

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ РАДИОФИЗИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
Кафедра квантовой радиофизики и оптоэлектроники

Аннотация к дипломной работе

**РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО КОНТРОЛЯ
КАЧЕСТВА РАБОТЫ 3D ПРИНТЕРА**

Бобрикович Назар Сергеевич

Научный руководитель – старший преподаватель Шулико К.И.

Минск, 2025

РЕФЕРАТ

Дипломная работа: 54 страницы, 20 рисунков, 10 источников, 1 приложения.

Ключевые слова: КОНТРОЛЬ 3D ПЕЧАТИ, TELEGRAM-БОТ, ESP32-CAM, ВИЗУАЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ, МИКРОКОНТРОЛЛЕР, АВТОМАТИЗАЦИЯ, УДАЛЁННЫЙ МОНИТОРИНГ.

Цель работы: разработка устройства для дистанционного контроля качества работы 3D-принтера с использованием микроконтроллера ESP32-CAM и Telegram-бота. Объектом исследования является процесс визуального контроля 3D-печати, а предметом — методы автоматического обнаружения дефектов и реализации удалённого управления через облачные сервисы.

В работе рассмотрены типичные дефекты, возникающие при FDM-печати, включая смещение слоёв, деформации и эффект «спагетти». Проанализированы возможности модуля ESP32-CAM для захвата и передачи изображений, а также принципы интеграции с Telegram API для реализации удалённого взаимодействия. Разработан алгоритм попиксельного сравнения изображений с пороговой фильтрацией, позволяющий фиксировать отклонения более чем на 5% пикселей текущего кадра по сравнению с эталонным.

Реализован функционал бота с поддержкой команд: запуска и остановки съёмки, управления питанием принтера через реле и получения статуса устройства. Экспериментально подтверждена работоспособность системы: ESP32-CAM стабильно выполняет съёмку, анализ и отправку изображений, а также принимает команды пользователя в режиме реального времени.

Разработанное решение может быть использовано для автоматизированного мониторинга 3D-печати в домашних и полупрофессиональных условиях, а также служить основой для дальнейшего развития систем технического зрения на базе недорогих микроконтроллеров.

РЭФЕРАТ

Дыпломная праца: 54 старонкі, 20 малюнкаў, 10 крыніц, 1 дадатак.

Ключавыя словы: КАНТРОЛЬ 3D-ДРУКУ, TELEGRAM-БОТ, ESP32CAM, ВІЗУАЛЬНЫ КАНТРОЛЬ, МІКРАКАНТРОЛЕР, АЎТАМАТЫЗАЦЫЯ, ДЫСТАНЦЫЙНЫ МАНІТОРЫНГ.

Мэта працы: распрацоўка прылады для дыстанцыйнага кантролю якасці працы 3D-прынтэра з выкарыстаннем мікракантролера ESP32-CAM і Telegram-бота. Аб'ектам даследавання з'яўляецца працэс візуальнага кантролю 3D-друку, а прадметам — метады аўтаматычнага выяўлення дэфектаў і рэалізацыі дыстанцыйнага кіравання праз воблачныя сэрвісы.

У рабоце разглядаюцца тыповыя дэфекты, якія ўзнікаюць пры FDM-друку, уключаючы зрух слаёў, дэфармацыі і эфект "спагеты". Прааналізаваны магчымасці модуля ESP32-CAM для захопу і перадачы выяў, а таксама прынцыпы інтэграцыі з Telegram API для рэалізацыі дыстанцыйнага ўзаемадзеяння. Распрацаваны алгарытм папíксельнага параўнання выяў з парогавай фільтрацыяй, які дазваляе фіксаваць адхіленні больш чым на 5% пікселяў бягучага кадра ў параўнанні з эталонным.

Рэалізаваны функцыянал бота з падтрымкай каманд: запуску і спынення здымкі, кіравання харчаваннем прынтэра праз рэле і атрымання статусу прылады. Эксперыментальна пацверджана працаздольнасць сістэмы: ESP32-CAM стабільна выконвае здымку, аналіз і адпраўку выяў, а таксама прымае каманды карыстальніка ў рэжыме рэальнага часу..

ABSTRACT

Diploma thesis: 54 pages, 20 images, 10 sources, 1 appendix.

Keywords: 3D PRINTING MONITORING, TELEGRAM BOT, ESP32-CAM, VISUAL INSPECTION, MICROCONTROLLER, AUTOMATION, REMOTE MONITORING.

The objective of this work is the development of a device for remote quality control of 3D printer operation using the ESP32-CAM microcontroller and a Telegram bot. The research focuses on the process of visual monitoring of 3D printing, with an emphasis on methods for automatic defect detection and remote control implementation via cloud services.

The study examines typical defects in FDM printing, including layer shifting, warping, and the "spaghetti effect." The capabilities of the ESP32-CAM module for image capture and transmission are analyzed, along with the principles of Telegram API integration for remote interaction. An algorithm for pixel-by-pixel image comparison with threshold filtering has been developed, capable of detecting deviations exceeding 5% of pixels in the current frame compared to the reference.

The implemented bot functionality includes commands for starting/stopping image capture, printer power control via relay, and device status retrieval. Experimental testing confirmed the system's reliability: the ESP32-CAM consistently performs image capture, analysis, and transmission while processing user commands in real time.

The developed solution can be used for automated 3D printing monitoring in home and semi-professional environments, as well as serve as a foundation for further development of computer vision systems based on low-cost microcontrollers.