

# РАЗРАБОТКА WEB-ИНТЕРФЕЙСА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ 3D ПЕЧАТЬЮ ПОД ULTIMAKER

*Боярчуков А.А., Маликов М.А.,  
Приходько Р.В., Сысоев Д.М.,  
Чебоксарова Е.А., Чеканов И.С.*

*Национальный исследовательский институт  
«Высшая школа экономики»,  
департамент электронной инженерии,  
департамент компьютерной инженерии  
МИЭМ НИУ ВШЭ*

## Аннотация

На данный момент управлять процессом 3D печати возможно только непосредственно с принтера или с компьютера, подключенного к принтеру по локальной сети. При этом важно постоянно следить за процессом печати для отслеживания качества печати и появления дефектов. Данный проект предлагает способ дистанционного управления процессом 3D печати и автоматизированного контроля возникающих дефектов.

## Введение

В настоящее время 3D печать становится одним из самых популярных, распространенных и доступных инструментов для создания деталей, моделей, учебных стендов и предметов из разных сфер жизни. Благодаря простоте в освоении такой печати, 3D принтеры уже широко применяются как в промышленном, так и в потребительском сегментах.

На данный момент управление запуском 3D печати и контроль за ходом её выполнения является трудоёмким процессом, требующим высокой квалификации. Использование онлайн-сервиса для контроля этого процесса в реальном времени может сделать его более доступным и понятным для обычного пользователя, а внедрение нейросетей в процесс печати поможет автоматизировать отслеживание качества печати 3D принтера.

Актуальность темы обуславливается отсутствием в настоящий момент комплексных решений подобного типа. Существующие продукты созданы для настольных систем и позволяют управлять запуском и процессом печати на принтерах, находящихся в локальной сети. В свою очередь, отмечать неполадки, возникающие в ходе печати, может только человек, находящийся в непосредственной близости с принтером. Использование онлайн-сервиса с автоматизированным отслеживанием процесса печати поможет сократить трудозатраты, что является важным требованием в промышленном сегменте. Такая система поможет расширить производство продуктов посредством 3D печати за счёт снятия части обязанностей с сотрудников предприятия.

Следовательно, целью работы является создание онлайн-сервиса, реализующего функционал контроля ключевых параметров 3D принтера, возможность запуска и остановки печати,

а также позволяющий в реальном времени получать сообщения о дефектах, возникших в процессе работы устройства и выявленных нейросетью. Web-интерфейс сервиса должен быть оптимизирован для использования как на мобильных, так и на стационарных устройствах и позволять контролировать процесс печати из любой точки мира.

В данной работе проведен анализ аналогов, а также приведён метод достижения поставленной цели.

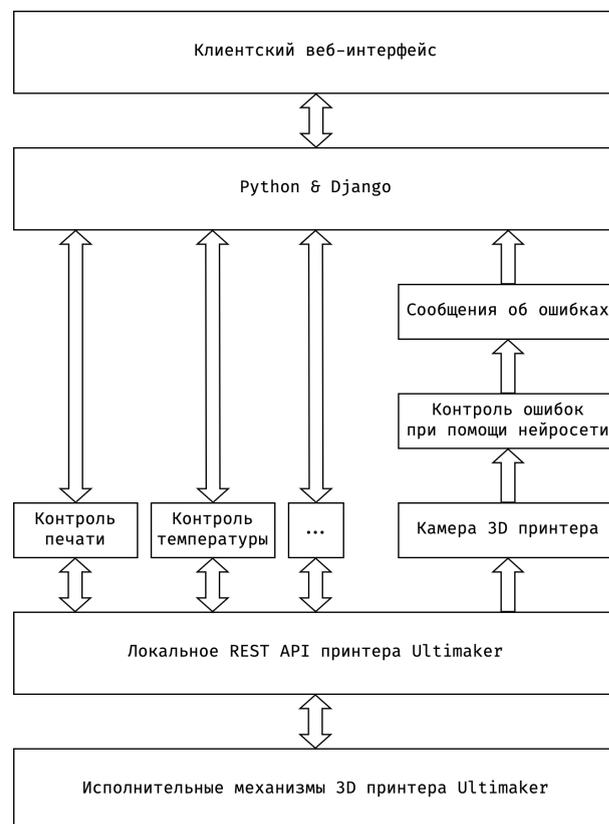


Рис. 1. Структурная схема проектного решения.

## Анализ аналогов

В настоящее время наиболее распространённый алгоритм запуска печати на 3D принтере состоит из следующих шагов: 3D модель подготавливается при помощи программы-слайсера, которая преобразует объект в набор команд для механики принтера; файл с командами переносится на съёмный носитель, который затем подключается к принтеру; непосредственно на принтере происходит выбор нужного файла с командами и запуск печати.

Управление печатью на принтерах марки Ultimaker может осуществляться при помощи собственных разработок компании — Ultimaker Cura или Ultimaker 3 App, а также при помощи сторонних программ.

Ultimaker Cura — самое популярное решение для слайсинга моделей и контроля печати на принтерах серии Ultimaker, так как оно имеет максимальную совместимость с устройствами компании, удобный и понятный пользователю интерфейс, а также позволяет управлять 3D печатью, отслеживать состояние по камерам в

реальном времени, настраивать множество различных параметров печати, поддерживает большинство форматов 3D объектов. К недостаткам можно отнести низкую скорость работы на ПК и невозможность управлять принтерами удаленно.

Ultimaker 3 App — мобильное приложение-компаньон для принтеров компании Ultimaker. Оно также поддерживает удаленный контроль печати в реальном времени, содержит онлайн-сервис слайсинга моделей для подготовки их к печати. Из недостатков сервиса можно выделить возможность работы только по локальной сети и ограниченность поддержки форматов — в настоящее время приложение работает только с файлами STL.

Одним из популярных универсальных решений для печати на 3D принтерах является OctoPrint. Данный продукт устанавливается на микрокомпьютеры Raspberry Pi и выступает в качестве альтернативы компьютеру, подключённому к принтеру. При помощи встроенного web-интерфейса программа позволяет управлять печатью, отслеживать её текущее состояние, сохранять видео с камер принтеров, создавать timelapse записей, подготавливать модели к печати (поддерживает онлайн-сервис слайсинга). Главная трудность в использовании данного ПО — сложная и ненадёжная схема подключения между микрокомпьютером и принтером, что является существенным аргументом против OctoPrint для начинающего пользователя.

Из описанного выше следует, что в настоящий момент ни один программный продукт не совмещает в себе такие характеристики, как кросс-платформенность, доступ к принтеру из внешней сети, использование нейросетей для контроля процесса печати.

### **Web-интерфейс**

В реализации пользовательского интерфейса планируется применить язык Python и совместимый с ним web-фреймворк Django. Эти инструменты позволяют создавать надёжные и гибкие web-сервисы.

Django предоставляет разработчику экосистему для удобной web-разработки. Так, он включает в себя множество параметров для настройки поведения сайта, а также Object-Relational Mapper собственной разработки. Последняя особенность важна в контексте описываемого проектного решения, так как оно включает в себя такой функционал, как авторизацию пользователей, разграничение прав, возможность контроля нескольких принтеров с одного сервера.

### **Нейронная сеть**

Для распознавания и отслеживания дефектов при печати в работе планируется применить машинное обучение. Для создания нейросети выбран язык программирования Python и библиотека TensorFlow Keras.

TensorFlow выполняет все низкоуровневые вычисления и преобразования и служит основой для проектирования нейросетей; Keras управляет

моделями, по которым проходят вычисления. Данная связка библиотек предназначена для глубокого машинного обучения, которое позволяет предсказывать результат по набору входных данных.

Особенность глубокого обучения заключается в том, что при этом методе используются многослойные сети, то есть сети с большим количеством уровней. Каждый слой, кроме первого, обрабатывает данные, которые уже прошли через предыдущие этапы и отправляет результаты вычислений на следующий слой. Результаты между уровнями — это обычно набор числовых значений, которые так или иначе отражают характеристики входных данных. Чаще всего выходные данные — это вероятность того, что на картинке тот или иной объект.

Разработка входного набора данных разделена на два этапа: первый этап подразумевает непосредственно запись 3D печати и ручной анализ видеоматериала на дефекты. Второй этап включает в себя разделение на кадры и выборку изображений с дефектами. Далее создаются три каталога, каждый из которых имеет различную цель. На первом каталоге нейросеть обучается, во втором изображения проходят валидацию. Третий каталог содержит в себе все тестовые кадры для проверки работы нейронной сети и последующей её отладки.

### **Заключение**

Данный проект позволит пользователю контролировать процесс 3D печати в удалённом режиме. Также программное обеспечение позволит с наименьшей задержкой в автоматизированном режиме обнаруживать и исправлять возникающие дефекты печати. Это позволит полностью проконтролировать процесс печати, отладить его и исключить появление различных дефектов, достигнув желаемого результата.

### **Список литературы**

1. Ultimaker software tools // Ultimaker BV URL: <https://ultimaker.com/software> (дата обращения: 19.01.2023).
2. Рэдвуд Б., Гаррэт Б., Шофер Ф. 3D-печать. Практическое руководство. — М.: ДМК-Пресс, 2020. — 220 с.
3. William S. Vincent Django for Professionals: Production websites with Python & Django. - Washington: WelcomeToCode, 2020. — 314 с.
4. Straub J. Initial work on the characterization of additive manufacturing (3D printing) using software image analysis //Machines. — 2015. — Т. 3. — №. 2. — С. 55-71.
5. About // Octoprint URL: <https://octoprint.org/> (дата обращения: 10.01.2023).
6. Ивашкова К. П., Филиппов А. Н., Копасов Е. А. Анализ и систематизация дефектов 3D-печати //Известия высших учебных заведений. Приборостроение. — 2017. — Т. 60. — №. 5. — С. 426-430.
7. Wickramasinghe S., Do T., Tran P. FDM-based 3D printing of polymer and associated composite: A review on mechanical properties,

- defects and treatments //Polymers. – 2020. – Т. 12. – №. 7. – С. 1529.
8. Удалённый мониторинг 3D-принтера. Рассуждаем // Хабр URL: <https://habr.com/ru/company/first/blog/671102/> (дата обращения: 17.01.2023).
  9. Virta M. The capabilities of the fused deposition modeling machine Ultimaker and its adjusting for the biomedical research purposes : дис. – 2014.
  10. Aurélien Géron Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow: Concepts, Tools, and Techniques to Build Intelligent Systems. - 2-е изд. - O'Reilly Media, 2019. - 856 с.
  11. Созыкин А. В. Обзор методов обучения глубоких нейронных сетей //Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Вычислительная математика и информатика. – 2017. – Т. 6. – №. 3. – С. 28-59.