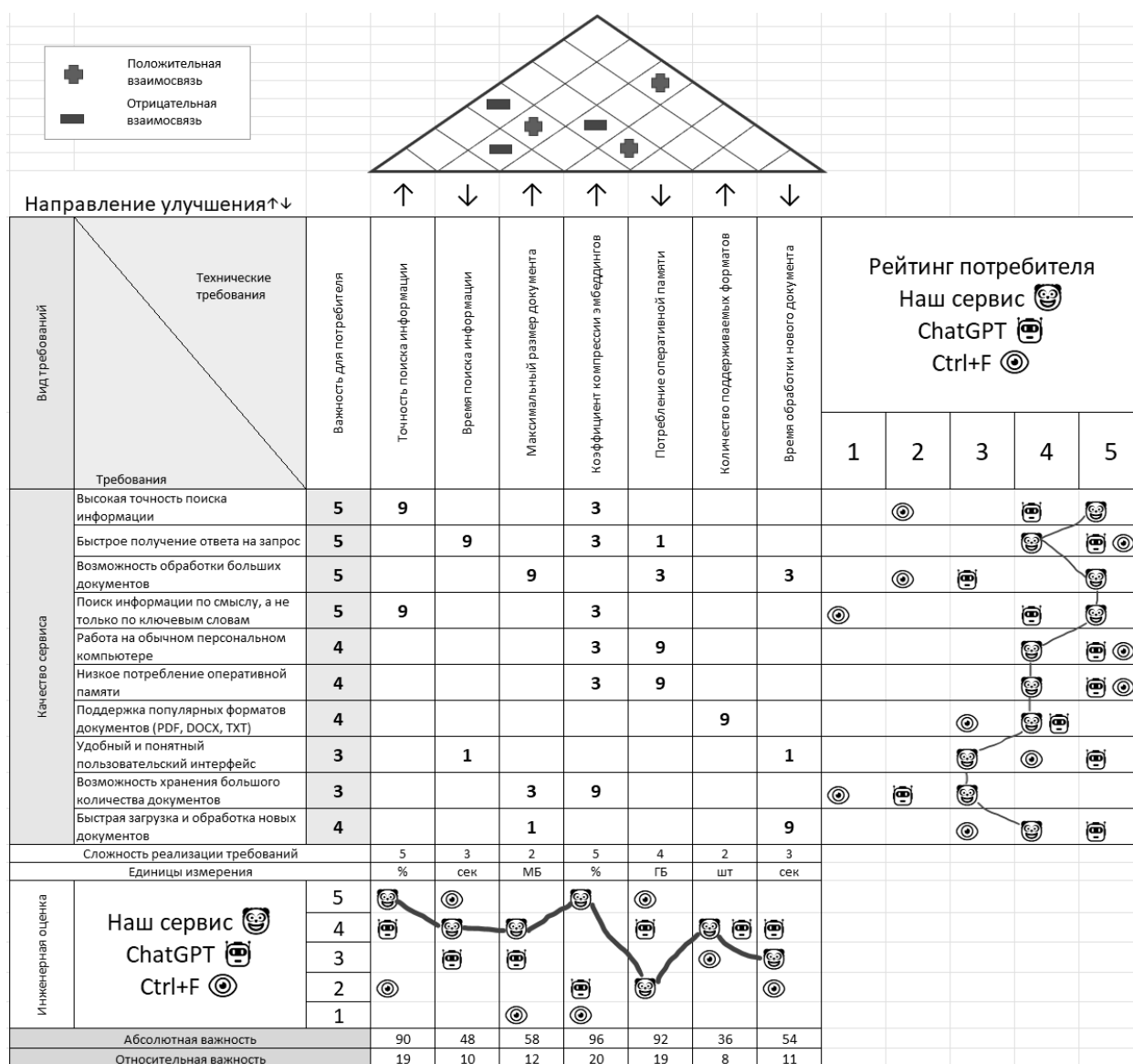


Рисунок 4 – Дом качества проекта (авторский рисунок)

Результаты расчета показали, что наибольшую важность для потребителей имеют коэффициент компрессии эмбедингов (96 баллов), потребление оперативной памяти (92 балла) и точность поиска информации (90 баллов). Это свидетельствует о том, что при разработке системы основное внимание должно быть уделено эффективности хранения векторных

представлений, рациональному использованию вычислительных ресурсов и обеспечению высокого качества поиска информации.

Относительная важность технических характеристик была рассчитана как отношение абсолютной важности характеристики к суммарной абсолютной важности всех характеристик. Наиболее значимыми параметрами являются коэффициент компрессии эмбедингов (20%), потребление оперативной памяти (19%) и точность поиска информации (19%).

Таким образом, в проекте "Система семантического поиска и отбора контекста" качество данных перестает быть функцией только исходных текстов и становится функцией векторного представления. Эмбединги выступают не просто инструментом, а стратегическим активом, определяющим пропускную способность семантического канала между знаниями и LLM. Их параметры образуют центральный узел компромиссов в "Доме качества": малейшее изменение в размерности или модели каскадно отражается на поиске, генерации и производительности, поэтому QFD-матрица должна фиксировать эти зависимости в численном, экспериментально подтвержденном виде.

Библиографический список:

1. QFD: Введение в развертывание функции качества // Product Lab.ru: [сайт]. – URL: <https://productlab.ru/blog/qfd-article> (дата обращения 15.06.2026).
2. Как превратить желания клиентов в четкие требования: практическое применение QFD // product focus: [сайт]. – URL: <https://blog.productfocus.ru/qfd-how-to-make/> (дата обращения 15.06.2026).
3. Шинкевич А.И. Проектирование продукции на платформе PLM: метод структурирования функций качества QFD / А. И. Шинкевич, Т. В. Малышева, Д. В. Харитонов // Компетентность. – 2023. – №3. – С. 50-54.