УДК 004.8:658.87

РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ ЦИФРОВОЙ ЭКОСИСТЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОКУПАТЕЛЬСКОГО ПОВЕДЕНИЯ В ОФЛАЙН-РИТЕЙЛЕ

Кошкарев Дмитрий Сергеевич

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань

Цифровизация офлайн-ритейла способствует появлению систем, способных фиксировать и обрабатывать сведения о поведении покупателя прямо в торговом зале. Применение компьютерного зрения, сенсорных технологий и методов машинного обучения позволяет выйти за рамки анализа одних лишь транзакционных данных и учитывать перемещения покупателей, время пребывания в отдельных зонах и характер взаимодействия с товаром. Ряд исследований подтверждает возможность автоматизированного анализа поведения покупателей с помощью камер и сенсорных данных [3, 4].

Архитектура предлагаемой системы построена по модульному принципу и включает несколько взаимосвязанных уровней: сбор данных, интеллектуальную обработку, формирование признаков, прогнозирование, хранение и аналитическую обработку информации, а также интеграцию с внешними информационными системами.

На первом, базовом уровне происходит сбор данных, основным источником которых выступают камеры видеонаблюдения. Видеопоток даёт возможность определять координаты посетителей, временные метки и траектории их перемещения; на основе анализа траекторий можно выявлять особенности движения покупателей и строить тепловые карты [1, 2, 5]. По сути, этот уровень задаёт «сырьё» для всех последующих этапов обработки, поэтому от качества и разрешения исходного видеопотока напрямую зависит точность работы всей системы.

Следующий модуль - интеллектуальная обработка данных, включающая определение возрастной группы, оценку эмоциональной реакции, распознавание поведения и обработку траекторий, а также учёт длительности пребывания, посещённых зон и взаимодействия с товарами. Методы компьютерного зрения обеспечивают обнаружение и сопровождение покупателей в пространстве магазина и распознавание различных типов их поведения [5, 6].

Полученные характеристики объединяются в единый вектор признаков покупателя, включающий возрастную группу, эмоциональную реакцию, длительность пребывания, траекторию, посещённые зоны и взаимодействие с товарами. Сопоставление покупателя с конкретным товаром может выполняться средствами компьютерного зрения в сочетании с сенсорными данными [4]. Такое объединение разнородных признаков в единую структуру фактически превращает набор разрозненных наблюдений в цифровой «профиль» посетителя, пригодный для дальнейшего анализа моделями машинного обучения.

Сформированный вектор признаков поступает в модуль прогнозирования вероятности покупки, который оценивает как саму вероятность совершения покупки, так и общий уровень интереса посетителя. Выбор и сопоставление конкретных методов машинного обучения для решения этой задачи вынесены за рамки текущего этапа исследования.

Результаты работы системы сохраняются в хранилище данных, содержащем траектории, поведенческие признаки, сведения о взаимодействии с товарами и результаты прогнозирования. Накопленные данные могут в дальнейшем использоваться для дообучения и обновления моделей.

Аналитический уровень отвечает за визуализацию тепловых карт, распределения посетителей по зонам, характеристик выделенных сегментов и прогнозируемой вероятности покупки [1, 2, 5].

Интеграционный уровень обеспечивает взаимодействие системы с внешними информационными контурами магазина - POS-терминалами, CRM

и программами лояльности, что позволяет сопоставлять поведенческие данные с реально совершёнными покупками и использовать эту связку для дальнейшего анализа [1].

Таким образом, предложенная архитектура формирует целостный контур обработки данных: от получения сведений о покупателе непосредственно в торговом пространстве до формирования прогнозного результата и его передачи в аналитические системы магазина. Модульная организация разделяет функции сбора, обработки, прогнозирования, хранения и визуализации данных, что позволяет в дальнейшем модифицировать или заменять отдельные компоненты системы без пересмотра архитектуры в целом.

Список использованной литературы

1. Майорова Е.А., Никишин А.Ф., Панкина Т.В. Инновационный подход к анализу движения покупательских потоков // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2022. – № 4 (часть 1). – С. 88–92. – DOI: 10.17513/vaael.2141.
2. García Carbajal S. *Customer Segmentation through Path Reconstruction* // Sensors. – 2021. – Vol. 21, No. 6. – Art. 2007. – DOI: 10.3390/s21062007.
3. Liciotti D., Zingaretti P., Placidi V. An automatic analysis of shoppers behaviour using a distributed RGB-D cameras system // Proceedings of the IEEE International Conference on Image Processing. – 2014. – P. 1–6.
4. Jose J.A.C., Bertumen C.J.B., Roque M.T.C., Umali A.E.B., Villanueva J.C.T., TanAi R.J., Sybingco E., San Juan J., Gonzales E.C. *Smart Shelf System for Customer Behavior Tracking in Supermarkets* // Sensors. – 2024. – Vol. 24, No. 2. – Art. 367. – DOI: 10.3390/s24020367.
5. Shili M., Jayasingh S., Hammedi S. Advanced Customer Behavior Tracking and Heatmap Analysis with YOLOv5 and DeepSORT in Retail Environment // Electronics. – 2024. – Vol. 13, No. 23. – Art. 4730. – DOI: 10.3390/electronics13234730.
6. Sato T., Yamada K., Takahashi H. A Customer Behavior Recognition Method for Flexibly Adapting to Target Changes in Retail Stores // Sensors. – 2022. – Vol. 22, No. 18. – Art. 6928. – DOI: 10.3390/s22186928.