

мощности для компенсации непредсказуемых замираний, то современные системы используют адаптивные алгоритмы, основанные на постоянном мониторинге канала и количественных моделях ITU-R. Это позволяет динамически перестраивать частоту, скорость передачи и мощность, обеспечивая стабильную связь при минимальных энергозатратах. Таким образом, глубокий анализ механизмов затухания и рефракции с использованием современных количественных моделей и данных реальных систем является ключом к созданию надежных, эффективных и экономически целесообразных тропосферных линий связи, особенно в удаленных и труднодоступных регионах.

#### Литература

1. Тропосферная связь: современные технологии и перспективы развития. – URL: <https://roe.ru> (дата обращения: 25.09.2025).
2. Введение в теоретическую радиофизику и оптику : учеб. пособие / Ю. А. Кравцов [и др.] – М. : ФизМатЛит, 2004. – 520 с.
3. Новые разработки АО «МНИРТИ» в области тропосферной связи. – URL: <https://mnirti.ru> (дата обращения: 25.09.2025).

### АНАЛИЗ ПОКУПАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРЕСА НА ОСНОВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ВИДЕОПОТОКА

С. Э. Карпик, А. И. Парамонов

*Белорусский государственный университет информатики  
и радиоэлектроники, г. Минск*

*Рассмотрена проблема анализа покупательского интереса. Предложено решение на основе интеллектуальной обработки видеопотока. Проведено описание проекта информационной системы, в основе которой реализация алгоритмов компьютерного зрения и работы с нейронными сетями для мониторинга посетителей в различных отделах магазина. Использование предложенного подхода позволит определить уровень посещаемости разных объектов (отделов магазина), выявить зоны интересов и на основе анализа потребительских корзин предложить рекомендации для увеличения продаж.*

**Ключевые слова:** анализ видео, компьютерное зрение, OpenCV, Python, распознавание людей, статистика продаж.

### CUSTOMER INTEREST ANALYSIS BASED ON VIDEO STREAM INTELLIGENT PROCESSING

S. E. Karpik, A. I. Paramonov

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk*

*The paper included the problem of customers interest analyzing. A solution based on video stream intelligent processing is proposed. A description for an information system project is provided, which based on the implementation of computer vision algorithms. It's proposed to use neural network models for monitoring visitors in various store departments. Using the proposed approach will allow us to determine the traffic level to different locations (store departments), identify customers interested areas, and offer recommendations for increasing sales based on the consumer baskets analysis.*

**Keywords:** video analysis, computer vision, OpenCV, Python, people detection, sales analytics.

Целью работы является разработка системы интеллектуального мониторинга покупательской активности в магазинах. Актуальность обусловлена необходимостью

стью оптимизации расположения товаров и управления персоналом на основе объективных данных о посещаемости отделов. Основная задача определена как определение количества посетителей в различных отделах магазина и их активности.

Предложено решение, в основе которого применение стека технологий языка Python [1] и библиотеки OpenCV.

Архитектура информационной системы предполагает, что в каждом отделе магазина установлена камера, которая передает видеопоток для анализа на сервер, где программное средство анализирует его и определяет количество людей в кадре и их модель поведения.

Каждой камере соответствует определенный отдел магазина. Программа одновременно анализирует несколько видеопотоков, запуская для каждой камеры отдельный поток с функцией `detect_people()`. Эта функция выполняет детекцию объектов на кадрах видеопотока и подсчитывает количество людей на изображении.

Выделяется два источника информации на видео, которые могут быть использованы для обнаружения и отслеживания объектов: визуальные характеристики и информация о движении. Известны основные подходы для трекинга объектов: поиск по шаблону (*template matching*), определение движения (*motion detection*) и по детектированию характерных признаков (*feature detection*) [2].

Результаты подсчетов сохраняются в памяти программы, а функция `save_stats()` через равные интервалы времени (по умолчанию – один час) вычисляет среднее количество посетителей в каждом отделе и записывает данные в CSV-файл `people_stats.csv`. Статистика сохраняется в виде структуры: `timestamp`, `department`, `people_count`.

В реализации проекта предлагается использовать нейронную сеть, которая по детектированию характерных признаков будет определять, есть ли на изображении человек. На одном изображении может быть обнаружено более одного человека, что позволяет узнать количество человек, находящихся в определенных отделах магазина.

Для распознавания людей предлагается использовать предобученную сверточную нейронную сеть `MobileNetSSD` [3]. Для конфигурации сети используется два файла: описание архитектуры сети (`MobileNetSSD_deploy.prototxt.txt`) и весовые коэффициенты модели (`MobileNetSSD_deploy.caffemodel`).

В заданные отрезки времени система может формировать отчеты, которые отражают, какие отделы пользовались наибольшим интересом. На следующем этапе эти данные сопоставляются с количеством покупок, что позволяет выявить зависимости между посещаемостью, активностью и продажами. Для отделов с высоким потребительским спросом, но низкой покупательской статистикой можно пересмотреть цены или выставлять товары схожего назначения с более низкой ценой, что, в перспективе повысит рентабельность отдела. Также можно проанализировать, какие отделы пользуются наименьшим спросом, и исходя из данной информации можно будет их заменить на другие, пользующиеся большим спросом.

Использование многопоточности позволит системе в реальном времени обрабатывать несколько потоков и одновременно сохранять статистику без снижения производительности. Предлагается обслуживать каждый видеопоток в отдельном программном потоке, чтобы задержки или ошибки одной камеры не блокировали остальные. А также запускать отдельный поток сохранения статистики, чтобы операция записи на диск не замедляла мониторинг видео. Язык Python поддерживает работу с потоками и предлагает развитый инструментарий для работы с ними.

Таким образом, предложенная информационная система позволит проводить мониторинг и оценку активностей покупателей в разных отделах магазина, сопос-

твлять полученные данные с покупательской активностью и предлагать рекомендации для поддержки в принятии маркетинговых решений. Это может быть использовано, например для повышения эффективности мерчандайзинга и планирования размещения товаров. Предложенный подход открывает новые возможности для внедрения интеллектуальной аналитики поведения покупателей с целью трансформации и оптимизации бизнес-процессов.

#### Л и т е р а т у р а

1. DataFlair. Python Project – Real-Time Human Detection and Counting. – URL: <https://dataflair.training/blogs/python-project-real-time-human-detection-counting/> (дата обращения: 05.10.2025).
2. Ковганов, Д. В. О проблеме обнаружения объектов на основе данных видеорегистрации / Д. В. Ковганов, А. И. Парамонов // Научное электронное издание «Новые математические методы и компьютерные технологии в проектировании, производстве и научных исследованиях»: XX Респ. науч. конф. студентов и аспирантов (Гомель, 20–22 марта 2017 г.) – Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2017. – С. 66.
3. Rosebrock A. Deep Learning for Computer Vision with Python. – PyImageSearch, 2017. – 640 p.

### МОДИФИКАЦИЯ ПАЯНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПОВЕРХНОСТНОГО МОНТАЖА УГЛЕРОДНЫМИ НАНОТРУБКАМИ

Д. Ю. Ковалев, В. Л. Ланин, А. В. Слижева

*Белорусский государственный университет информатики  
и радиоэлектроники, г. Минск*

*Предложена методика модификации паяльных паст углеродными наночастицами с применением ультразвуковых колебаний в режиме микро- и макропотоков в пограничном акустическом слое. Проведены исследования прочности паяных соединений в зависимости от содержания наночастиц в пасте и температуры нагрева.*

**Ключевые слова:** паяные соединения, поверхностный монтаж, углеродные нанотрубки.

### MODIFIED OF SURFACE MOUNT SOLDER JOINTS WITH CARBON NANOTUBES

D. Y. Kovaliouv, V. L. Lanin, A. V. Slizhova

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk*

*A methodology for the modification of solder pastes with carbon nanoparticles using ultrasonic vibrations in the micro- and macro-flow regimes of the boundary acoustic layer has been pro-posed. Studies have been conducted on the strength of solder joints depending on the nanoparti-cle content in the paste and the heating temperature.*

**Keywords:** solder joints, surface mount technology, carbon nanotubes.

Наноразмерные частицы находят широкое применение в процессах получения модифицированных композитов в различных областях науки и техники. Углеродные нанотрубки (УНТ) обладают уникальным комплексом свойств, поскольку они в 50–100 прочнее стали и имеют в 6 раз меньшую плотность. Модуль Юнга у нанотрубок вдвое выше, чем у обычных углеродных волокон. Добавки УНТ в легкоплавкие бес-свинцовые припой на основе олова улучшают паяемость, измельчают структуру припоя и тормозят рост интерметаллидов, увеличивают механическую прочность паяных соединений.