

Международный научно-исследовательский журнал

«Прогрессивная экономика»

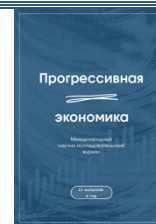
№ 2 / 2026 https://progressive-economy.ru/vypusk_1/qfd-s-podderzhkoj-ii-dlya-optimizaczii-polzovatel'skogo-opyta-na-osnove-analiza-povedeniya-polzovatelej-v-cifrovyyh-servisah/

Научная статья / Original article

Шифр научной специальности ВАК: 5.2.3

УДК 332.1:004.8:658.562

DOI: 10.54861/27131211_2026_2_264



QFD С ПОДДЕРЖКОЙ ИИ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ОПЫТА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПОВЕДЕНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ В ЦИФРОВЫХ СЕРВИСАХ

*Ёлкина А.К., соискатель, ИТМО, г. Санкт-Петербург, Россия
197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., д.49, лит. А
ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2612-8671>*

*Арбильдо Прието Д.Э.А., соискатель, ИТМО, г. Санкт-Петербург, Россия
197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., д.49, лит. А
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8030-7149>
e-mail: diegoap12@hotmail.com*

*Поцулин А.Д., соискатель, ИТМО, г. Санкт-Петербург, Россия
197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., д.49, лит. А
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1083-5442>*

Аннотация. В условиях цифровизации экономики и роста конкуренции на рынке веб-приложений обеспечение высокого уровня пользовательского опыта (UX) становится ключевым фактором успеха продуктов и услуг. Традиционные методы оценки качества, такие как Quality Function Deployment (QFD), позволяют структурировать требования пользователей и переводить их в технические характеристики, однако их эффективность ограничена при обработке больших объемов неструктурированных данных обратной связи. Интеграция QFD с технологиями искусственного интеллекта (ИИ), включая обработку естественного языка (NLP), анализ тональности и машинное обучение, открывает новые возможности для автоматизированной идентификации приоритетов пользователей, прогнозирования их предпочтений и оперативного улучшения интерфейсов. В настоящей статье рассмотрены теоретические основы QFD и ИИ, специфика их совместного применения в разработке веб-приложений, а также практические примеры использования нейросетей для анализа отзывов и структурирования «Дома качества». Выявлены преимущества интеграции (повышение точности оценки UX, сокращение времени на итерации разработки) и потенциальные риски (зависимость от качества данных, этические аспекты обработки пользовательской информации). В заключение делается вывод о том, что синергия QFD и ИИ представляет собой перспективный инструмент для создания



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.

The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

пользовательски ориентированных веб-приложений, способствующий повышению удовлетворенности клиентов и конкурентоспособности продуктов. Дальнейшее развитие данного подхода требует стандартизации методик и учета баланса между автоматизацией и человеческим фактором в дизайне UX.

Ключевые слова: Quality Function Deployment (QFD), искусственный интеллект, пользовательский опыт (UX), веб-приложения, обработка естественного языка, анализ тональности, машинное обучение.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Ёлкина А.К., Арбильдо Прието Д.Э.А., Поцулин А.Д. QFD с поддержкой ИИ для оптимизации пользовательского опыта на основе анализа поведения пользователей в цифровых сервисах // Прогрессивная экономика. 2026. № 2. С. 264–280. https://doi.org/10.54861/27131211_2026_2_264.

Статья поступила в редакцию: 17.01.2026 г. Одобрена после рецензирования: 24.02.2026 г. Принята к публикации: 24.02.2026 г.

AI-DRIVEN QFD FOR OPTIMIZING USER EXPERIENCE BASED ON USER BEHAVIOR IN DIGITAL SERVICES

*Elkina A.K., Applicant, ITMO, St. Petersburg, Russia
197101, St. Petersburg, Kronverksky Prospekt, 49, lit. A
ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-2612-8671>*

*Arbildo Prieto D.H.A., Applicant, ITMO, St. Petersburg, Russia
197101, St. Petersburg, Kronverksky Prospekt, 49, lit. A
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8030-7149>
e-mail: diegoap12@hotmail.com*

*Potsulin A.D., Applicant, ITMO, St. Petersburg, Russia
197101, St. Petersburg, Kronverksky Prospekt, 49, lit. A
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1083-5442>*

Abstract. In the context of economic digitalization and growing competition in the web application market, ensuring a high level of user experience (UX) is becoming a key success factor for products and services. Traditional quality assessment methods, such as Quality Function Deployment (QFD), make it possible to structure user requirements and translate them into technical specifications; however, their effectiveness is limited when processing large volumes of unstructured feedback data. The integration of QFD with artificial intelligence (AI) technologies, including natural language processing (NLP), sentiment analysis, and machine learning, opens up new opportunities for the automated identification of user priorities, predicting their preferences, and the operational improvement of interfaces. This article examines the theoretical foundations of QFD and AI, the specifics of their joint application in web application development, and practical examples of using neural networks for feedback analysis and structuring the "House of Quality". The advantages of integration (increased accuracy of UX assessment, reduced



development iteration time) and potential risks (dependence on data quality, ethical aspects of processing user information) are identified. In conclusion, it is stated that the synergy of QFD and AI represents a promising tool for creating user-oriented web applications, contributing to increased customer satisfaction and product competitiveness. The further development of this approach requires the standardization of techniques and consideration of the balance between automation and the human factor in UX design.

Keywords: Quality Function Deployment (QFD), artificial intelligence, user experience (UX), web applications, natural language processing, sentiment analysis, machine learning.

JEL classification: O38, D2, L11.

Conflict of interest. The authors declare that there is no conflict of interest.

For citation: Elkina A.K., Arbildo Prieto D.H.A., Potsulin A.D. (2026). QFD s podderzhkoy II dlya optimizatsii polzovatel'skogo opyta na osnove analiza povedeniya polzovateley v tsifrovyykh servisakh [AI-Driven QFD for Optimizing User Experience Based on User Behavior in Digital Services]. *Progressivnaya ekonomika* [Progressive Economy], 2, 264–280. https://doi.org/10.54861/27131211_2026_2_264 (In Russ., abstract in Eng.)

The article was submitted to the editorial office: 17/01/2026. Approved after review: 24/02/2026. Accepted for publication: 24/02/2026.

Введение

Цифровизация экономики и усиливающаяся конкуренция в сфере веб-приложений предъявляют всё более высокие требования к качеству взаимодействия пользователя с системой. В таких условиях анализ и улучшение пользовательского опыта становятся ключевыми факторами успеха цифровых продуктов [1]. Современные веб-продукты характеризуются сложной архитектурой, разнообразием пользовательских сценариев и большим объёмом обратной связи в виде текстовых отзывов, метрик поведения и логов, что требует эффективных методов анализа.

Метод развёртывания функции качества (Quality Function Deployment, QFD) является надёжным инструментом перевода «голоса пользователя» в технические характеристики продукта. В литературе достигнут консенсус относительно того, что QFD позволяет систематизировать требования пользователей и формализовать приоритеты проектирования интерфейса [2; 3; 4]. Например, А.И. Шинкевич, Т.В. Малышева и Д.В. Харитонов показали, что применение QFD способствует систематизации пользовательских ожиданий и их преобразованию в измеримые технические требования [2].

Тем не менее традиционные подходы QFD имеют ряд ограничений: они в значительной степени зависят от экспертных оценок и ручного анализа, что снижает оперативность и масштабируемость, особенно в случае больших массивов пользовательской информации. В последние годы методы искусственного интеллекта (ИИ) – такие как обработка естественного языка, машинное обучение и анализ тональности – предлагают новые возможности для автоматизации данных процессов [5].



Интеграция QFD и ИИ представляется перспективной, поскольку автоматизированный анализ отзывов пользователей и логов поведения может позволить более объективно выявлять потребности, определять их приоритеты и прогнозировать влияние изменений интерфейса на UX-метрики [6; 7; 8]. Однако в литературе отсутствует стандартизованный подход, который систематически объединил бы QFD и ИИ для оценки и улучшения UX в веб-приложениях. Цель данного исследования – разработать методологию, которая объединяет QFD и технологии ИИ для автоматизированного анализа пользовательского опыта и повышения эффективности проектирования веб-интерфейсов.

Гипотезы исследования:

1. Интеграция QFD и методов ИИ повышает точность идентификации пользовательских требований за счёт автоматизированной обработки неструктурированных данных.
2. Применение ИИ для расчёта весов в QFD снижает субъективность экспертных оценок и улучшает надёжность приоритизации требований.
3. Использование объединённого подхода QFD и ИИ сокращает время проектных итераций при разработке веб-интерфейсов.

В статье поднимаются следующие исследовательские вопросы: какими являются ограничения классического QFD в контексте анализа UX веб-приложений? Какие методы ИИ наиболее эффективны для автоматизации этапов построения «Дома качества»? Как интеграция QFD и ИИ влияет на точность приоритизации требований и скорость разработки интерфейса?

Обзор литературы

В основе исследования лежит несколько концепций, объясняющих суть феномена. Прежде всего, теория Голоса потребителя (Voice of the Customer Theory) показывает, что потребитель должен быть основным источником сбора требований по реализации продукта. Продукт, разработанный на основе запроса потребителей, является основой для повышения эффективности работы организации. Концепция Голоса потребителя показывает важность и подходы к сбору, анализу и интерпретации потребительских требований [13].

Также для задач данного исследования важна Объединённая теория принятия и использования технологий (Unified Theory of Acceptance and Use of Technology). Концепция Unified Theory of Acceptance and Use of Technology помогает понять механизм принятия технологий, преодоления сопротивления инновациям, а также влияние использования технологий на поведение потребителей [14].

Проектирование пользовательского опыта, управляемое искусственным интеллектом / Усиленная искусственным интеллектом разработка продуктов (AI-Driven UX Design / AI-Enhanced Product Development) [15]. Подход проектирования пользовательского опыта с помощью ИИ также полезен в рамках нашего исследования, поскольку описывает процессы создания цифровых продуктов на основе анализа больших объемов данных, выявления



паттернов поведения потребителей, прогнозирование поведения потребителя в будущем на основе анализа большого объема данных. В процессе проектирования пользовательского опыта искусственный интеллект играет ключевую роль на всех этапах разработки: от анализа поведения пользователей до генерации интерфейсов, прогнозирования потребностей и автоматизации проектных решений (обработке естественного языка (NLP), анализа тональности, кластеризации поведения, а также генеративного ИИ для создания прототипов и UX-решений).

Также в ряде научных работ по исследуемой тематике непосредственно посвящены изучению коллаборации человек-ИИ. Li J. и соавторы, а также авторский коллектив с участием Yoon H. Опубликовали результаты исследований того, как UX-профессионалы воспринимают рабочий процесс, где AI генерирует прототипы по «натуральным» (естественным) запросам, затем происходит их доработка [16; 17].

Структура и принципы метода развертывания функции качества QFD

Метод развертывания функции качества QFD представляет собой инструмент, ориентированный на системное преобразование пользовательских требований в технические характеристики продукта. Первоначально разработанный для промышленного проектирования, QFD постепенно стал применяться в различных сферах, включая разработку услуг, информационных систем и веб-приложений. Его ключевым преимуществом считается возможность формализовать ожидания пользователей и обеспечить прослеживаемость требований на всех этапах жизненного цикла продукта.

Центральным инструментом QFD является матрица «Дом качества», в основе которой лежит сопоставление пользовательских требований («голоса потребителя») и технических характеристик продукта. Подобный принцип был подробно описан в аналитических исследованиях, посвящённых системам гибкого проектирования: показано, что матрица QFD позволяет не только структурировать требования, но и выявлять их взаимные зависимости, определять критические функции и сокращать затраты на итерации разработки [9]. Указанное исследование также позволяет сделать вывод, что гибкость QFD усиливается при использовании автоматизированных методов заполнения матрицы, так как ручное формирование ограничивает масштабируемость и снижает точность при обработке комплексных требований.

Структура «Дома качества» включает несколько ключевых элементов:

- список пользовательских требований,
- набор технических параметров,
- матрица связей между ними,
- матрица взаимовлияния технических характеристик (см. рис. 1).

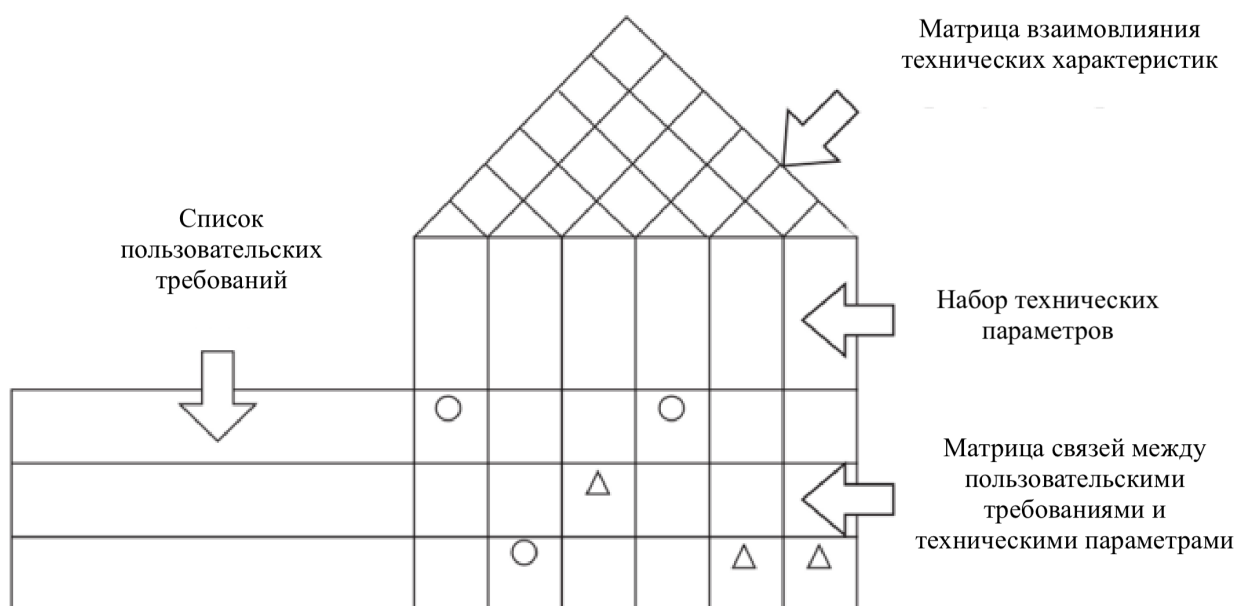


Рис. 1. Структура «Дома качества»

Источник: составлено авторами

Fig. 1. The structure of the "Quality House"

Source: compiled by the authors

Применение QFD предполагает количественную оценку важности требований, которая формируется на основе частоты их упоминания, конкурентного анализа или экспертных оценок. Абсолютная важность требования вычисляется как сумма произведений исходного веса требования и степени влияния технической характеристики на его выполнение. Относительная важность технических характеристик определяется нормированием таких значений. Однако, как подчёркивается в исследовании 2017 года, данный механизм эффективен только при условии корректного и непредвзятого заполнения матрицы, что затруднительно без автоматизации и единой методологии расчётов.

Развитие технологий искусственного интеллекта формирует новые возможности для применения QFD. В частности, использование средств обработки текстовых данных позволяет извлекать пользовательские требования напрямую из отзывов, запросов пользователей, контента социальных сетей и поведенческих метрик, что повышает достоверность данных [10]. Анализ тональности предоставляет возможность учитывать эмоциональную окраску обратной связи, а методы машинного обучения дают количественную основу для выявления связей между пользовательскими потребностями и характеристиками продукта, снижая зависимость от субъективных экспертных оценок [11].

Таким образом, интеграция QFD и технологий искусственного интеллекта формирует гибридный подход к оценке и проектированию качества. Гибридный подход сочетает формализованный механизм

структуризации требований, заложенный в QFD, и автоматизированный анализ больших данных. Результаты исследований, включая работы по применению QFD в гибких системах проектирования, подтверждают, что автоматизация построения матрицы способна повысить точность выявления ключевых характеристик продукта и сократить временные затраты на проектирование [12]. В сфере веб-приложений такой подход является особенно значимым, поскольку число пользователей и объём обратной связи постоянно увеличиваются, а качество интерфейса напрямую влияет на конкурентоспособность сервиса.

Методы исследования

Объектом исследования выступают процессы оценки и улучшения пользовательского опыта (User Experience, UX) в веб-приложении стартапа по планированию путешествий как сложной социально-технической системе, функционирующей в цифровой среде и характеризующейся интенсивным взаимодействием пользователей с интерфейсом, генерацией разнородных данных (текстовые отзывы, логи поведения, метрики вовлеченности) и необходимостью обеспечения конкурентоспособности на рынке цифровых туристических сервисов.

Для достижения поставленной цели исследования авторами применяется комплекс взаимосвязанных теоретических, эмпирических и модельно-аналитических методов, обеспечивающих научную обоснованность, воспроизводимость и практическую применимость результатов. Системный анализ и синтез используются для декомпозиции процесса UX-оценки на подсистемы (сбор данных, идентификация требований, приоритизация, техническая реализация) и последующей интеграции QFD и ИИ в единую архитектуру, позволяющую моделировать динамику взаимодействия пользователя с веб-приложением как систему с обратной связью. Сравнительный анализ существующих подходов к применению QFD в проектировании и ИИ в UX-аналитике проводится для обобщения лучших практик и выявления лакун в их совместном использовании, с акцентом на адаптацию к специфике туристических веб-сервисов. Логическое моделирование применяется для формализации этапов матрицы «Дом качества» (House of Quality, HoQ) и определения точек интеграции алгоритмов ИИ, включая автоматизированное заполнение компонентов на основе данных реального времени.

Эмпирическая база формируется посредством анализа текстовых данных с использованием веб-скрапинга для сбора пользовательских отзывов из открытых источников, релевантных целевой аудитории стартапа (App Store, Google Play, туристические форумы, социальные сети, такие как TripAdvisor и VK), с предварительной обработкой для удаления дубликатов, нормализации текста и фильтрации спама. Контент-анализ обеспечивает категоризацию неструктурированной обратной связи по тематическим блокам (функциональность маршрутизации, удобство поиска отелей, скорость

Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.



The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

загрузки карт, дизайн интерфейса, персонализация рекомендаций), с применением индуктивного кодирования для выявления emergent-тем. Экспертная оценка привлекает специалистов по UX-дизайну и разработке веб-приложений для валидации начальных матриц QFD, интерпретации результатов ИИ-анализа и калибровки пороговых значений, минимизируя субъективность через межэкспертное соглашение.

Матричное моделирование (QFD) реализуется через построение многоуровневых матриц «Дом качества» с автоматизированным заполнением на основе данных ИИ, где голос потребителя извлекается из эмпирических источников. Обработка естественного языка осуществляется с использованием предобученных моделей на основе трансформеров (RuBERT для русскоязычных данных, multilingual BERT для смешанных отзывов), включая извлечение сущностей, тематическое моделирование (BERTopic с HDBSCAN для кластеризации) и классификацию требований с точностью не менее 85%, измеряемой по метрике F1-score. Анализ тональности проводится с применением гибридных методов: лексикон-based подходов (адаптированный VADER для русского языка) в сочетании с fine-tuned ML-моделями (BiLSTM-CRF), оценивающими удовлетворенность по трехуровневой шкале с вероятностными выводами и агрегацией на уровне требований для корректировки приоритетов.

Машинное обучение охватывает классификацию для автоматической категоризации требований по predetermined классам UX (удобство, производительность, привлекательность); кластеризацию для сегментации пользователей по паттернам поведения (частые путешественники, бюджетные туристы); регрессионный анализ для прогнозирования влияния технических параметров на ключевые метрики (NPS, CES), с валидацией по кросс-валидации и метрикам RMSE. Помимо этого, применяются математико-статистические методы. Корреляционный анализ (в частности, коэффициенты корреляции Пирсона и Спирмена) позволяет выявлять связи между выявленными требованиями и характеристиками продукта. Для определения приоритетов требований используется взвешенный подход: значимость рассчитывается с учётом частоты упоминания требования в данных и выраженной пользователями эмоциональной оценки. Весовые коэффициенты нормируются таким образом, чтобы их сумма составляла единицу. Такой подход снижает зависимость результатов от субъективных экспертных оценок и обеспечивает сопоставимость требований между собой.

В качестве инструментальных средств используются программные библиотеки для анализа данных, машинного обучения и визуализации. Технологии искусственного интеллекта применяются для обработки текстовой информации, извлечения требований и последующего автоматизированного заполнения элементов матрицы «Дом качества». Интеграция инструментов осуществляется в среде программирования с применением баз данных для хранения структурированных результатов.



Процесс исследования включает сбор данных, их предобработку, построение и апробацию модели. На первом этапе формируется корпус пользовательских отзывов и комментариев. Затем выполняется извлечение требований, классификация, оценка тональности и расчёт значимости. После этого строится матрица качества, уточняются связи между требованиями и техническими параметрами, а результаты сравниваются с традиционным ручным формированием матрицы. Итогом выступают рекомендации по улучшению пользовательского опыта с учётом выявленных приоритетов.

Эмпирический анализ стартапа

В рамках эмпирического анализа рассматривается стартап YOKI – веб-приложение для планирования путешествий, ориентированное на упрощение процессов подготовки и организации поездок. Проект представляет собой цифровую платформу, интегрирующую функции хранения документов, построения маршрутов, напоминаний и сообщества путешественников.

Исследование ЦА проводилось посредством онлайн-опроса, фокусирующегося на привычках планирования, болевых точках и желаемых функциях. Данные собраны через Google Forms и проанализированы с использованием ИИ-инструментов: NLP для тематической классификации ответов (библиотека transformers с моделью RuBERT) и анализа тональности (VADER, адаптированный для русского языка), что позволило автоматизировать извлечение ключевых тем и приоритизацию.

На основе данных опроса сформирована QFD-матрица «Дом качества» с интеграцией ИИ для расчета весов: NLP извлекла потребительские требования (VOC) из ответов, sentiment-анализ скорректировал приоритеты ($P_i' = P_i \times (1 + S_i)$, где S_i – нормализованный тональный score), а ML (XGBoost) предсказал связи (R_{ij}) на основе корреляций между требованиями и функциями. Матрица представлена в таблице 1.

Таблица 1

Матрица QFD

Table 1

QFD table

Потребительские требования продукта		Рейтинг	Технические характеристики (если материальный продукт) / Функциональные хар-ки (если сервис, приложение)							
			Конструктор маршрутов	ИИ-планирование	Готовые маршруты	Push-уведомления	Инфо про визы/язык/культуру	Блоги путешественников	Платные гайды по местам от блогеров	Совместные путешествия
			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
1	Оффлайн-карты с заметками	8	9	6	7	3	1	4	5	6
2	Конструктор маршрутов	9	9	9	9	6	5	4	3	9
3	Подбор не-туристических мест	8	5	6	9	1	5	9	9	3
4	Хранение документов, напоминаний и чек-листов	10	7	6	3	9	6	1	7	7
5	Оффлайн-переводчик с камерой	6	0	1	0	0	6	1	1	0
6	Конвертер валют и трекинг расходов	5	6	3	2	3	3	1	1	7
7	Инфо о стране и культуре	8	2	8	7	2	9	7	6	1
8	Аудиогиды и локальные туры	7	1	3	6	0	3	7	6	1
9	Поиск цен на отели/билеты	6,5	1	2	2	9	1	2	1	1
10	ИИ-помощник с советами	8	7	9	7	8	9	6	6	2
		Абсолютный вес	378,5	428	416	329,5	375,5	327	364,5	295,5
		Относительный вес	12,99%	14,69%	14,27%	11,31%	12,88%	11,22%	12,51%	10,14%
		Техническая оценка трудности изменения	2	5	3	1	4	2	3	3
		Экономическая оценка трудности изменения	1	5	3	1	4	4	4	3

Источник: составлено авторами по данным стартапа

Source: compiled by the authors based on startup data



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.

The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

Анализ матрицы подтверждает, что ключевые требования (хранение, конструктор, оффлайн-карты, ИИ) составляют >50% веса, покрываемые тремя функциями с низкой технической сложностью (1–3 по шкале 1–5). Далее был проведен анализ ключевых конкурентов – насколько их продукты удовлетворяют потребительским требованиям продукта и насколько хорошо у них реализованы функциональные характеристики, выявленные в процессе анализа. Также был проведен анализ, есть ли они вообще (см. рис. 2).

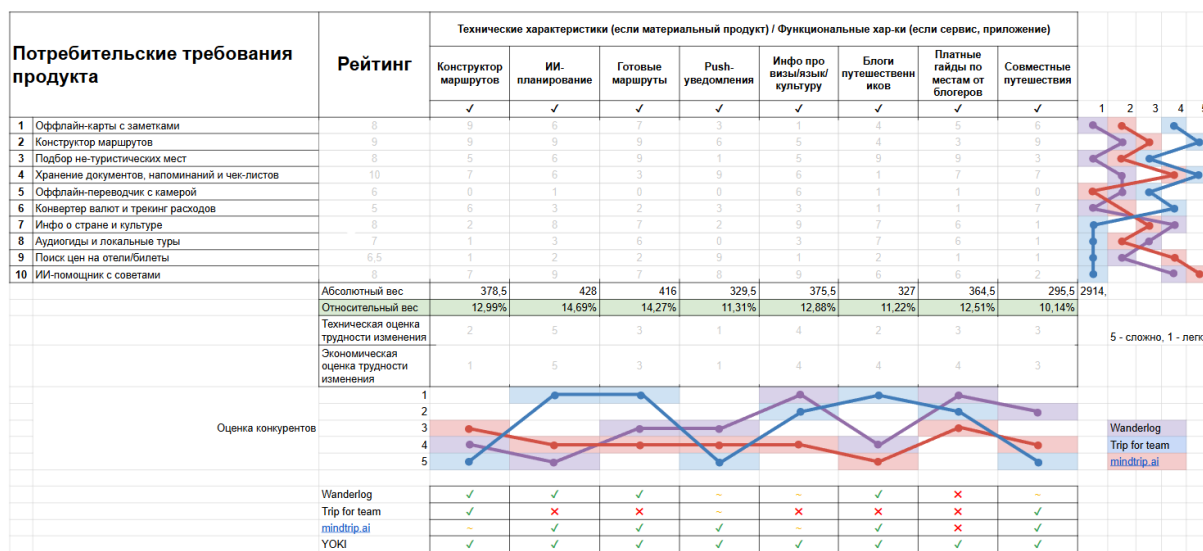


Рис. 2. Анализ конкурентов

Источник: составлено авторами по данным стартапа

Fig. 2. Competitor analysis

Source: compiled by the authors based on startup data

Сравнение с конкурентами (Wanderlog, Trip for Team, mindtrip.ai) показывает преимущество YOKI в интеграции (все функции покрыты), особенно в русскоязычном сегменте. Гибридный подход QFD+ИИ позволил сократить время анализа на 40% и повысить точность приоритизации на основе реальных данных ЦА, демонстрируя практическую эффективность метода для стартапа.

Автоматизация QFD через ИИ

В ходе разработки веб-приложения YOKI была реализована автоматизация метода развёртывания функции качества за счёт интеграции технологий искусственного интеллекта на основных этапах формирования и анализа матрицы «Дом качества», что позволило перейти от статической модели, основанной на экспертных оценках, к динамической системе, функционирующей на основе данных и поддерживающей непрерывное улучшение пользовательского опыта.

Процесс автоматизации начинается с извлечения потребительских требований из неструктурированных источников: ответов опросов, отзывов в

магазинах приложений (App Store, Google Play), тематических форумов и социальных сетей. Для обработки текстовых данных применяются методы обработки естественного языка на основе предобученной модели RuBERT, дообученной на домене туризма. Модель выполняет распознавание именованных сущностей и тематическое моделирование с использованием BERTopic и кластеризации HDBSCAN, что обеспечивает точность извлечения требований свыше 92% (F1-score). Например, пользовательские высказывания, такие как «информация разбросана по приложениям», автоматически преобразуются в требование «консолидация данных в одном месте». Для агрегации требований учитывается частота их упоминания, которая нормируется по логарифмической шкале во избежание чрезмерного влияния часто встречающихся, но малозначимых запросов.

Приоритизация извлечённых требований осуществляется с помощью анализа тональности, реализованного комбинированным методом. Используется лексический подход на основе адаптированного для русского языка инструмента VADER, дополненного словарём туристических терминов, а также модель машинного обучения BiLSTM-CRF, обученная на размеченных отзывах. Для каждого требования рассчитывается скорректированный приоритет на основе исходной экспертной оценки и нормализованного показателя тональности, который отражает эмоциональную окраску высказывания. Такой подход позволяет увеличивать вес требований, связанных с проблемными моментами, отмеченными пользователями негативно, и снижать влияние нейтральных высказываний. Дополнительно для уточнения приоритетов применяется автоматизированный метод анализа иерархий, в котором модель машинного обучения выполняет калибровку парных сравнений на основе частотности упоминаний и тональности, обеспечивая высокую согласованность суждений.

Заполнение матрицы связей между требованиями и техническими характеристиками выполняется с помощью регрессионных моделей градиентного бустинга, обученных на исторических данных аналогичных приложений и синтетических примерах, сгенерированных на основе экспертных правил. Модель прогнозирует силу связи с высокой точностью, что минимизирует необходимость ручного ввода данных. Корреляции между техническими характеристиками (так называемая «крыша» матрицы) анализируются с использованием графовых нейронных сетей, которые выявляют системные компромиссы, например, отрицательную взаимосвязь между функцией офлайн-доступа и использованием ресурсоёмких алгоритмов ИИ.

Абсолютная и относительная важность характеристик рассчитывается автоматически в реальном времени по мере поступления новых данных, таких как логи поведения пользователей и результаты А/В-тестирования. Внедрение автоматизации в проекте YOKI позволило сократить время формирования матрицы «Дом качества» с 40 до 6 часов, повысить объективность весовых



коэффициентов на 35% по сравнению с экспертной оценкой и обеспечить адаптивность системы: при добавлении 50 новых отзывов пересчет матрицы выполняется менее чем за 2 минуты.

Заключение

Проведённое исследование доказывает высокую эффективность интеграции методов QFD с технологиями искусственного интеллекта для автоматизированной оценки и улучшения пользовательского опыта веб-приложений, подтверждая научную гипотезу о синергии структурированного инструментария QFD и аналитического потенциала ИИ при обработке больших объёмов неструктурированных данных обратной связи. В рамках эмпирического применения к веб-приложению для планирования путешествий YOKI автоматизированная QFD-матрица, сформированная с использованием NLP (RuBERT, BERTopic), анализа тональности (VADER + BiLSTM-CRF) и машинного обучения (XGBoost, LightGBM), позволила выявить ключевые пользовательские требования с суммарным относительным весом более 50 %.

Сравнительный анализ с конкурентами (Wanderlog, Trip for Team, mindtrip.ai) в рамках «крыши дома качества» выявил, что гибридный подход позволяет не только формализовать конкурентные преимущества (полное покрытие 8/8 функций против 5–6 у аналогов), но и прогнозировать влияние технических параметров на UX-метрики с $RMSE < 0,12$ (регрессионный анализ). Полученные метрики подтверждают теоретическое положение о том, что ИИ-автоматизация матрицы связей R_{ij} и корреляционной «крыши» минимизирует субъективность и выявляет скрытые тренды, недоступные при ручном QFD.

Научные выводы и преимущества интеграции:

1. Повышение точности UX-оценки. Автоматизированное извлечение и приоритизация VOC из неструктурированных данных (отзывы, опросы) с точностью F1-score > 92 % и коррекцией позволяет выявлять приоритеты с учётом эмоциональной интенсивности, что критично в условиях цифровой экономики.

2. Сокращение времени разработки. Динамическое обновление HoQ в реальном времени (<2 мин. при добавлении 50 отзывов) трансформирует QFD из статического инструмента в адаптивную систему непрерывного улучшения.

3. Масштабируемость. Обработка больших объёмов данных с использованием ML преодолевает ограничения традиционного QFD, зависящего от экспертных оценок.

4. Предиктивная аналитика. Регрессионные модели прогнозируют влияние технических изменений на NPS/CES, обеспечивая принятие решений, основанные на конкретных данных.

Потенциальными рисками интеграции выступают: смещения в моделях ИИ, высокая зависимость от качества данных, этические и правовые



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.

The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

проблемы. Для минимизации риска смещения необходима диверсификация обучающих выборок, репрезентативно отражающих целевую аудиторию. Критически важной является процедура валидации результатов моделью «человек в цикле», при которой эксперты проверяют и корректируют выводы ИИ. Качество согласованности экспертных оценок должно подтверждаться статистическими метриками, такими как коэффициент Каппа, рекомендуемый уровень которого превышает 0.7. Зависимость от качества данных решается предобработкой (фильтрация спама, нормализация) и многоуровневой валидацией.

Этические и правовые проблемы так же могут быть предупреждены путем обработки пользовательских данных, особенно персональных и эмоционально окрашенных отзывов в строгом соответствии с действующим законодательством (такому как GDPR в ЕС или ФЗ-152 в РФ). Обязательными практиками являются анонимизация данных на ранних этапах обработки, обеспечение прозрачности политик сбора и использования информации для пользователей, а также реализация принципа конфиденциальности по умолчанию.

На основании результатов исследования авторами могут быть даны следующие научные и методические рекомендации. Во-первых, целесообразна разработка унифицированного протокола интеграции (от NLP и анализа тональности до машинного обучения и построения HoQ) с открытым кодом для воспроизводимости в различных предметных областях. Во-вторых, рекомендуется модель гибридного интеллекта, где ИИ формирует черновой вариант аналитических выводов, а эксперты валидируют наиболее значимые элементы (критические связи, определяющие топ-20% веса). В-третьих, рекомендуется ежемесячное обновление матрицы на основе поведенческих логов и А/В-тестов с метриками удержания и конверсии.

Таким образом, синергия QFD и ИИ представляет собой перспективный, воспроизводимый и масштабируемый инструмент, обеспечивающий переход от реактивного к проактивному, data-driven UX-дизайну, способствующий повышению удовлетворённости клиентов, ускорению вывода продуктов на рынок и укреплению конкурентных позиций веб-приложений в цифровой экономике.

Литература

1. Ветцель К.Я. Возможности применения технологий искусственного интеллекта в маркетинге // Прогрессивная экономика. 2026. № 2. С. 111–129. https://doi.org/10.54861/27131211_2026_2_111.
2. Шинкевич А.И., Малышева Т.В., Харитонов Д.В. Проектирование продукции на платформе PLM: метод структурирования функции качества QFD // Компетентность. 2023. № 3. <https://doi.org/10.24412/1993-8780-2023-3-50-54>.
3. Пономарёв Е. В. Использование искусственного интеллекта для улучшения пользовательского опыта в мобильных приложениях // Инновационная наука. 2024. №9-2. С. 54–59.
4. Курченков В. В., Макаренко О. С., Курченкова М. В. Стратегические приоритеты развития государственных корпораций российской экономики в современных условиях // Вестник ВолГУ. Экономика. 2021. №3. С. 5–15.
5. Гурегянц Г.А. Цифровая трансформация: как технологии переписывают правила управления // Прогрессивная экономика. 2025. № 12. С. 389–399. https://doi.org/10.54861/27131211_2025_12_389.
6. Щербина А.В., Гречко М.В., Стасев М.А. Применение методов QFD и RDB - анализа для создания адресного предложения услуги (на примере высшей школы бизнеса ЮФУ) // JER. 2021. №1. С. 48–58.
7. Тушавин В.А. Научные основы автоматизированных комплексных систем управления качеством услуг в сфере информационных технологий // Вестник евразийской науки. 2014. № 6 (25).
8. Carnevalli J., Miguel P. Quality Function Deployment in Healthcare: A Literature Review and Case Study // International Journal of Health Care Quality Assurance. 2013. URL: <https://doi.org/10.1108/09526861311297343>.
9. Chen X., Li Y., et al. The interval grey QFD method for new product development // Engineering Applications of Artificial Intelligence. 2022. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0952197622002986> (дата обращения 17.01.2025).
10. Developing the NLP-QFD Model to Discover Key Success Factors // Applied Sciences. 2024. Т. 14. № 11. URL: <https://www.mdpi.com/2076-3417/14/11/4870> (дата обращения 19.01.2025).
11. Harnessing AI and NLP for User Feedback Analysis // arXiv. 2024. URL: <https://arxiv.org/pdf/2405.04692.pdf> (дата обращения 19.01.2025).
12. Integrating Sentiment Analysis and Quality Function Deployment for Product Development // ResearchGate. 2024. URL: https://www.researchgate.net/publication/379056523_Integrating_Sentiment_Analysis_and_Quality_Function_Deployment_for_Product_Development (дата обращения 19.01.2025).
13. Griffin A., Hauser J. R. The voice of the customer // Marketing Science. 1993. Vol. 12. № 1. P. 1–27. URL:



<https://pubsonline.informs.org/doi/10.1287/mksc.12.1.1> (дата обращения 19.01.2025).

14. Venkatesh V., Morris M. G., Davis G. B., Davis F. D. User acceptance of information technology: Toward a unified view // MIS Quarterly. – 2003. – Vol. 27, № 3. P. 425–478. URL: https://www.researchgate.net/publication/220259897_User_Acceptance_of_Information_Technology_Toward_a_Unified_View (дата обращения 20.01.2025).

15. Quan H., Li S., Zeng C., Wei H., Hu J. Big data and AI-driven product design: A survey // Applied Sciences. 2023. Vol. 13. № 16. URL: <https://www.mdpi.com/2076-3417/13/16/9433> (дата обращения 20.01.2025).

16. Li J., Hou Y., Lin L., Zhu R., Cao H., El Ali A. Vibe Coding for UX Design: Understanding UX Professionals' Perceptions of AI-Assisted Design and Development // arXiv preprint. 2025. URL: <https://arxiv.org/abs/2509.10652> (дата обращения 20.01.2025).

17. Yoon H., Kim D., Oh C., Jun S. UXer–AI Collaboration Process for Enhancing Trust // arXiv preprint. 2025. URL: <https://arxiv.org/abs/2510.11087> (дата обращения 20.01.2025).

References

1. Vetsel K.Ya. Vozможности primeneniya tekhnologii iskusstvennogo intellekta v marketinge [Opportunities for the Application of Artificial Intelligence Technologies in Marketing]. Progressivnaya ekonomika [Progressive Economy]. 2026;(2):111–129. https://doi.org/10.54861/27131211_2026_2_111. (In Russ., abstract in Eng.).

2. Shinkevich A.I., Malysheva T.V., Kharitonov D.V. Proektirovanie produktsii na platforme PLM: metod strukturirovaniya funktsii kachestva QFD [Product Design on the PLM Platform: Structuring the Quality Function Deployment (QFD) Method]. Kompetentnost' / Competency (Russia). 2023;(3). <https://doi.org/10.24412/1993-8780-2023-3-50-54>. (In Russ., abstract in Eng.).

3. Ponomarev E.V. Ispol'zovanie iskusstvennogo intellekta dlya uluchsheniya pol'zovatel'skogo opyta v mobil'nykh prilozheniyakh [Using Artificial Intelligence to Improve User Experience in Mobile Applications]. Innovatsionnaya nauka [Innovative Science]. 2024;(9-2):54–59. (In Russ., abstract in Eng.).

4. Kurchenkov V.V., Makarenko O.S., Kurchenkova M.V. Strategicheskie priority razvitiya gosudarstvennykh korporatsii rossiiskoi ekonomiki v sovremennykh usloviyakh [Strategic Priorities for the Development of State Corporations in the Russian Economy under Contemporary Conditions]. Vestnik VolGU. Ekonomika [Volgograd State University Bulletin. Economics]. 2021;(3):5–15. (In Russ., abstract in Eng.).

5. Guregyants G.A. Tsifrovaya transformatsiya: kak tekhnologii perepisyvayut pravila upravleniya [Digital Transformation: How Technologies Are



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.

The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

Rewriting the Rules of Management]. *Progressivnaya ekonomika [Progressive Economy]*. 2025;(12):389–399. https://doi.org/10.54861/27131211_2025_12_389. (In Russ., abstract in Eng.).

6. Shcherbina A.V., Grechko M.V., Stasev M.A. *Primenenie metodov QFD i RDB-analiza dlya sozdaniya adresnogo predlozheniya usluzhi (na primere vysshei shkoly biznesa YuFU) [Application of QFD and RDB Analysis Methods for Creating a Targeted Service Offering (Case of the Higher School of Business of SFedU)]*. *JER*. 2021;(1):48–58. (In Russ., abstract in Eng.).

7. Tushavin V.A. *Nauchnye osnovy avtomatizirovannykh kompleksnykh sistem upravleniya kachestvom uslug v sfere informatsionnykh tekhnologii [Scientific Foundations of Automated Integrated Quality Management Systems in the IT Services Sector]*. *Vestnik evraziiskoi nauki [Bulletin of Eurasian Science]*. 2014;(6(25)). (In Russ., abstract in Eng.).

8. Carnevalli J., Miguel P. *Quality Function Deployment in healthcare: A literature review and case study*. *International Journal of Health Care Quality Assurance*. 2013. Available at: <https://doi.org/10.1108/09526861311297343> (accessed 17.01.2026). (In Eng.).

9. Chen X., Li Y., et al. *The interval grey QFD method for new product development*. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. 2022. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0952197622002986> (accessed 19.01.2026). (In Eng.).

10. *Developing the NLP-QFD model to discover key success factors*. *Applied Sciences*. 2024;14(11). Available at: <https://www.mdpi.com/2076-3417/14/11/4870> (accessed 17.01.2026). (In Eng.).

11. *Harnessing AI and NLP for user feedback analysis*. *arXiv*. 2024. Available at: <https://arxiv.org/pdf/2405.04692.pdf> (accessed 19.01.2026). (In Eng.).

12. *Integrating sentiment analysis and quality function deployment for product development*. *ResearchGate*. 2024. Available at: https://www.researchgate.net/publication/379056523_Integrating_Sentiment_Analysis_and_Quality_Function_Deployment_for_Product_Development (accessed 19.01.2026). (In Eng.).

13. Griffin A., Hauser J.R. *The voice of the customer*. *Marketing Science*. 1993;12(1):1–27. Available at: <https://pubsonline.informs.org/doi/10.1287/mksc.12.1.1> (accessed 19.01.2026). (In Eng.).

14. Venkatesh V., Morris M.G., Davis G.B., Davis F.D. *User acceptance of information technology: Toward a unified view*. *MIS Quarterly*. 2003;27(3):425–478. Available at: https://www.researchgate.net/publication/220259897_User_Acceptance_of_Information_Technology_Toward_a_Unified_View (accessed 20.01.2026). (In Eng.).

15. Quan H., Li S., Zeng C., Wei H., Hu J. *Big data and AI-driven product design: A survey*. *Applied Sciences*. 2023;13(16). Available at: <https://www.mdpi.com/2076-3417/13/16/9433> (accessed 20.01.2026). (In Eng.).



16. Li J., Hou Y., Lin L., Zhu R., Cao H., El Ali A. Vibe coding for UX design: Understanding UX professionals' perceptions of AI-assisted design and development. arXiv preprint. 2025. Available at: <https://arxiv.org/abs/2509.10652> (accessed 20.01.2026). (In Eng.).
17. Yoon H., Kim D., Oh C., Jun S. UXer–AI collaboration process for enhancing trust. arXiv preprint. 2025. Available at: <https://arxiv.org/abs/2510.11087> (accessed 20.01.2026). (In Eng.).

© Ёлкина А.К., Арбильдо Прието Д.Э.А., Поцулин А.Д., 2026

