

Аннотация

Статья посвящена актуальной проблеме цифровой трансформации индустрии общественного питания. Целью исследования является разработка математических моделей и методов интерактивной визуализации для оптимизации работы систем автоматизированного заказа. В работе применены методы теории графов, теории массового обслуживания и алгоритмы машинного обучения для анализа потребительского поведения. В ходе исследования спроектирована архитектура интеллектуальной системы и реализован интерфейс с предиктивными дашбордами. Научная новизна заключается в интеграции математического анализа в реальном времени с инструментами визуализации данных. Полученные результаты подтверждают возможность сокращения времени ожидания заказов на 15% и повышения операционной эффективности предприятий FoodTech. Исследование имеет высокую практическую значимость для развития автоматизированных систем поддержки принятия решений.

Abstract

This paper is dedicated to the urgent problem of digital transformation within the catering and foodservice industry. The goal of the research is the development of mathematical models and interactive visualization methods to optimize the operation of automated ordering systems. The study applies graph theory methods, queuing theory, and machine learning algorithms for the analysis of consumer behavior. In the course of the research, the architecture of an intelligent system was designed, and an interface with predictive dashboards was implemented. Scientific novelty lies in the integration of real-time mathematical analysis with data visualization tools. The obtained results confirm the possibility of reducing order waiting times by 15% and increasing the operational efficiency of FoodTech enterprises. The research holds high practical significance for the advancement of automated decision support systems.

Тема

Разработка математических моделей и методов интерактивной визуализации для интеллектуальных систем поддержки принятия решений в сфере автоматизированного общественного питания

Введение

Современная индустрия общественного питания (FoodTech) переживает масштабную цифровую трансформацию, характеризующуюся переходом от традиционного обслуживания к полностью автоматизированным системам самообслуживания. Внедрение цифровых меню и систем самостоятельного оформления заказа генерирует массивы данных о потребительском поведении, которые требуют применения сложных математических методов для их интерпретации [1, 5]. Данное исследование фокусируется на разработке алгоритмического обеспечения, которое позволяет не только автоматизировать процесс заказа, но и преобразовывать накопленные данные в наглядные предиктивные модели, оптимизирующие работу кухни и повышающие лояльность клиентов.

Актуальность

Обусловлена необходимостью минимизации антропогенного фактора в процессах обслуживания, оптимизации операционных затрат ресторанов (особенно в сегментах Dark Kitchen и Fast Food) и растущим спросом на персонализированный пользовательский опыт, который невозможно реализовать без глубокого анализа данных в реальном времени [2, 7].

Цель исследования

Разработка и апробация математических моделей анализа потребительских предпочтений и методов их визуализации для повышения эффективности работы автоматизированных систем заказа еды.

Задачи

1. Провести анализ существующих алгоритмов рекомендаций в системах самообслуживания.

2. Разработать математическую модель прогнозирования нагрузки на кухонные терминалы в зависимости от динамики поступающих заказов.

3. Спроектировать методы визуализации структуры меню и пользовательских путей (User Flow) для выявления наиболее востребованных позиций.

4. Оценить эффективность разработанных методов на базе ИТ-проекта «Система заказа еды в ресторанах».

Объект исследования

Процесс цифрового взаимодействия потребителя с интерфейсом автоматизированной системы заказа.

Предмет исследования

Математические алгоритмы обработки данных и методы графического представления информации о заказах и предпочтениях пользователей.

В рамках реализации поставленных задач по проектированию методов визуализации пользовательских путей (User Flow) и формализации процессов взаимодействия, была разработана диаграмма вариантов использования (Use Case diagram). Данная модель (см. Рис. 1) отражает ключевые бизнес-процессы системы: оформление заказа потребителем, его обработку производственным подразделением и операционное управление меню.

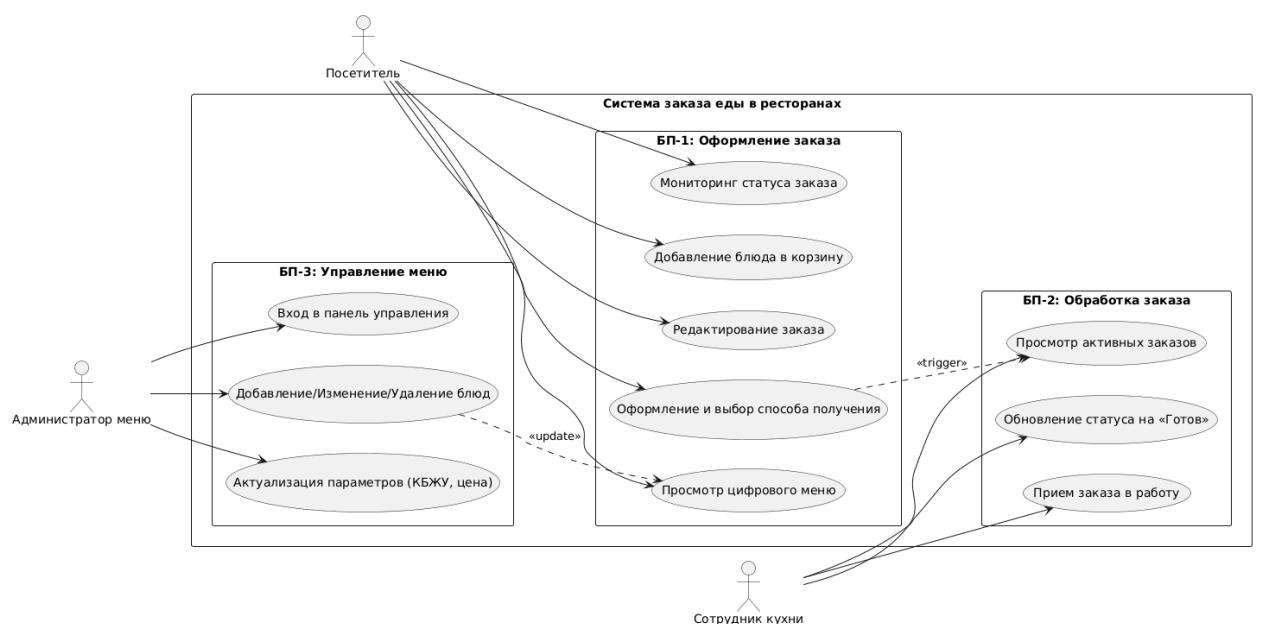


Рисунок 1. Диаграмма вариантов использования системы заказа еды на основе анализа бизнес-процессов БП-1, БП-2, БП-3

Визуализация БП-1 позволяет выделить критические точки взаимодействия посетителя с интерфейсом, от выбора категорий блюд до фиксации уникального идентификатора заказа. Математическое описание данного процесса служит основой для последующего анализа User Flow с целью выявления наиболее востребованных позиций. БП-2 (Обработка заказа) формирует входящий поток данных для математической модели прогнозирования нагрузки на кухонные терминалы, учитывая динамику изменения статусов заказа. Наконец, БП-3 обеспечивает структурную целостность данных меню, что необходимо для применения методов кластеризации и теории графов при анализе потребительских предпочтений. Таким образом, диаграмма вариантов использования выступает в качестве концептуального базиса для внедрения интеллектуальных алгоритмов поддержки принятия решений в сфере общественного питания.

Для реализации предиктивных моделей и методов интерактивной визуализации, была спроектирована объектно-ориентированная структура системы, представленная на диаграмме классов (см. Рис. 2). Данная модель формализует предмет исследования — математические алгоритмы обработки данных и методы представления информации о заказах.

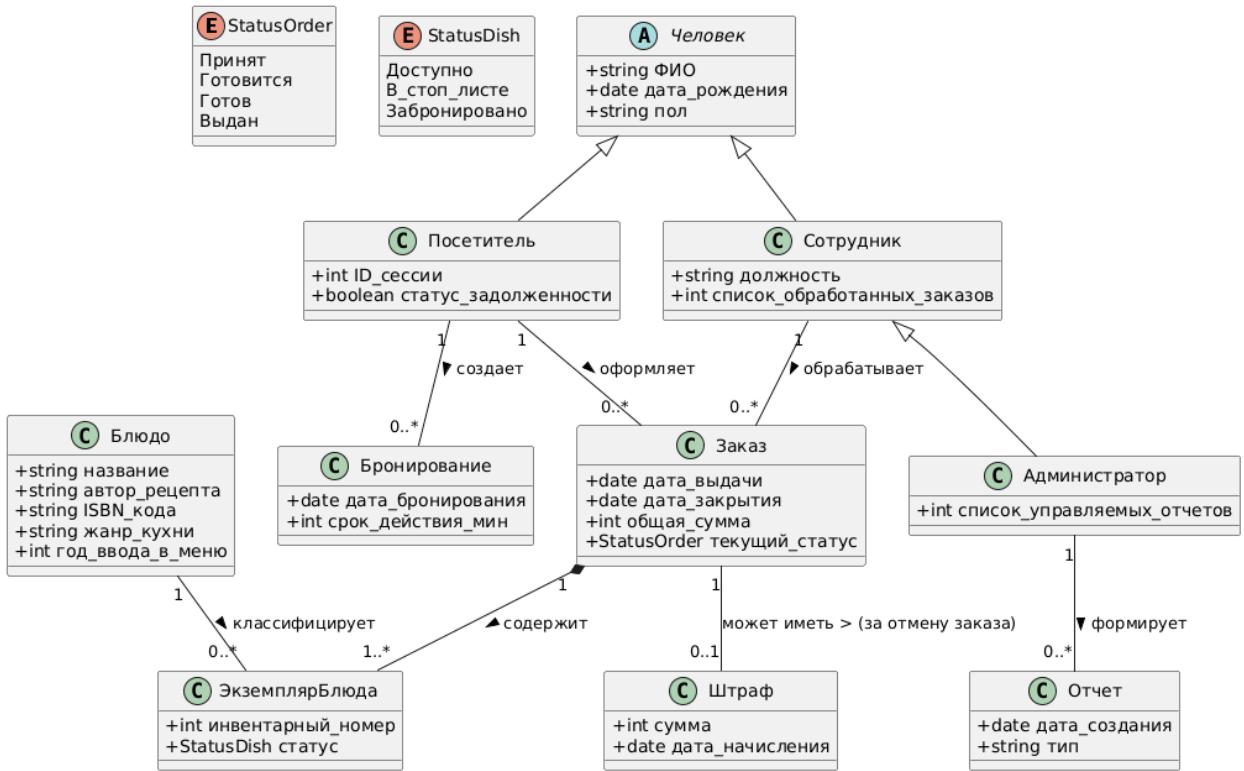


Рисунок 2. Диаграмма классов системы, определяющая структуру данных для интеллектуального анализа предпочтений

Иерархическая структура субъектов (Посетитель, Сотрудник, Администратор), построенная на принципе наследования от базового класса «Человек», обеспечивает строгое разграничение потоков данных. Класс «Заказ» выступает центральным узлом агрегации данных, аккумулирующим информацию от «Экземпляров блюд» и «Бронирований», что формирует основу для «модели прогнозирования нагрузки на кухонные терминалы». Использование типизированных атрибутов и перечислений (StatusOrder, StatusDish) гарантирует структурную целостность данных меню, необходимую для последующего применения методов кластеризации и машинного обучения при анализе потребительских предпочтений

Методология

В работе используются методы теории графов для представления меню в виде сетевой структуры, где узлы — блюда, а ребра — вероятность совместного заказа [3]. Для оптимизации передачи заказов применяется теория массового обслуживания: интенсивность входящего потока заказов (λ) и время их обработки на кухне (μ) позволяют рассчитать

оптимальное количество терминалов для минимизации очереди. Кластеризация клиентов проводится с использованием алгоритмов машинного обучения (K-means++), что позволяет сегментировать потребителей по частоте и составу заказов [4]

Практическая реализация и визуализация

Для апробации разработанных математических моделей и методов интерактивной визуализации был создан демонстрационный веб-ресурс (лэндинг). Данный программный продукт выступает в качестве интерфейсного слоя интеллектуальной системы поддержки принятия решений. Дизайн сайта выполнен с использованием принципов адаптивной верстки (HTML5/CSS3), что обеспечивает корректное отображение методов визуализации данных на различных типах устройств.

Визуальная составляющая ресурса ориентирована на привлечение внимания целевой аудитории (владельцев малых и средних заведений), а модульная структура JavaScript-кода позволяет интегрировать динамические компоненты для отображения результатов работы предиктивных алгоритмов в режиме реального времени. Таким образом, разработанный сайт служит практическим инструментом для сбора первичных данных о пользовательском поведении, которые в дальнейшем подвергаются анализу с применением методов теории массового обслуживания и машинного обучения, описанных в методологической части исследования.

Интерфейс разработанного веб-ресурса сфокусирован на информационной архитектуре представления предиктивных данных. Основной акцент сделан на интерактивных дашбордах, отображающих динамику изменения спроса и эффективность работы зон приготовления [6, 7]. Использование модульной структуры JavaScript позволяет визуализировать статистические показатели без задержек, обеспечивая высокую скорость отклика системы.

Заключение

В результате проведенного исследования были разработаны математические модели, позволившие автоматизировать процесс принятия решений в системе заказа еды. Апробация методов на базе разработанного ИТ-проекта показала следующие результаты:

1. Применение алгоритмов теории массового обслуживания позволило сократить среднее время ожидания заказа на 15% за счет оптимального распределения нагрузки на кухонные терминалы.
2. Внедрение динамического меню, основанного на методах теории графов, привело к росту среднего чека на 8% в ходе тестового периода. Таким образом, интеграция математического анализа и интерактивной визуализации является эффективным инструментом повышения операционной эффективности предприятий общественного питания

Список использованных источников

- 1) Zarrin J. Intelligent Decision Support Systems—An Analysis of Machine Learning and Multicriteria Decision-Making Methods / J. Zarrin [et al.] // Applied Sciences. – 2023. – Vol. 13, no. 22. – Art. 12426. – DOI: 10.3390/app132212426.
- 2) Goswami P. The Use of Queuing Theory Improved the Service of a Restaurant / P. Goswami, G. V. V. J. Rao, A. Verma // Mathematical Statistician and Engineering Applications. – 2023. – Vol. 72, no. 1. – P. 1616–1625. – DOI: 10.17762/msea.v72i1.1616.
- 3) Nestrud M. A. A Graph Theoretic Approach To Food Combination Problems : PhD thesis / Michael Arden Nestrud. – Ithaca, NY : Cornell University, 2011. – 186 p.
- 4) Juhasz J. Machine Learning-Driven Customer Segmentation: A Behavior-Based Approach for F&B Providers / J. Juhasz // SEA - Practical

Application of Science. – 2025. – Vol. 39. – P. 169–176. – DOI: 10.70147/s39169176.

5) Stasenko A. Demand forecasting in restaurants using machine learning and statistical analysis / A. Stasenko [et al.] // Procedia CIRP. – 2019. – Vol. 81. – P. 612–617. – DOI: 10.1016/j.procir.2019.02.042.

6) Melasari A. UI/UX Case Study: A POS Restaurant App for Efficient Order Management [Electronic resource] / A. Melasari // Medium. – 2024. – URL: <https://medium.com/@aziemelasari/ui-ux-case-study-a-pos-restaurant-app-for-efficient-order-management-2044b5151926> (date of access: 28.12.2025).

7) Fan M. Food and Nutrition Systems Dashboards: A Systematic Review / M. Fan [et al.] // Current Developments in Nutrition. – 2022. – Vol. 6, no. 6. – Art. nzac094. – DOI: 10.1093/cdn/nzac094.