

Автоматизированное распознавание и контроль взаимодействия людей по видеоизображению

А. Д. Ульев¹ ✉, А. Р. Донская¹, А. В. Зубков¹

¹ Волгоградский государственный технический университет
пр-т им. В. И. Ленина, д. 28, г. Волгоград 400005, Российская Федерация

✉ e-mail: ulyev-ad@yandex.ru

Резюме

Целью исследования является повышение эффективности распознавания и контроля взаимодействия покупателей и продавцов магазинов за счет разработки модели автоматизированного распознавания и контроля взаимодействия людей по видеоизображению.

Методы. Исследование направлено на решение фундаментальной научной задачи разработки моделей и методов контроля и распознавания взаимодействия людей по видеоизображению.

В настоящий момент сфера торговли стремительно развивается, появляется все больше онлайн-ресурсов, которые забирают на себя значимую часть потока клиентов, в связи с чем обычным магазинам и торговым центрам необходимо внедрять новые способы и методы взаимодействия с покупателями, а следовательно, предоставлять более качественный сервис.

Современные компании стараются решать подобную проблему разными путями: подсчетом посетителей, приборами контроля, различными нейросетевыми решениями и так далее. Однако ни одно из имеющихся на данный момент на рынке предложений не способно автоматически классифицировать человека как покупателя или продавца по видеоизображению, а также оценить степень удовлетворенности клиента предоставленным сервисом.

Для исправления данной ситуации были разработаны методы и модели, позволяющие разработать на их базе программные средства, с помощью которых станет возможно определить удовлетворенность посетителей и клиентов, распознать среди людей клиентов и продавцов и определить качество работы сотрудников.

Результаты. Разработаны модели и методы классификации клиентов и продавцов по униформе, методы определения уровня взаимодействия продавцов и клиентов на базе алгоритмов определения удовлетворенности посетителей и клиентов по голосу и лицу и алгоритмов определения качества работы сотрудников.

Заключение. В результате разработаны модели, позволяющие улучшить качество взаимодействия продавцов и клиентов по видеоизображению.

Ключевые слова: нейронная сеть; искусственный интеллект; распознавание позы человека; мониторинг поведения.

Финансирование: Исследование выполнено при финансовой поддержке ВолгГТУ в рамках научного проекта № 60/478-22, № 60/473-22.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Для цитирования: Ульев А. Д., Донская А. Р., Зубков А. В. Автоматизированное распознавание и контроль взаимодействия людей по видеоизображению // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2023. Т. 13, № 2. С. 45–64. <https://doi.org/10.21869/2223-1536-2023-13-2-45-64>.

Поступила в редакцию 15.04.2023

Подписана в печать 11.05.2023

Опубликована 30.06.2023

Automated Recognition and Control of Human Interaction by Video Image

Andrey D. Ulyev¹ ✉, Anastasia R. Donsckaia, Alexander V. Zubkov

¹ Volgograd State Technical University
28 V. I. Lenin Ave., Volgograd 400005, Russian Federation

✉ e-mail: ulyev-ad@yandex.ru

Abstract

The purpose of research is to increase the efficiency of recognition and control of interaction between buyers and sellers of stores by developing a model of automated recognition and control of human interaction by video image.

Methods. The research is aimed at solving the fundamental scientific problem of developing models and methods for monitoring and recognizing human interaction by video image.

At the moment, the sphere of trade is rapidly developing, there are more and more online resources that take over a significant part of the flow of customers, and therefore, ordinary stores and shopping centers need to introduce new ways and methods of interacting with customers, and therefore provide a better service.

Modern companies are trying to solve this problem in different ways: counting visitors, monitoring devices, various neural network solutions, and so on. However, none of the currently available offers on the market is able to automatically classify a person as a buyer or seller by video image, as well as to assess the degree of customer satisfaction with the service provided.

To remedy this situation, methods and models have been developed that make it possible to develop software based on them, with the help of which it will be possible to determine the satisfaction of visitors and customers, recognize customers and sellers among people and determine the quality of employees' work.

Results. Models and methods for classifying customers and sellers by uniform, methods for determining the level of interaction between sellers and customers based on algorithms for determining the satisfaction of visitors and customers by voice and face, and algorithms for determining the quality of employees' work have been developed.

Conclusion. As a result, models have been developed that allow improving the quality of interaction between sellers and customers by video image.

Keywords: neural network; artificial intelligence; human posture recognition; behavior monitoring.

Funding: The reported study was funded by VSTU according to the research project No. 60/478-22, 60/473-22.

Conflict of interest: *The Authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.*

For citation: Ulyev A. D., Donskaia A. R., Zubkov A. V. Automated Recognition and Control of Human Interaction by Video Image. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Upravlenie, vychislitel'naja tekhnika, informatika. Meditsinskoe priborostroenie = Proceedings of the Southwest State University. Series: Control, Computer Engineering, Information Science. Medical Instruments Engineering.* 2023; 13(2): 45–64. (In Russ.) <https://doi.org/10.21869/2223-1536-2023-13-2-45-64>.

Received 15.04.2023

Accepted 11.05.2023

Published 30.06.2023

Введение

Анализ поведения человека и его идентификация по информации, полученной с видеокamer, является весьма актуальной проблемой для современного общества.

В настоящий момент сфера торговли стремительно развивается, появляется все больше онлайн-ресурсов, которые забирают на себя значимую часть потока клиентов, в связи с чем обычным магазинам и торговым центрам необходимо внедрять новые способы и методы взаимодействия с покупателями, а следовательно, предоставлять более качественный сервис [1].

Современные компании стараются решать подобную проблему разными путями: подсчетом посетителей [2], приборами контроля [3], различными нейросетевыми решениями [4; 5] и т. д. Множество компаний во всем мире ведут разработку в направлении видеоаналитики и интеллектуального анализа происходящего в кадре события, например, Apple, Facebook, Google, Intel и т. д. Большинство решений также связаны с распознаванием лиц на изображении, например, в аэропортах США используется система, которая идентифицирует лица пассажиров. В Китае подобные тех-

нологии зашли еще дальше, и идентификация происходит не только по лицу, но и по походке. Австралия использует биометрию и анализ лиц для прохождения таможни и паспортного контроля.

Однако ни одно из имеющихся на данный момент на рынке предложений не способно автоматически классифицировать человека как покупателя или продавца по видеоизображению, не идентифицируя при этом лицо человека, а также оценить степень удовлетворенности клиента предоставленным сервисом. На данный момент нет ни только автоматического решения, которое помогло бы сделать вывод об удовлетворенности или неудовлетворенности клиента, т. е. подсказать, чем именно был недоволен клиент, но и модели автоматической оценки удовлетворенности также отсутствуют на данный момент, все представленные исследования базируются на опросах и проводятся уже постфактум [6; 7; 8].

Из всего вышесказанного следует, что на данный момент существует потребность в разработке единого подхода к автоматизированному распознаванию, контролю взаимодействия сотрудников и посетителей по видеоизображению для повышения качества обслуживания [9].

Целью работы является повышение эффективности распознавания и контроля взаимодействия покупателей и продавцов магазинов за счет разработки модели автоматизированного распознавания и контроля взаимодействия людей по видеоизображению.

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи:

1. Провести анализ существующих моделей, методов и средств контроля за взаимодействие людей на изображении.

2. Разработать модель для автоматизированного распознавания и контроля взаимодействия людей по видеоизображению.

3. Разработать метод классификации сотрудников и покупателей по видеоизображению.

4. Разработать метод контроля уровня взаимодействия сотрудника и посетителя по видеоизображению.

Материалы и методы

Модель автоматизированного распознавания и контроля взаимодействия людей по видеоизображению описывается следующей формулой (1):

$$Q = F_{compl} \times \left(\begin{array}{l} \langle F_{st}(\omega_j); F_{cls}(\langle \tilde{\omega}; \eta_i; \theta \rangle); F_{ident}(\langle \eta_i; \tilde{\varphi}_a; v \rangle) \\ F_{tr}(\langle \tilde{\omega}; \eta_i; \rho(t) \rangle); F_{qual}(\langle \tilde{\omega}(t); \eta_i(t); v; \gamma \rangle); \\ F_{sarvoic}(\langle \tilde{\omega}; \eta_i; \lambda; \gamma \rangle); F_{safface}(\langle \mu; v; \gamma \rangle); \\ F_{ac}(\langle \gamma; \tau; v; \zeta; \psi; \kappa \rangle) \end{array} \right), \quad (1)$$

где Q – общая оценка взаимодействия сотрудника и посетителя; F_{compl} – комплексный метод распознавания и контроля взаимодействия людей по видеоизображению, содержащий совокупность всех имеющихся методов и алгоритмов; F_{st} – алгоритм стабилизации

ключевых точек; F_{cls} – алгоритм классификации сотрудников и покупателей; F_{ident} – алгоритм идентификации личности; F_{tr} – алгоритм межкамерного и межкадрового трекинга; F_{qual} – алгоритм определения качества работы сотрудника; $F_{sarvoic}$ – алгоритм определения удовлетворенности клиента по голосу; $F_{safface}$ – алгоритм определения удовлетворенности клиента по изображению лица; F_{ac} – метод аккумуляции и консолидации данных; η_i – изображение с i -й камеры; v – база фотографий лиц сотрудников магазина; λ – аудиопоток голоса посетителя; ω_j – координаты ключевых точек j -го человека:

$$\omega = \langle \varphi_a; \varphi_b; \varphi_c; \varphi_d; \varphi_e \rangle, \quad (2)$$

где φ_a – координаты ключевых точек лица; φ_b – координаты точек плечей и рук; φ_c – координаты точек кистей; φ_d – координаты точек таза; φ_e – координаты точек ног и ступней;

$$\tilde{\omega}_j = \langle \tilde{\varphi}_{aj}; \tilde{\varphi}_{bj}; \tilde{\varphi}_{cj}; \tilde{\varphi}_{dj}; \varphi_{ej} \rangle = F_{st}(\omega_j), \\ F_{st}(\omega_j) = F_{st}(\langle \varphi_{aj}; \varphi_{bj}; \varphi_{cj}; \varphi_{dj}; \varphi_{ej} \rangle), \quad (3)$$

где $\tilde{\omega}_j$ – стабилизированные ключевые точки j -го человека; $\tilde{\varphi}_a$ – стабилизированные координаты ключевых точек лица; $\tilde{\varphi}_b$ – стабилизированные координаты точек плечей и рук; $\tilde{\varphi}_c$ – стабилизированные координаты точек кистей; $\tilde{\varphi}_d$ – стабилизированные координаты точек таза; $\tilde{\varphi}_e$ – стабилизированные координаты точек ног и ступней; j – порядковый номер человека на изображении; $F_{st}(\omega_j)$ – ключевые точки, обработанные алгоритмом стабилизации; $F_{st}(\langle \varphi_{aj}; \varphi_{bj}; \varphi_{cj}; \varphi_{dj}; \varphi_{ej} \rangle)$ – ключевые точки j -го человека, обработанные алгоритмом стабилизации в разрезе

принадлежности частям тела (точки лица, точки плечей и рук, точки кистей, точки таза, точки ног и ступней).

$$\gamma = F_{cls}(< \tilde{\omega}_j; \eta_i; \theta >), \quad (4)$$

где γ – классификация сотрудника и клиента; $\tilde{\omega}_j$ – стабилизированные ключевые точки j -го человека; η_i – изображение с i -й камеры; θ – цветовой диапазон сотрудников магазина.

$$\tau = F_{ident}(< \eta_i; \tilde{\varphi}_{a_j}; v >), \quad (5)$$

где τ – информация об идентификации личности; η_i – изображение с i -й камеры; $\tilde{\varphi}_{a_j}$ – стабилизированные координаты ключевых точек лица j -го человека; v – база фотографий лиц сотрудников.

$$\iota = F_{tr}(< \tilde{\omega}_j; \eta_i; \rho(t); >), \quad (6)$$

где ι – информация о межкамерном и межкадровом трекинге; $\tilde{\omega}_j$ – стабилизированные ключевые точки j -го человека; η_i – изображение с i -й камеры; t – время работы; ρ – информация о ранее установленных цветовых диапазонах для межкамерного и межкадрового трекинга; $\rho(t)$ – цветовые диапазоны в разрезе времени.

$$\zeta = F_{qual}(< \tilde{\omega}_j(t); \eta_i(t); \iota; \gamma >), \quad (7)$$

где ζ – рекомендательная оценка работы сотрудника по взаимодействию с клиентом; $\tilde{\omega}_j$ – стабилизированные ключевые точки j -го человека; η_i – изображение с i -й камеры; t – время работы; $\tilde{\omega}_j(t)$ – стабилизированные ключевые точки j -го человека в разрезе времени; $\eta_i(t)$ – изображения с i -й камеры в разрезе времени; ι – информация о межкамерном и межкадровом трекинге; γ – классификация сотрудников и клиентов.

$$\psi = F_{satvoic}(< \tilde{\omega}_j; \eta_i; \lambda; \gamma >), \quad (8)$$

где ψ – уровень удовлетворенности клиента по голосу; $\tilde{\omega}_j$ – стабилизированные ключевые точки j -го человека; η_i – изображение с i -й камеры; λ – аудиопоток голоса клиента с кассы; ι – информация о межкамерном и межкадровом трекинге; γ – классификация сотрудников и клиентов.

$$\kappa = F_{satface}(< \mu; \iota; \gamma >), \quad (9)$$

где κ – уровень удовлетворенности клиента по изображению лица; μ – видеопоток с камеры, установленной при входе; γ – классификация сотрудников и клиентов; ι – информация о межкамерном и межкадровом трекинге.

$$Q = F_{ac}(< \gamma; \tau; \iota; \zeta; \psi; \kappa >), \quad (10)$$

где Q – общая оценка взаимодействия сотрудника и посетителя; F_{ac} – метод аккумуляции и консолидации данных; ι – информация о межкамерном и межкадровом трекинге; γ – классификация сотрудников и клиентов; κ – уровень удовлетворенности клиента по изображению лица; ζ – рекомендательная оценка работы сотрудника магазина по взаимодействию с клиентом; ψ – уровень удовлетворенности клиента по голосу; τ – информация об идентификации личности.

На рисунке 1 представлен разработанный комплексный метод распознавания и контроля взаимодействия людей по видеоизображению, на рисунке 2 показана работа метода в режиме многопоточности.

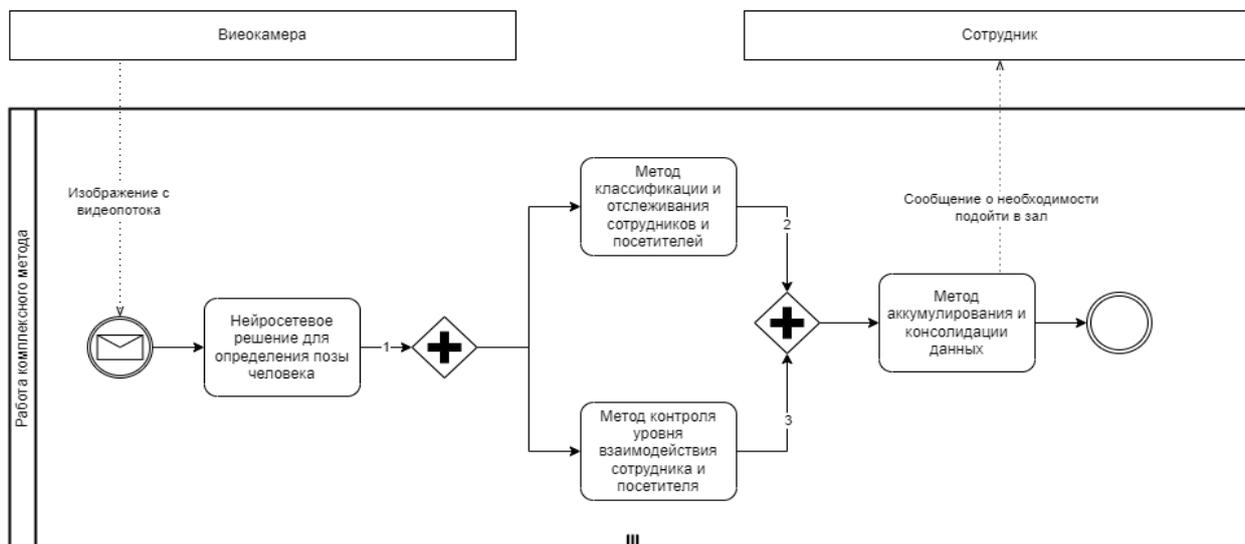
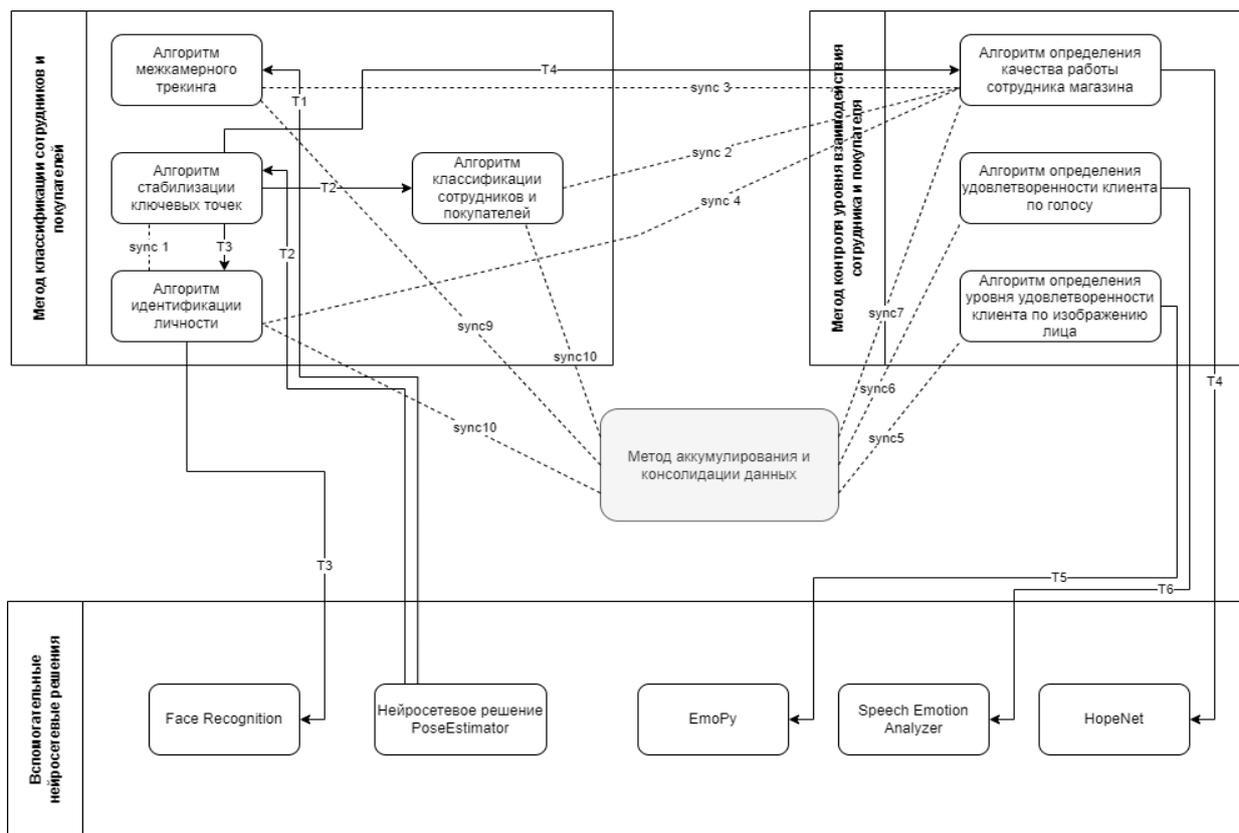


Рис. 1. Комплексный метод распознавания и контроля взаимодействия людей по видеоизображению (BPMN-диаграмма)

Fig. 1. Complex method of recognition and control of human interaction by video image (BPMN-diagram)



Где T - поток или группа потоков
sync - методы синхронизации между потоками

Рис. 2. Комплексный метод распознавания и контроля взаимодействия людей по видеоизображению в режиме многопоточности

Fig. 2. Complex method of recognition and control of human interaction by video image in multithreading mode

Первым этапом происходит определение позы человека по изображению, полученному с видеокамеры, на основе нейросетевого решения. Такое решение позволяет рассчитать координаты соединения костей человека, а также координаты ушей и глаз в трехмерном пространстве на изображении.

После чего данные о ключевых точках человека (рис. 1) передаются в два параллельно работающих метода (при-

мер в табл.): «Метод классификации и отслеживания перемещения сотрудников и посетителей» и «Метод контроля уровня взаимодействия сотрудника и посетителя». После завершения работы методов данные о классификации и отслеживании перемещения и информация о качестве работы сотрудника и удовлетворенности посетителя (рис. 1) передаются в «Метод аккумуляирования и консолидации информации».

Таблица. Пример координат ключевых точек распознанного человека на изображении

Table. Example of the coordinates of the key points of the recognized person in the image

Координаты ключевых точек тела человека Coordinates of key points of the human body	Определение ключевых точек тела человека Identification of key points of the human body
[[0, 329, 117], [1, 348, 76], [2, 362, 73], [3, 376, 70], [4, 310, 83], [5, 298, 85], [6, 286, 86], [7, 408, 67], [8, 282, 90], [9, 364, 137], [10, 317, 146], [11, 519, 172], [12, 242, 217], [13, 613, 352], [14, 190, 417], [15, 675, 532], [16, 132, 592], [17, 712, 572], [18, 101, 629], [19, 689, 579], [20, 118, 624], [21, 661, 568], [22, 138, 613], [23, 473, 398], [24, 355, 411], [25, 472, 495], [26, 356, 492], [27, 445, 489], [28, 352, 489], [29, 438, 482], [30, 357, 482], [31, 446, 547], [32, 351, 546]]	0–10 элементы массива – φ_a – координаты точек лица (уши, глаза, рот). 11–16 элементы массива – φ_b – координаты точек плечь и рук. 17–22 – φ_c – координаты точек кистей. 23–24 – φ_d – координаты точек таза. 26–32 – φ_e – координаты точек ног и ступней

На рисунке 3 представлен метод классификации и отслеживания перемещения сотрудников и посетителей. В рассматриваемом методе в параллельном режиме работают следующие алгоритмы: алгоритм межкамерного и межкадрового трекинга, алгоритм стабилизации ключевых точек и алгоритм иден-

тификации личности. Во все вышеописанные алгоритмы на вход поступают данные о расположении ключевых точек человека с нейросетевого решения для определения позы человека (рис. 3). В таблице представлен пример координат ключевых точек распознанного на изображении человека.

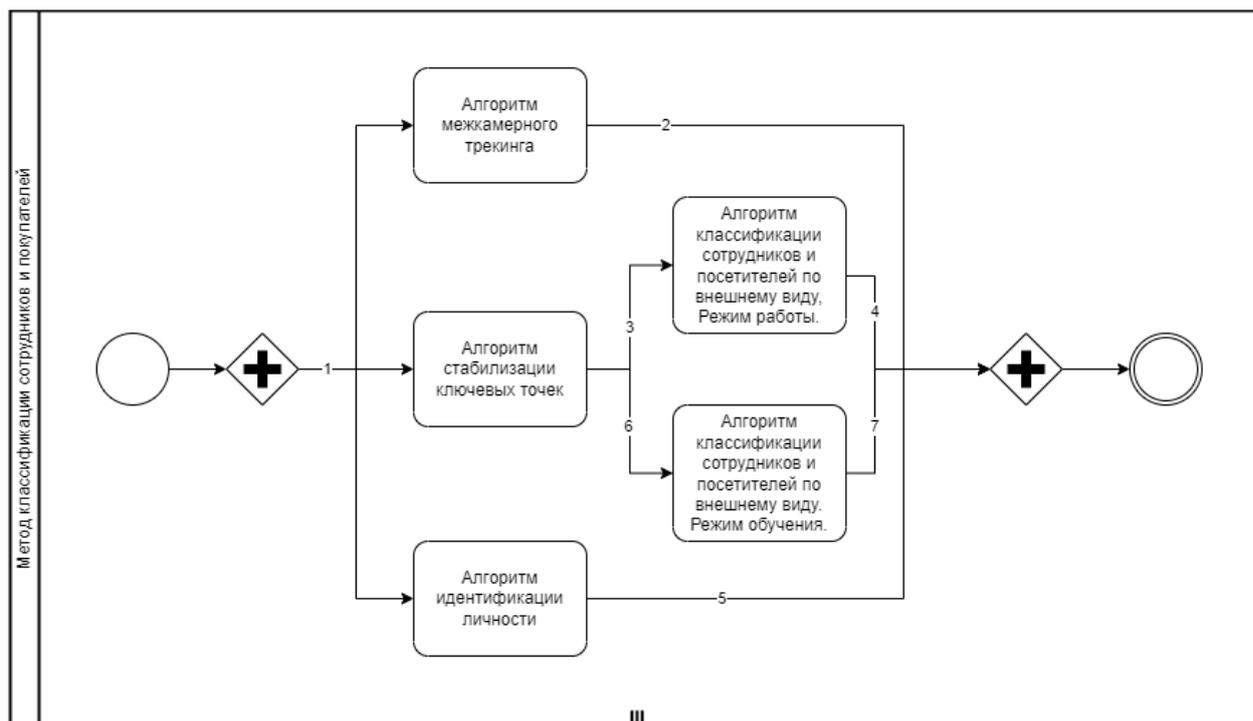


Рис. 3. Метод классификации и отслеживания перемещения сотрудников и покупателей (BPMN-диаграмма) [10; 11; 12]

Fig. 3. Method of classifying and tracking the movement of employees and customers (BPMN-diagram) [10; 11; 12]

Основной задачей *алгоритма межкамерного и межкадрового трекинга* является решение задачи отслеживания перемещения людей по территории организации с помощью средств видеофиксации. Результатом работы метода является информация о перемещении людей по территории магазина (рис. 3).

Алгоритм стабилизации ключевых точек предназначен для определения недостающих точек соединения костей с целью определения примерной области расположения предметов униформы сотрудника магазина. Указанный алгоритм вычисляет недостающие точки, основываясь на физиологическом строении человека. Согласно алгоритму, рассчитывается примерное местоположение

недостающей ключевой точки. Так, например, для вычисления координат недостающей точки плеча необходимо от второй точки плеча отложить горизонтальный вектор в сторону рассчитываемой точки. После чего от точки таза, находящейся с той же стороны, что и недостающая точка, отложить вектор в сторону недостающей точки плеча. На пересечении двух векторов будет находиться примерная координата недостающей точки плеча, что позволит успешно строить область в дальнейшем. По завершении работы алгоритм передает информацию о ключевых точках $\tilde{\omega}$ в алгоритм классификации сотрудников и посетителей по внешнему виду (рис. 4 и 5).



Рис. 4. Контекстная диаграмма работы алгоритма стабилизации ключевых точек

Fig. 4. Contextual diagram of the key point stabilization algorithm

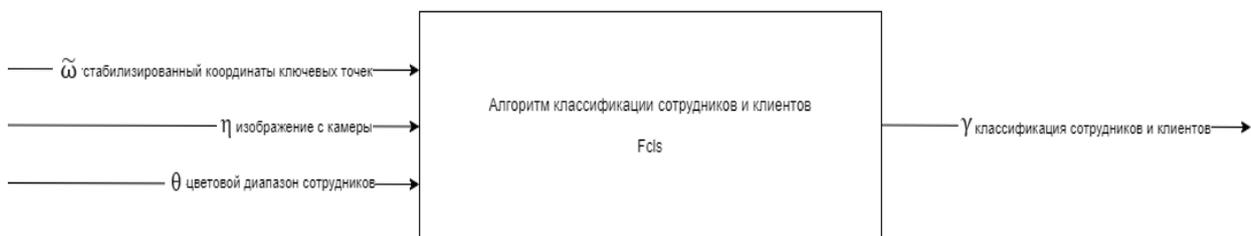


Рис. 5. Контекстная диаграмма работы алгоритма классификации сотрудников и посетителей

Fig. 5. Contextual diagram of the algorithm for classifying employees and visitors

Алгоритм классификации сотрудников и посетителей (рис. 5) за счет вычисления вхождений цветов униформы в установленный ранее (на моменте обучения) цветовой диапазон производит классификацию сотрудников и посетителей (рис. 3). Перед началом работы алгоритма требуется запустить режим «обучения» возможным цветам униформы в кадре, согласно которому сотруднику необходимо в произвольном режиме перемещаться по магазину. В период такого перемещения алгоритм определяет область туловища и область головы (на основе информации о ключевых точках), после чего сохраняет информацию о доминирующей цвете униформы (футболки и при наличии кепки)

[13]. После того как закончится режим «обучения» возможным цветам униформы, начнется вычисление среднего доминирующего цвета среди всех найденных. После этого данный доминирующий цвет будет считаться опорной точкой для формирования цветового диапазона, который впоследствии будет использоваться для того, чтобы отнести человека к той или иной группе. Стоит учесть, что предварительно необходимо установить погрешность, в рамках которой в дальнейшем будет сформирован цветовой диапазон. В разработанном алгоритме ответственным за это является администратор, который откладывает от опорной точки равные отрезки по трем векторам (H, S

и V) в двух направлениях – положительном и отрицательном [14; 15].

Диапазон возможных значений цветов униформы сотрудника по вектору H рассчитывается по формуле (11):

$$H_d = [H_a - \delta; H_a + \delta]; \quad (11)$$

где H_d – диапазон возможных значений цветов униформы по вектору H ; H_a – среднее значение цветовых тонов униформы сотрудника по вектору H ; δ – погрешность, устанавливаемая администратором.

Аналогично рассчитываются диапазоны возможных значений цветов униформы по векторам S , V . При тестировании алгоритма точность распознавания продавца-консультанта составила 87%.

В режиме «работа» алгоритм устанавливает доминирующий цвет уни-

формы и проверяет его вхождение в ранее установленный цветовой диапазон сотрудников. В случае вхождения человек в кадре будет классифицирован как сотрудник магазина, в противном случае – как посетитель.

Основной задачей алгоритма идентификации личности (рис. 6) является установление личности сотрудника магазина или покупателя (личность в привязке к персональным данным) на основе примерных координат лица. Область лица определяется на основе координат ключевых точек (φ_a), после чего область лица передается в нейросетевое решение Face Recognition [13; 16] для идентификации личности [17]. Результатом работы алгоритма является информация о личности человека.

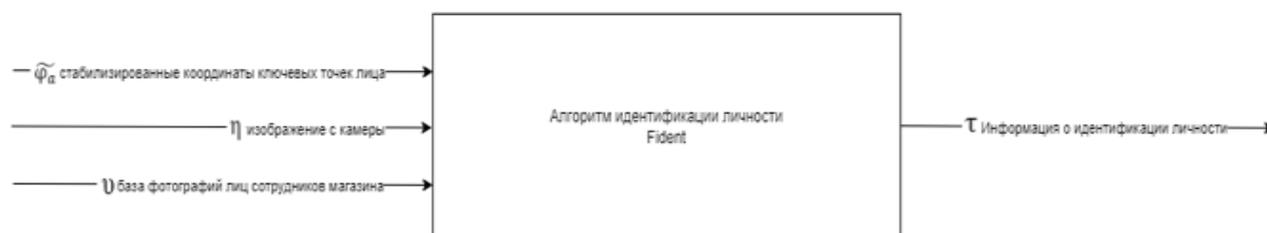


Рис. 6. Контекстная диаграмма работы алгоритма идентификации личности

Fig. 6. Contextual diagram of the identity identification algorithm



Рис. 7. Контекстная диаграмма работы алгоритма межкамерного и межкадрового трекинга

Fig. 7. Contextual diagram of the operation of the inter-camera and inter-frame tracking algorithm

Алгоритм межкамерного и межкадрового трекинга (рис. 7) предназначен для определения контроля перемещения сотрудника и клиента по помещению [18; 19]. Работа алгоритма базируется на информации, полученной с алгоритма стабилизации ключевых точек ($\tilde{\omega}_j$), на основе которых производится расчет области туловища и ног человека. После чего такие области делятся на сегменты, в каждом сегменте определяется доминирующий цвет. Формируется цветовой диапазон путем отложения влево и вправо по осям HSV константы, таким образом будут получены левая и правая координаты цветового диапазона по каждой из осей. Такие цветовые диапазоны сохраняются в памяти.

После получения нового кадра алгоритм также определяет области, делит их на сегменты, и в каждом сегменте устанавливается доминирующий цвет. После высчитывается процент вхождения каждого установленного доминирующего цвета в ранее определенные цветовые диапазоны. Если процент такого вхождения 80% и более, то считается, что межкадровое сведение успешно выполнено.

Рассмотрим метод контроля взаимодействия сотрудника и покупателя (рис. 8). Все алгоритмы описываемого метода работают в параллельном режиме и на вход получают информацию с нейросетевого решения для определения позы человека.

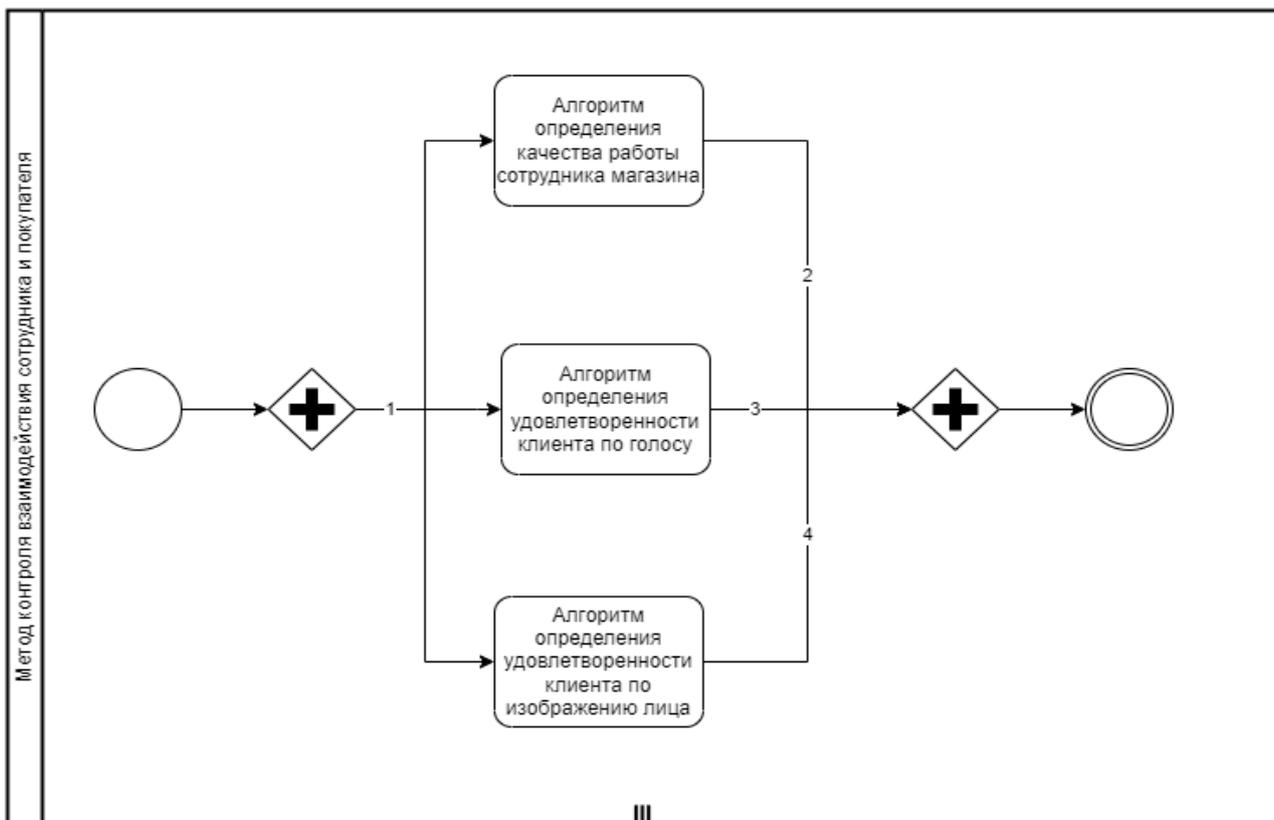


Рис. 8. BPMN-диаграмма метода контроля взаимодействия сотрудника и покупателя

Fig. 8. BPMN-diagram of the employee-buyer interaction control method

Алгоритм определения качества работы сотрудника более подробно описан в исследовании [15]. Кратко говоря, принцип его работы базируется на анализе местонахождения сотрудника в тот или иной момент времени и его расположения относительно посетителя. Если он находится на определенном расстоя-

нии с клиентом (оно задается администратором), то вычисляются «углы обзора» посетителя и сотрудника, мера их пересечения и время взаимодействия. На основании этих данных делается вывод о качестве работы сотрудника. Подробнее о входных и выходных данных алгоритма можно посмотреть ниже (рис. 9).

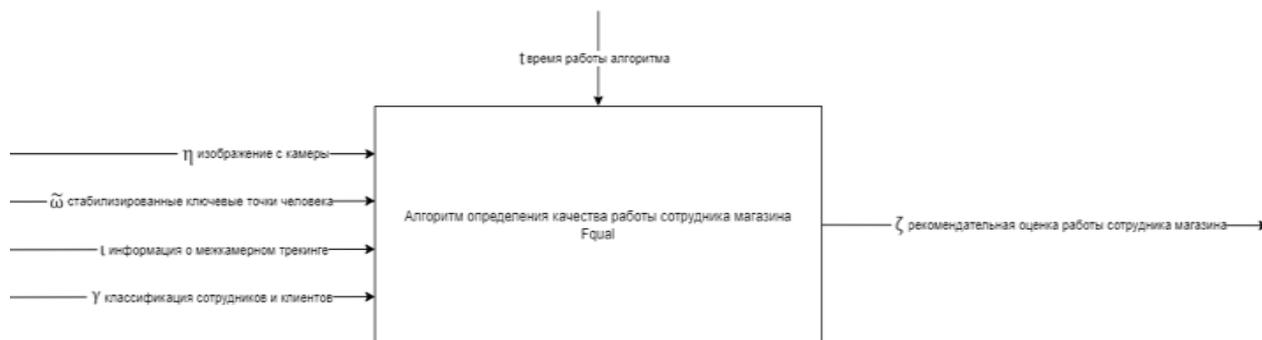


Рис. 9. Контекстная диаграмма работы алгоритма определения качества работы сотрудника

Fig. 9. Contextual diagram of the algorithm for determining the quality of an employee's work

Алгоритм определения удовлетворённости клиента по голосу (рис. 10) подробно описан в [15; 20]. Когда посетитель находится у кассы, нейронная сеть обрабатывает аудиопоток его голоса и

делается вывод о качестве работы сотрудника и удовлетворенности клиента. (Подробнее о входных и выходных данных работы алгоритма можно увидеть на рис. 12.)



Рис. 10. Контекстная диаграмма работы алгоритма определения удовлетворенности клиента по голосу

Fig. 10. Contextual diagram of the algorithm for determining customer satisfaction by voice

Алгоритм определения удовлетворенности клиента с использованием видеоизображения лица представляет собой анализ изображения лица, полученного благодаря использованию камеры, размещенной у выхода. В результате работы данного алгоритма и благодаря

использованию нейросетевых решений определяется настроение покупателя, исходя из которого устанавливается его удовлетворенность.

Рассмотрим входные и выходные данные работы описываемого алгоритма можно увидеть на (рис. 11).

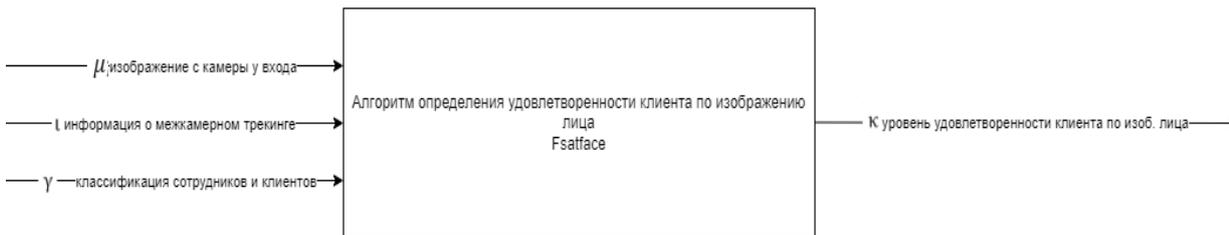


Рис. 11. Контекстная диаграмма работы алгоритма определения удовлетворенности клиента по изображению лица

Fig. 11. Contextual diagram of the algorithm for determining customer satisfaction from a face image

На рисунках 12, 13 представлен метод аккумуляирования и консолидации данных. Основной задачей метода является сбор и анализ данных со всех

методов для установления связей и вычисления рекомендательной оценки работы сотрудника.

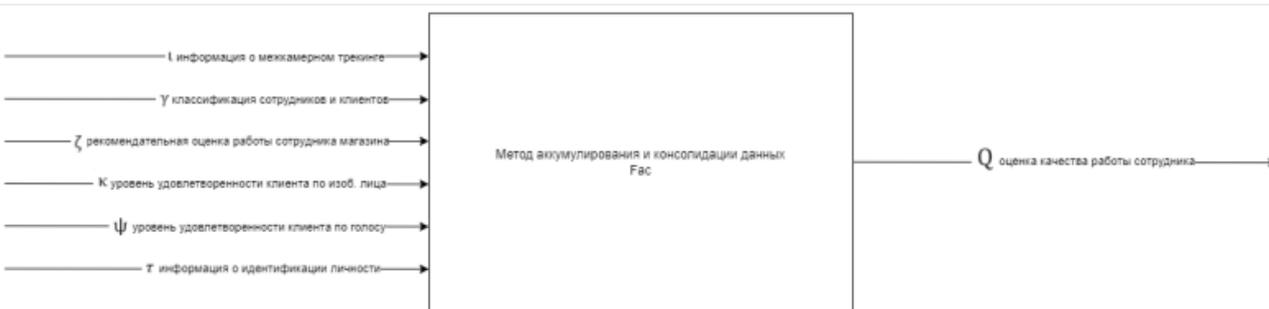


Рис. 12. Контекстная диаграмма работы метода аккумуляирования и консолидации данных

Fig. 12. Contextual diagram of the data accumulation and consolidation method

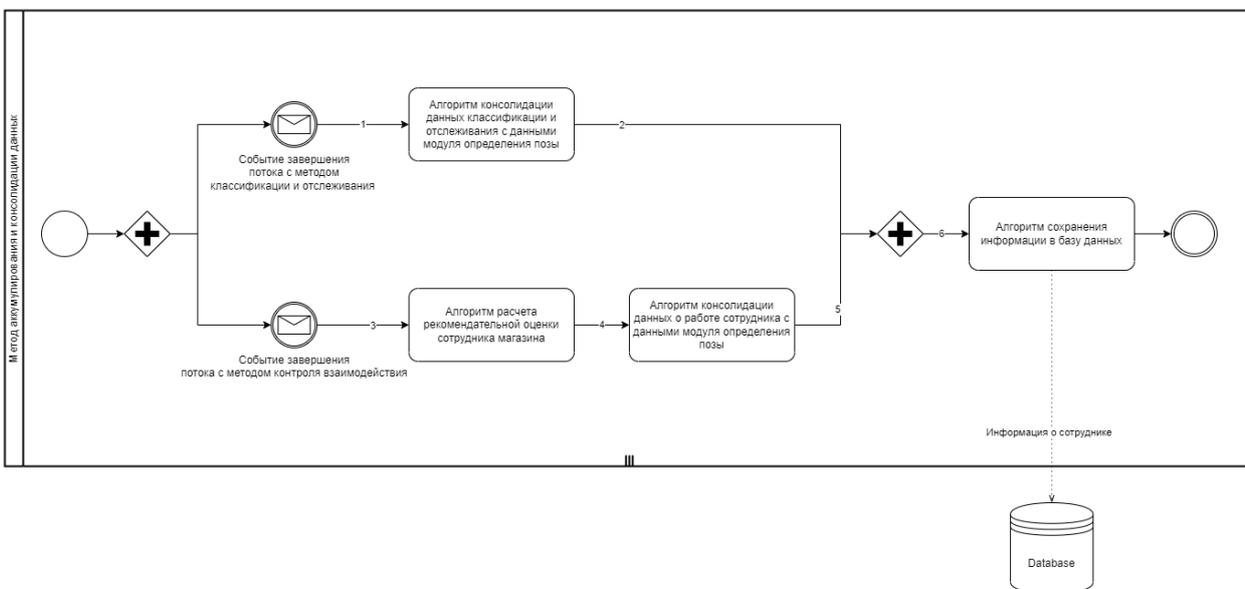


Рис. 13. Метод аккумуляирования и консолидации данных (BPMN-диаграмма)

Fig. 13. Data accumulation and consolidation method (BPMN-diagram)

Алгоритм консолидации данных классификации и отслеживания начинают свою работу после события о завершении потока с методом классификации и отслеживания (рис. 12). Указанный алгоритм необходим для установления связей между алгоритмами межкамерного и межкадрового трекинга, идентификации личности и алгоритмами классификации для привязки вычисленной информации к человеку в помещении. Связь устанавливается за счет фундаментальных данных – информации о ключевых точках. Данные, передаваемые в различные методы, содержат информацию о привязке к человеку в кадре. Указанный алгоритм собирает эти данные и осуществляет итоговую привязку к человеку в кадре. Выходными данными алгоритма является информация о человеке с данными о его принадлежности к посетителям, его перемещении и его личности (рис. 12).

Алгоритм расчета рекомендательной оценки сотрудника начинает свою работу после события завершения потока с методом контроля взаимодействия сотрудника и покупателя. Задачами алгоритма являются вычисления рекомендательной оценки сотрудника, основываясь на данные с алгоритмов определения качества работы сотрудника магазина, определения удовлетворенности клиента по голосу, удовлетворенности клиента по лицу. Вычисляется путем вычисления средней оценки из информации, полученной с других методов и алгоритмов. Рекомендательная оценка взаимодействия высчитывается

из времени проведения сотрудника рядом с клиентом и времени, которое его взгляд был направлен в сторону клиента (значения корректируются администратором).

После вышеописанного алгоритма данные в параллельном режиме передаются в *алгоритм консолидации данных о работе сотрудника с данными модуля определения позы*. В рассматриваемом алгоритме данные консолидируются с информацией нейросетевого решения для определения позы человека. Таким образом, осуществляется привязка всей входной информации к рассматриваемому человеку на изображении. Выходной информацией является рекомендательная оценка сотруднику магазина по результатам его взаимодействия с клиентом.

Алгоритм сохранения информации в базу данных предназначен для сохранения информации о работе сотрудника с привязкой ко времени.

Результаты и их обсуждение

Разработаны метод классификации и отслеживания перемещения сотрудников и посетителей на видеоизображении, алгоритмы межкамерного и межкадрового трекинга, стабилизации ключевых точек, классификации и идентификации личности.

Разработаны метод контроля уровня взаимодействия сотрудника и посетителя на видеоизображении, алгоритмы определения качества работы сотрудника, определения удовлетворенности сотрудника по голосу и лицу.

Таким образом, разработанные модели и алгоритмы позволят качественно улучшить работу продавца-консультанта и, как следствие, приведут к улучшению клиентоориентированности бизнеса.

Полученные в данной статье методы и алгоритмы позволяют в режиме реального времени распознать клиента и сотрудника, а также определить уровень удовлетворенности клиента сразу в момент покупки, в то время как большинство аналогичных методов [6; 7; 8] предполагают последующую обработку данных по средствам опросов. Разработанные методики позволяют узнать, чем удовлетворен и чем не удовлетворен клиент в данный момент, т. е. оценить влияние на совершение покупки и впечатление от оказанного сервиса в краткосрочной перспективе (а значит, выделить больше причин удовлетворенности или неудовлетворенности клиентом), в то время как другие методы изучают удовлетворенность клиента в долгосрочной перспективе: уже по прошествии значительного периода времени (т. е. фактически изучают самое сильное впечатление о сервисе, которое осталось в памяти по прошествии времени). Следовательно, полученные алгоритмы позволяют совершенствовать предоставляемые услуги, не дожидаясь обработки опросов, а в режиме реального времени.

Выводы

В статье была кратко проанализирована текущая ситуация в сфере анализа удовлетворенности клиента предоставляемым сервисом услуг, а также в сфере отслеживания действий персонала и покупателей. Также на данный момент отсутствуют методы автоматической оценки удовлетворенности клиента в режиме реального времени, аналоги сосредоточены на последующей обработке, полученной посредством опросов информации. Был сделан вывод об отсутствии необходимого решения, вследствие чего поставлена цель, посвященная разработке методов и моделей распознавания и контроля действий посетителей и сотрудников по средствам интеллектуального анализа данных, полученных с камер.

Были спроектированы и разработаны методы для распознавания сотрудников и покупателей по видеоизображению с модулем идентификации личности и межкамерным трекингом, а также алгоритмы, позволяющие определить уровень качества обслуживания посетителей в текущий момент времени.

В дальнейшем планируется использовать разработанные методы, модели и алгоритмы для реализации программного решения, которое позволит повысить уровень предоставляемого сервиса и протестировать их работу путем внедрения в действующие магазины и торговые точки.

Список литературы

1. Ульянова О. А. Психологические особенности продавцов-консультантов сетевого маркетинга // Вестник Самарской гуманитарной академии. Серия: Психология. 2013. № 1 (13). С. 27–41.

2. Ashkanani A., Sobhy A., Naghavipour H. A Design Approach of Automatic Visitor Counting System Using Video Camera // *IOSR Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 2015, no. 10, pp. 62–67. <https://doi.org/10.9790/1676-10216267>.
3. Herviana A., Sudiharto D., Yulianto F. The Prototype of In-Store Visitor and People Passing Counters using Single Shot Detector Performed by OpenCV // 2020. 1st International Conference on Information Technology, Advanced Mechanical and Electrical Engineering (ICITAMEE). Yogyakarta: IEEE, 2021. P. 169–174. <https://doi.org/10.1109/ICITAMEE50454.2020.9398507>.
4. Hassaan A., Dessouky M., El-Sayed A. A new approach for crowd counting and individuals detection using thermal video // 36th National Radio Science Conference. Aswau, Egypt: Arab Academy for Science Technology and Maritime Transport, 2019.
5. Image processing and artificial neural network for counting people inside public transport / P. Chato, D. J. Chipantasi, N. Velasco, S. Rea, V. Hallo, P. Constante // 2018 IEEE Third Ecuador Technical Chapters Meeting (ETCM). Cuenca, Ecuador: IEEE, 2018. P. 1–5. <https://doi.org/10.1109/ETCM.2018.8580287>.
6. An empirical research on customer satisfaction study: a consideration of different levels of performance / YC. Lee, YC. Wang, SC. Lu [et al.] // *SpringerPlus*. 2019. N 5. P. 1577. <https://doi.org/10.1186/s40064-016-3208-z>.
7. Assessment of the satisfaction with public health insurance programs by patients with chronic diseases in China: a structural equation modeling approach / J. Geng, X. Chen, J. Shi [et al.] // *BMC Public Health*. 2021. N 21. P. 1886. <https://doi.org/10.1186/s12889-021-11947-7>.
8. Customer satisfaction analysis of the healthy elderly to investigate the association among happiness, health status, and well-being using the Happiness & Health Feeling Scale / K. Teraoka [et al.] // *Journal of Physical Therapy Science*. 2019. N 31(10). P. 751–754. <https://doi.org/10.1589/jpts.31.751>.
9. A Framework for Understanding and Managing the Customer Experience / A. De Keyser [et al.] // *Marketing Science Institute Working Paper Series*. 2015. N 49.
10. Капленко Г. В. О вероятностном характере прогнозирования покупательского спроса на основе данных сплошного наблюдения // *БИЗНЕСИНФОРМ*. 2014. № 8. С. 228–232.
11. About quantifying small color differences in digital images / I. Palchikova, E. Smirnov [et al.] // *Computer Optics*. 2020. N 44(4). P. 606–617. <https://doi.org/10.18287/2412-6179-CO-631>.
12. Конаныхин А. Ю. Методы улучшения выделенной области изображения при быстросействующей обработке символьной информации // *Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение*. 2021. Т. 11, № 4. С. 106–119. <https://doi.org/10.21869/2223-1536-2021-11-4-106-119>.
13. Badri I., Sayyouri M. Face Recognition: A Mini-Review // *Digital Technologies and Applications*. 2013. Cham: Springer, 2023. P. 463–471. https://doi.org/10.1007/978-3-031-29860-8_47.

14. Автоматизированная система для классификации снимков видеопотоков / С. А. Филист, М. В. Шевцов, В. А. Белозеров [и др.] // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2021. Т. 11, № 4. С. 85–105. <https://doi.org/10.21869/2223-1536-2021-11-4-85-105>.
15. Автоматическая система контроля активности покупателей в магазине с модулями оценки работы его сотрудников / В. Л. Розалиев, А. В. Аболеева-Зотова, А. Д. Ульев [и др.] // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. 2020. № 2(50). С. 22–32. <https://doi.org/10.21672/2074-1707.2020.50.2.022-032>.
16. Racial Bias within Face Recognition: A Survey / S. Yucer, F. Tektas, N. Al Mou-bayed, Toby Breckon // CC BY-NC-SA 4.0. 2023. N 35. P. 1–35.
17. Singh Bhadauriya S., Kushwaha S., Meena S. Real-Time Face Detection and Face Recognition: Study of Approaches // Proceedings of 3rd International Conference on Recent Trends in Machine Learning, IoT, Smart Cities and Applications. Lecture Notes in Networks and Systems. Hyderabad, India, 2023. P. 297–307. https://doi.org/10.1007/978-981-19-6088-8_27.
18. Multiple Hypothesis Tracking Algorithm for Multi-Target Multi-Camera Tracking with Disjoint Views / K. Yoon [et al.] // CC BY-NC-SA 4.0. 2019. P. 1–10.
19. Distributed multi-camera multi-target association for real-time tracking / S. Yang [et al.] // Scientific Reports. 2022. N 12. P. 11052. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-15000-4>.
20. Автоматический контроль уровня оказания услуг продавцом-консультантом / А. Д. Ульев, В. Л. Розалиев, Ю. А. Орлова, А. В. Алексеев // Искусственный интеллект в решении актуальных социальных и экономических проблем XXI века: сборник статей по материалам IV Всероссийской научно-практической конференции, проводимой в рамках Пермского естественно-научного форума «Математика и глобальные вызовы XXI века», Пермь, 21–23 мая 2019 года. Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2019. Ч. 1. С. 145–149.

References

1. Ul'janova O. A. Psikhologicheskie osobennosti prodavtsov-konsul'tantov se-tevogo marketinga [Psychological characteristics of Network marketing sales consultants]. *Vestnik Samarskoj gumanitarnoj akademii. Serija: Psihologija = Bulletin of the Samara Humanitarian Academy. Series: Psychology*, 2013, no. 1(13), pp. 27–41.
2. Ashkanani A., Sobhy A., Naghavipour H. A Design Approach of Automatic Visitor Counting System Using Video Camera. *IOSR Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 2015, no. 10, pp. 62–67. <https://doi.org/10.9790/1676-10216267>
3. Herviana A., Sudiharto D., Yulianto F. The Prototype of In-Store Visitor and People Passing Counters using Single Shot Detector Performed by OpenCV // 2020. 1st International Conference on Information Technology, Advanced Mechanical and Electrical Engineering

(ICITAMEE). Yogyakarta, IEEE Publ., 2021, pp. 169–174. <https://doi.org/10.1109/ICITAMEE50454.2020.9398507>

4. Hassaan A., Dessouky M., El-Sayed A. A new approach for crowd counting and individuals detection using thermal video. 36th National Radio Science Conference. Aswau, Egypt, Arab Academy for Science Technology and Maritime Transport, 2019.

5. Chato P., Chipantasi D. J., Velasco N., Rea S., Hallo V., Constante P. Image processing and artificial neural network for counting people inside public transport. 2018 IEEE Third Ecuador Technical Chapters Meeting (ETCM). Cuenca, Ecuador, IEEE Publ., 2018, pp. 1–5. <https://doi.org/10.1109/ETCM.2018.8580287>.

6. Lee YC., Wang YC., Lu SC., eds. An empirical research on customer satisfaction study: a consideration of different levels of performance. *SpringerPlus*, 2019, no. 5, p. 1577. <https://doi.org/10.1186/s40064-016-3208-z>

7. Geng J., Chen X., Shi J., eds. Assessment of the satisfaction with public health insurance programs by patients with chronic diseases in China: a structural equation modeling approach. *BMC Public Health*, 2021, no. 21, p. 1886. <https://doi.org/10.1186/s12889-021-11947-7>

8. Teraoka K., eds. Customer satisfaction analysis of the healthy elderly to investigate the association among happiness, health status, and well-being using the Happiness & Health Feeling Scale. *Journal of Physical Therapy Science*, 2019, no. 31(10), pp. 751–754. <https://doi.org/10.1589/jpts.31.751>

9. De Keyser A., eds. A Framework for Understanding and Managing the Customer Experience. *Marketing Science Institute Working Paper Series*, 2015, no. 49.

10. Kaplenko G. V. O veroyatnostnom kharaktere prognozirovaniya pokupatel'-skogo sprosa na osnove dannykh sploshnogo nablyudeniya [On the probabilistic nature of forecasting consumer demand based on continuous observation data]. *BIZNESINFORM*, 2014, no. 8, pp. 228–232.

11. Palchikova I., Smirnov E., eds. About quantifying small color differences in digital images. *Computer Optics*, 2020, no. 44(4), pp. 606–617. <https://doi.org/10.18287/2412-6179-CO-631>

12. Konanyhin A. Ju. Metody uluchsheniya vydelennoi oblasti izobrazheniya pri bystrodeistvuyushchei obrabotke simvol'noi informatsii [Methods for improving the selected image area with high-speed processing of symbolic information]. *Izvestiya Jugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naja tehnika, informatika. Medicinskoe priborostroenie = Proceedings of the Southwest State University. Series: Control, Computer Engineering, Information Science. Medical Instruments Engineering*, 2021, vol. 11, no. 4, pp. 106–119. <https://doi.org/10.21869/2223-1536-2021-11-4-106-119>

13. Badri I., Sayyouri M. Face Recognition: A Mini-Review // *Digital Technologies and Applications*. 2013. Cham, Springer Publ., 2023, pp. 463–471. https://doi.org/10.1007/978-3-031-29860-8_47

14. Filist S. A., Shevcov M. V., Belozarov V. A., eds. Avtomatizirovannaya sistema dlya klassifikatsii snimkov videopotokov [Automated system for classifying images of video

streams]. *Izvestija Jugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Upravlenie, vychislitel'naja tehnika, informatika. Medicinskoje priboroostroenie = Proceedings of the Southwest State University. Series: Control, Computer Engineering, Information Science. Medical Instruments Engineering*, 2021, vol. 11, no. 4, pp. 85–105. <https://doi.org/10.21869/2223-1536-2021-11-4-85-105>

15. Rozaliev V. L., Zaboleeva-Zotova A. V., Ul'ev A. D., eds. Avtomaticheskaya sistema kontrolya aktivnosti pokupatelei v magazine s mo-dulyami otsenki raboty ego sotrudnikov [An automatic system for monitoring the activity of customers in the store with modules for evaluating the work of its employees]. *Prikaspijskij zhurnal: upravlenie i vysokie tehnologii = Caspian Journal: Management and High Technologies*, 2020, no. 2(50), pp. 22–32. <https://doi.org/10.21672/2074-1707.2020.50.2.022-032>

16. Yucer S., Tektas F., Al Moubayed N., Breckon Toby. Racial Bias within Face Recognition: A Survey. *CC BY-NC-SA 4.0*, 2023, no. 35, pp. 1–35.

17. Singh Bhadauriya S., Kushwaha S., Meena S. Real-Time Face Detection and Face Recognition: Study of Approaches. *Proceedings of 3rd International Conference on Recent Trends in Machine Learning, IoT, Smart Cities and Applications. Lecture Notes in Networks and Systems*. Hyderabad, India, 2023, pp. 297–307. https://doi.org/10.1007/978-981-19-6088-8_27

18. Yoon K., eds. Multiple Hypothesis Tracking Algorithm for Multi-Target Multi-Camera Tracking with Disjoint Views. *CC BY-NC-SA 4.0*, 2019, pp. 1–10.

19. Yang S., eds. Distributed multi-camera multi-target association for real-time tracking. *Scientific Reports*, 2022, no. 12, p. 11052. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-15000-4>

20. Ul'ev A. D., Rozaliev V. L., Orlova Ju. A., Alekseev A. V. [Automatic control of the level of services rendered by the sales consultant]. *Iskusstvennyj intellekt v reshenii aktual'nyh social'nyh i jekonomicheskikh problem XXI veka. Sbornik statej po materialam Chetvertoj vse-rossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii, provodimoj v ramkah Permskogo estestvennonauchnogo foruma "Matematika i global'nye vyzovy XXI veka"* [Artificial intelligence in solving urgent social and economic problems of the XXI century. A collection of articles based on materials in the IV All-Russian scientific and practical conference held within the Perm Natural Science Forum "Mathematics and Global Challenges of the XXI century"]. Perm: Perm State National Research University Publ., 2019, pt. 1, pp. 145–149. (In Russ.)

Информация об авторах / Information about the Authors

Ульев Андрей Дмитриевич, аспирант,
Волгоградский технический
государственный университет,
г. Волгоград, Российская Федерация,
e-mail: ulyev-ad@yandex.ru,
ORCID: 0009-0009-9832-1593

Andrey D. Ulyev, Post-Graduate Student,
Volgograd State Technical University,
Volgograd, Russian Federation,
e-mail: ulyev-ad@yandex.ru,
ORCID: 0009-0009-9832-1593

Донская Анастасия Романовна, аспирант,
Волгоградский технический
государственный университет,
г. Волгоград, Российская Федерация,
e-mail: donsckaia.anastasiya@yandex.ru,
ORCID: 0000-0003-3086-4929

Anastasia R. Donsckaia, Post-Graduate Student,
Volgograd State Technical University,
Volgograd, Russian Federation,
e-mail: donsckaia.anastasiya@yandex.ru,
ORCID: 0000-0003-3086-4929

Зубков Александр Владимирович, аспирант,
Волгоградский технический
государственный университет,
г. Волгоград, Российская Федерация,
e-mail: zubkov.alexander.v@gmail.com,
ORCID: 0000-0003-0425-5695

Alexander V. Zubkov, Post-Graduate Student,
Volgograd State Technical University,
Volgograd, Russian Federation,
e-mail: zubkov.alexander.v@gmail.com,
ORCID: 0000-0003-0425-5695