

УДК 004.8

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ЗАГРУЖЕННОСТИ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ НА БАЗЕ ТЕПЛОВЫХ ДАТЧИКОВ

**ДАШКО ТИХОН ЮРЬЕВИЧ,
ЛУКАШЕВИЧ ВЛАДИСЛАВ АЛЕКСАНДРОВИЧ,
МАРМАТАКИС НИКИТАС ГЕОРГИОС**

учащиеся

УО «Национальный Детский Технопарк»

АНДРЕЙЧУК АЛЕКСАНДР ОЛЕГОВИЧ

преподаватель

УО БГУИР филиал МРК, преподаватель УО «Национальный Детский Технопарк»

СИЦКО ВЛАДИМИР АЛЕКСАНДРОВИЧ

старший преподаватель кафедры ИСиТ, ИИТ БГУИР,
преподаватель УО «Национальный Детский Технопарк»

Аннотация. Разработка системы FlowCount на базе доступных компонентов позволяет эффективно мониторить загруженность общественных пространств, обеспечивая комфорт и безопасность посетителей. Устройство, использующее тепловой датчик AMG8833 и микроконтроллер ESP32, обеспечивает точный подсчёт людей с передачей данных в реальном времени через Wi-Fi или USB. Автономность работы достигается за счёт Li-ion аккумуляторов 18650 и оптимизированной схемы управления питанием. Тестирование подтвердило работоспособность решения, открывая перспективы для интеграции с веб-платформой и мобильными приложениями.

Ключевые слова: мониторинг загруженности, тепловой датчик, ESP32, автономное устройство, обработка данных в реальном времени, веб-визуализация, Python, энергоэффективность, IoT.

PUBLIC SPACES CLUMBER MONITORING SYSTEM BASED ON HEAT SENSORS

**Dashko Tikhon Yurievich,
Lukashevich Vladislav Alexandrovich,
Marmatakis Nikitas Georgios,
Andreichuk Alexander Olegovich,
Sitsko Vladimir Alexandrovich**

Abstract. The development of the FlowCount system based on available components allows for effective monitoring of public space occupancy, ensuring the comfort and safety of visitors. The device, which uses the AMG8833 thermal sensor and the ESP32 microcontroller, provides accurate people counting with real-time data transfer via Wi-Fi or USB. Autonomous operation is achieved through 18650 Li-ion batteries and an optimized power management scheme. Testing has confirmed the operability of the solution, opening up prospects for integration with the web platform and mobile applications.

Key words: load monitoring, thermal sensor, ESP32, standalone device, real-time data processing, web visualization, Python, energy efficiency, IoT.

Введение. В современных условиях роста урбанизации и увеличения потока людей в общественных местах особую актуальность приобретает разработка систем, способных в реальном времени отслеживать уровень загруженности помещений. Традиционные решения, основанные на видеонаблюдении, сталкиваются с рядом существенных ограничений, включая высокую стоимость оборудования, сложность развертывания и вопросы, связанные с конфиденциальностью данных. В этом контексте особый интерес представляют альтернативные технологии, такие как тепловые датчики, которые сочетают в себе доступность, энергоэффективность и неинвазивность, не требуя идентификации конкретных людей.

Актуальность проекта обусловлена растущей потребностью в интеллектуальных системах управления людскими потоками в торговых центрах, музеях, аэропортах и других общественных пространствах. Подобные решения способны не только повысить комфорт посетителей, распределяя нагрузку между зонами, но и оптимизировать работу обслуживающего персонала, а также способствовать соблюдению норм безопасности, предотвращая чрезмерное скопление людей.

Новизна разработки заключается в применении комбинации теплового датчика AMG8833 (рисунок 1) и микроконтроллера ESP32, что обеспечивает оптимальный баланс между точностью подсчета, энергопотреблением и стоимостью системы. Особое внимание уделено автономности работы, что достигается за счет эффективного управления питанием, а также интеграции с веб-платформой для наглядной визуализации данных в режиме реального времени.



Рис. 1. Тепловой датчик AMG8833

Теоретическая значимость работы состоит в исследовании возможностей тепловых датчиков для задач подсчета людей, что расширяет научные представления о применении подобных технологий в системах мониторинга. Практическая ценность заключается в создании готового к внедрению решения, которое может быть адаптировано и масштабировано для различных типов общественных пространств.

Основная часть. При разработке систем мониторинга загруженности ключевым аспектом является выбор аппаратной платформы. В проекте FlowCount использован микроконтроллер ESP32 (рисунок 2), который сочетает высокую производительность (520 КБ оперативной памяти) с низким энергопотреблением и поддержкой беспроводных интерфейсов Wi-Fi и Bluetooth. Эти характеристики делают его идеальным решением для IoT-устройств, требующих стабильного подключения и длительной автономной работы.

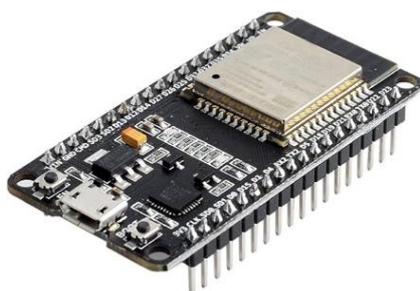


Рис. 2 Микроконтроллер ESP32

Тепловой датчик AMG8833, представляющий собой матрицу 8×8 пикселей, фиксирует распределение температуры в зоне наблюдения. В отличие от видеокамер, он обеспечивает достаточную точность подсчета людей при значительно меньших вычислительных затратах, а также полностью исключает проблемы, связанные с конфиденциальностью, поскольку не сохраняет изображения.

Для обеспечения длительной автономной работы система оснащена двумя аккумуляторами 18650 (емкостью 3000 мА·ч каждый) и модулем заряда TP4056. В тестовом режиме устройство демонстрирует срок работы до 15 суток без подзарядки, что подтверждает его энергоэффективность.

Программная часть проекта включает несколько компонентов. На микроконтроллере ESP32 реализован алгоритм обработки данных с датчика, написанный на C++ с использованием специализированных библиотек для работы с AMG8833. Для визуализации и передачи данных на сервер разработано программное обеспечение на Python, использующее библиотеки PySerial, Tkinter и Requests. Веб-платформа (рисунок 3), созданная на JavaScript, предоставляет удобный интерфейс для мониторинга загруженности в реальном времени, позволяя операторам быстро реагировать на изменения ситуации.

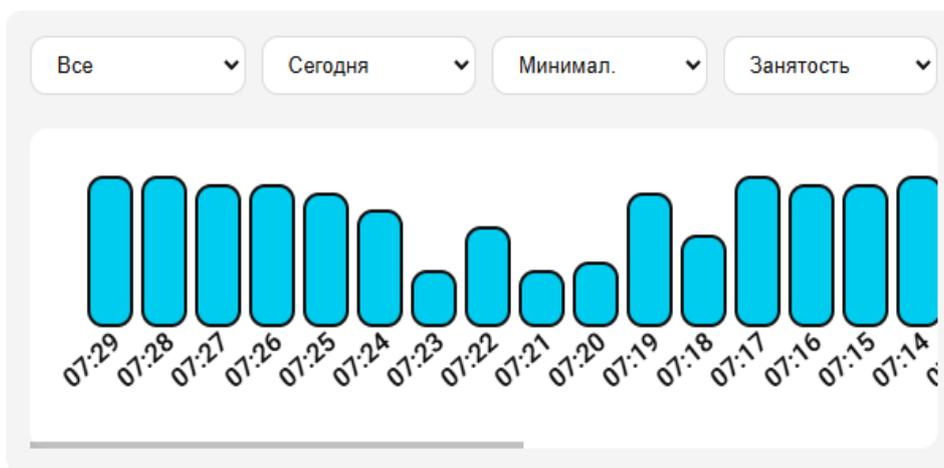


Рис. 3. График мониторинга на веб-платформе

Результаты тестирования показали следующее. В ходе испытаний система продемонстрировала точность подсчета на уровне ~85% при скорости движения людей до 1.5 м/с, что соответствует требованиям для большинства общественных пространств. Задержка передачи данных составила менее 2 секунд при использовании Wi-Fi, что обеспечивает актуальность информации на веб-платформе. Среднее энергопотребление устройства составило 0.8 Вт, что подтверждает заявленную автономность работы.

Однако были выявлены и некоторые ограничения. В частности, точность системы снижается при высокой плотности потока (более 5 человек в секунду), а также наблюдается зависимость от температуры окружающей среды, что требует периодической калибровки датчика.

Перспективы развития. Дальнейшее развитие проекта включает несколько направлений. Одним из ключевых шагов станет интеграция системы с мобильным приложением, которое сможет предоставлять персонализированные уведомления посетителям, помогая им избегать перегруженных зон. Также планируется внедрение алгоритмов машинного обучения для повышения точности подсчета, особенно в условиях высокой плотности потока.

Заключение. Проведённые исследования в рамках проекта FlowCount убедительно подтвердили потенциал использования тепловых датчиков для мониторинга людских потоков. Предложенное решение продемонстрировало свою практическую эффективность, предлагая экономичную, энергоэффективную и достаточно точную альтернативу традиционным системам видеонаблюдения.

Главным достижением стало создание работающего прототипа, успешно выполняющего задачу подсчёта посетителей. Прототип сохраняет все достоинства подхода IoT: лёгкость масштабирования,

возможность удалённого управления и минимальные эксплуатационные затраты. Особое внимание уделено принципу встроенной защиты конфиденциальности, что особенно актуально в условиях ужесточения законодательства о защите персональных данных.

Планы по развитию проекта предполагают несколько направлений. Техническое усовершенствование системы включает интеграцию дополнительных датчиков окружающей среды для компенсации температурных колебаний и внедрение механизмов локальной обработки данных прямо на устройстве. Внедрение подобных решений способно существенно повысить эффективность управления общественными пространствами, создавая более комфортную и безопасную среду для посетителей. Учитывая растущий интерес к технологиям умного города, проект FlowCount обладает всеми необходимыми предпосылками для успешной коммерциализации и широкого практического применения.

Список источников

1. Using the programmable region of interest (ROI) with the VL53L1X [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.st.com/resource/en/application_note/an5191-using-the-programmable-region-of-interest-roi-with-the-vl53l1x-stmicroelectronics.pdf — Дата доступа: 10.04.2025
2. Counting people with the VL53L1X long-distance ranging Time-of-Flight sensor [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.st.com/resource/en/user_manual/um2600-counting-people-with-the-vl53l1x-longdistance-ranging-timeofflight-sensor-stmicroelectronics.pdf — Дата доступа: 10.04.2025
3. Adafruit AMG8833 8x8 Thermal Camera Sensor [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://cdn-learn.adafruit.com/downloads/pdf/adafruit-amg8833-8x8-thermal-camera-sensor.pdf> — Дата доступа: 10.04.2025