

Разработка веб-приложения для автоматизации обработки бланков государственной итоговой аттестации

Штепа Михаил Евгеньевич

Дальневосточный государственный университет путей сообщения

Студент

Аннотация

Современные образовательные системы сталкиваются с необходимостью обработки большого объема экзаменационных материалов, таких как бланки государственной итоговой аттестации (ГИА). Традиционные методы ручной проверки являются трудоемкими и подвержены ошибкам, что снижает эффективность и прозрачность процесса. В данной статье представлена разработка веб-приложения, предназначенного для автоматизации предварительной обработки сканированных бланков ГИА. Приложение обеспечивает проверку качества изображений, соответствие формату, распознавание рукописных ответов с использованием нейросетевой модели CRNN и интеграцию с базой данных PostgreSQL. Результатом стало создание надежного и удобного инструмента, который сокращает временные затраты и минимизирует ошибки, связанные с человеческим фактором.

Ключевые слова: государственная итоговая аттестация, автоматизация, веб-приложение, нейросетевая модель, PostgreSQL, CRNN, цифровизация образования.

Development of a web application for automation of processing of state final certification forms

Shtepa Mikhail Evgenievich

Far Eastern State Transport University

Student

Abstract

Modern educational systems are faced with the need to process a large volume of examination materials, such as state final certification forms. Traditional methods of manual verification are labor-intensive and error-prone, which reduces the efficiency and transparency of the process. This article presents the development of a web application designed to automate the preliminary processing of scanned SFC forms. The application provides image quality check, format compliance, recognition of handwritten answers using the CRNN neural network model and integration with the PostgreSQL database. The result was the creation of a reliable and convenient tool that reduces time costs and minimizes human errors.

Keywords: state final certification, automation, web application, neural network model, PostgreSQL, CRNN, digitalization of education.

Современное образование активно внедряет информационные технологии в процессы управления и анализа данных. Одним из ключевых этапов в обеспечении достоверности результатов государственной итоговой аттестации (ГИА) является предварительная обработка файлов, содержащих скан-копии экзаменационных материалов. Этот этап включает в себя проверку качества изображений, корректность формата, соответствие требованиям к структуре и содержанию файлов. Традиционные подходы к предобработке, основанные на ручной проверке, подвержены риску ошибок, требуют значительных временных затрат и зависят от человеческого фактора, что негативно сказывается на оперативности и надежности всего процесса. В этой связи возникает объективная необходимость в создании автоматизированных систем предобработки, способных быстро и точно оценивать соответствие загружаемых файлов установленным параметрам, тем самым обеспечивая высокую эффективность и прозрачность итоговой аттестации.

Анализ существующих решений показал, что в регионах России используются системы, разработанные Федеральным институтом педагогических измерений (ФИПИ) и региональными центрами обработки информации (РЦОИ). Исследования [1, 2, 3] посвящены разработке систем распознавания для бланков. Примеры успешного применения гибридных архитектур для распознавания рукописных символов отражены в работах [4, 5]. Однако большинство из них не охватывают этап предварительной валидации файлов, что ограничивает их применение для масштабных образовательных проектов.

Коррекция ошибок в распознанных текстах описывается в статьях [6, 7], однако речь идет об этапе постобработки.

Таким образом, можно говорить об отсутствии программных решений для автоматизации обработки бланков ГИА с предварительной проверкой файлов.

Целью работы является разработка веб-приложения для автоматизации обработки бланков ГИА, обеспечивающего предварительную проверку файлов, распознавание ответов и интеграцию с базой данных для хранения результатов.

Основными функциями системы являются:

- загрузка сканов через веб-интерфейс;
- предобработка изображений (коррекция и нормализация);
- распознавание рукописных и печатных ответов с использованием нейросетевых моделей;
- сохранение результатов в базе данных.

Для построения функциональной модели информационной системы применяются диаграммы вариантов использования, основанные на нотации UML. В ходе анализа проектируемой системы были выделены следующие ключевые актёры:

- администратор – пользователь, обладающий расширенными правами, не только для выполнения задач обычного пользователя, но и для расширенного доступа к информации файлов;

– обычный пользователь – основной участник, осуществляющий работу с веб-приложением, например, загрузка отсканированных бланков.

Связи между акторами и вариантами использования отражаются с помощью нескольких видов отношений:

- ассоциация – базовая связь, демонстрирующая прямое взаимодействие между конкретным актёром и функцией системы;
- обобщение – используется для отображения иерархии, когда один актёр или вариант использования наследует свойства другого, более общего;
- включение (include) – показывает, что определённый вариант использования обязательно включает в себя другой, как составную часть общей логики выполнения;
- расширение (extend) – указывает на дополнительное, опциональное поведение, которое может быть добавлено к основному варианту использования при определённых условиях.

По исходным данным была построена контекстная диаграмма, которая описывает взаимодействие актёров в соответствии с их возможностями в пределах разрабатываемой информационной системы, представленная на рисунке 1.

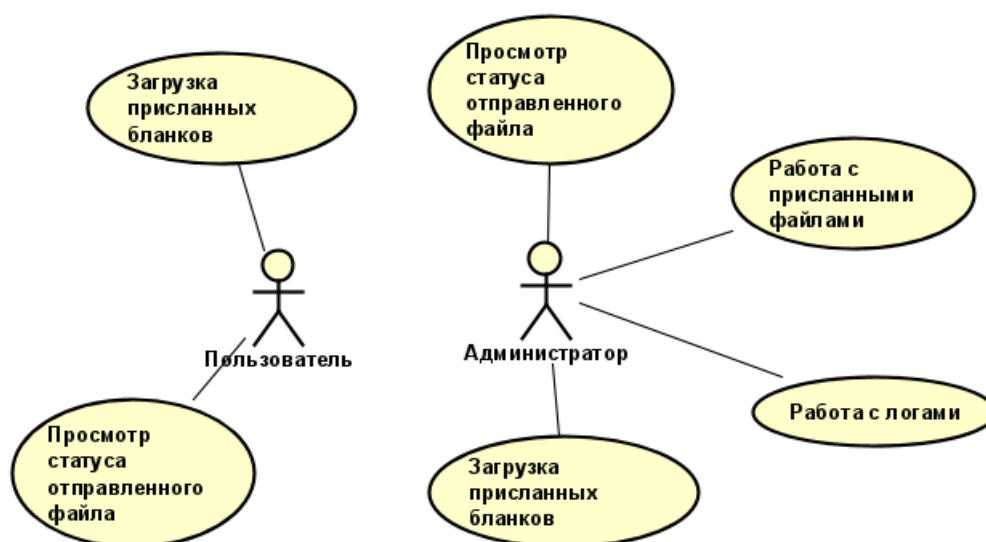


Рисунок 1 – Контекстная диаграмма вариантов использования

На основе данной контекстной диаграммы созданы две диаграммы декомпозиции, представленные на рисунках 2 и 3. Они отражают процессы работы пользователя и администратора.

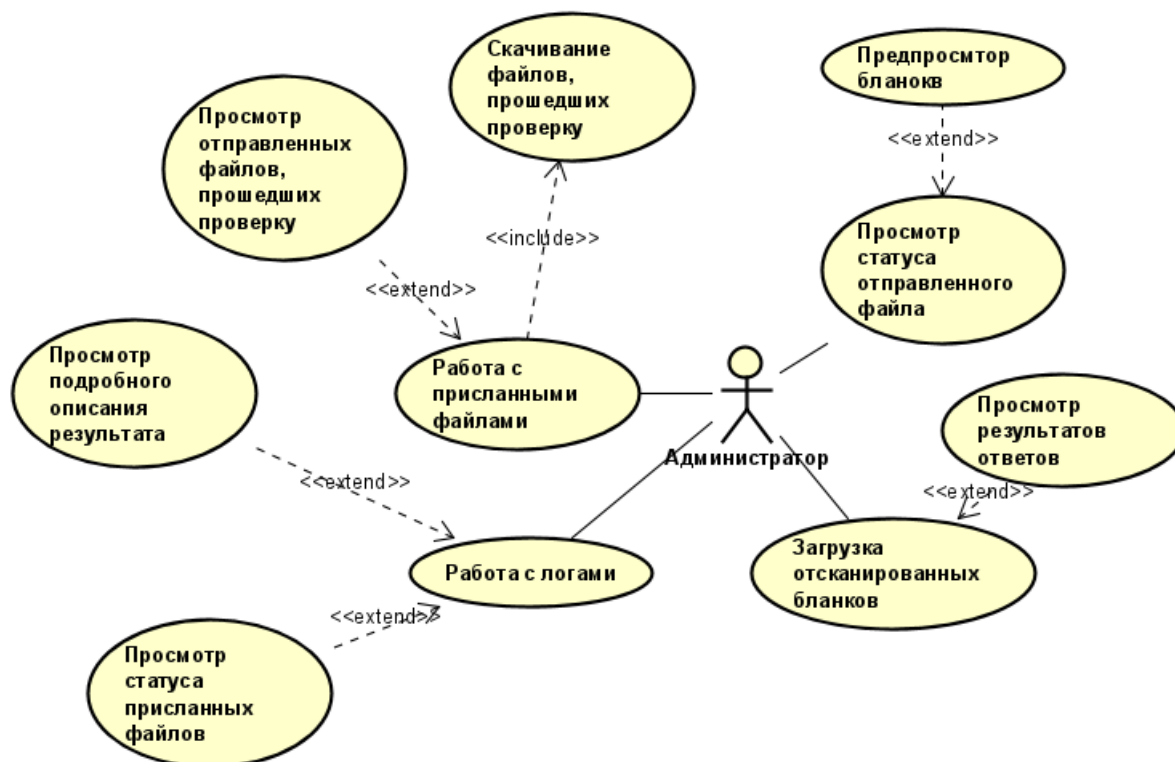


Рисунок 2– Диаграмма декомпозиции варианта использования «Администратор»

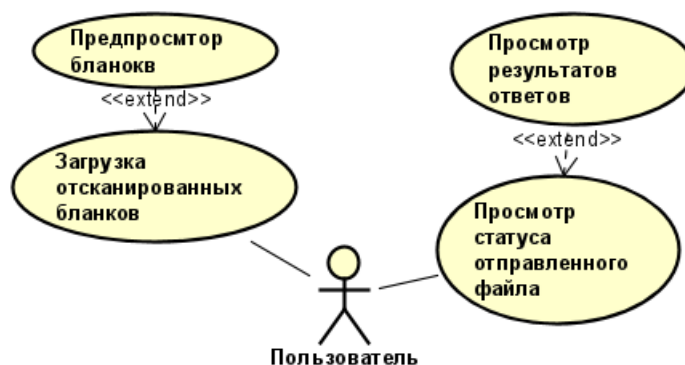


Рисунок 3 – Диаграмма декомпозиции варианта использования «Пользователь»

На основе диаграмм классов UML была разработана информационная модель разрабатываемого программного обеспечения. Для этого были построены соответствующие диаграммы, отражающие структуру как серверной, так и клиентской частей веб-приложения.

На рисунках 4 и 5 представлены логическая и физическая диаграммы классов веб-приложения, отражающие архитектуру программного обеспечения.

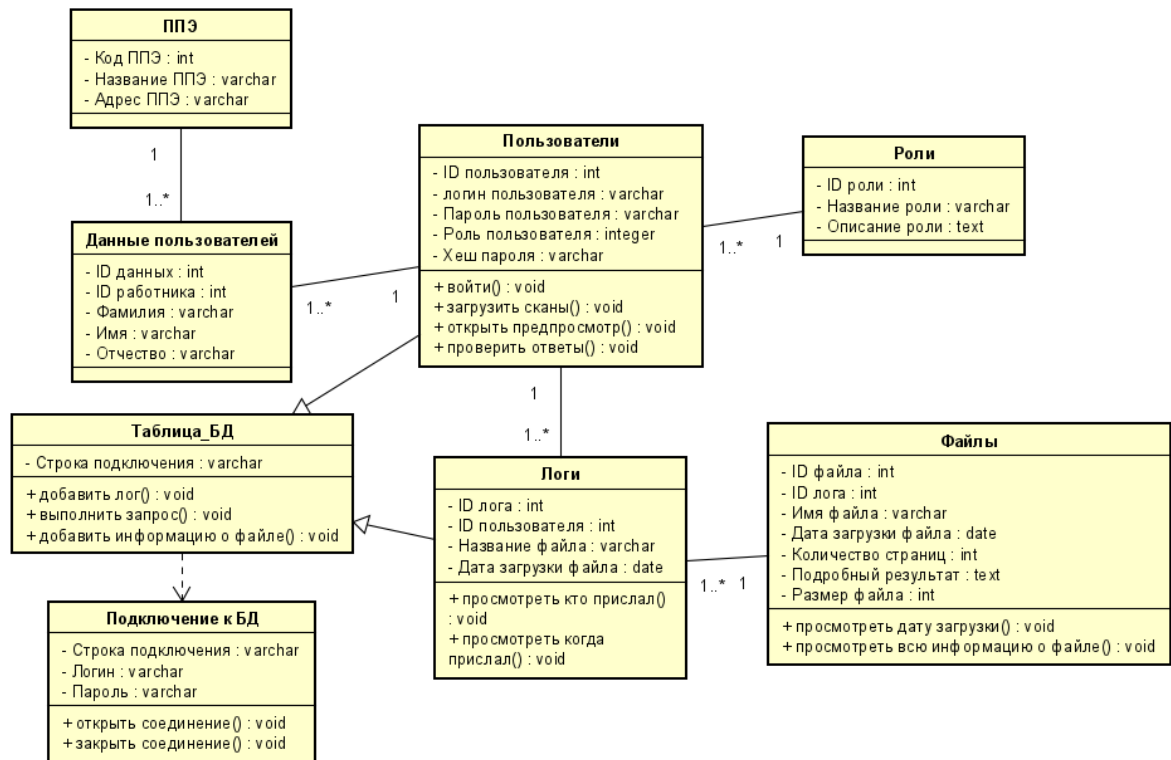


Рисунок 4 – Логическая диаграмма классов веб-приложения

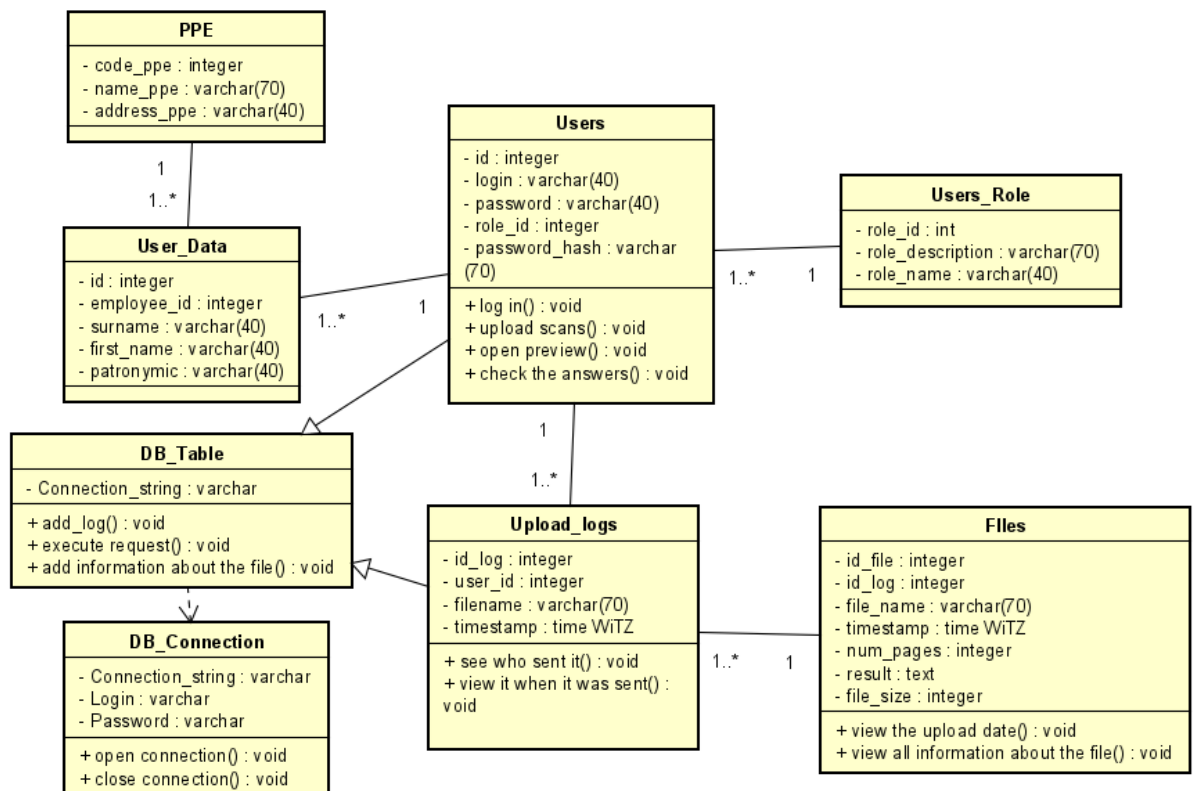


Рисунок 5 – Физическая диаграмма классов веб-приложения

Для разработки веб-приложения были выбраны следующие инструменты:

- Язык программирования Python 3.9+ (библиотеки Pillow для обработки изображений, OpenCV для анализа качества сканов, FastAPI для backend-разработки).
- Система управления базами данных (СУБД) PostgreSQL 14+ (хранение данных пользователей, логов загрузок, результатов обработки).
- Фреймворк для веб-разработки FastAPI, который обеспечивает высокую производительность и асинхронную обработку запросов.
- Среда разработки: Visual Studio Code с расширениями для Python, SQL и веб-разработки.
- Дополнительные библиотеки:
 - SQLAlchemy (ORM для работы с PostgreSQL);
 - Alembic (миграции базы данных);
 - PyTesseract (опциональное распознавание печатного текста);
 - TensorFlow/Keras (реализация нейросетевой модели CRNN).

Для автоматического распознавания рукописных ответов на бланках ГИА была применена гибридная архитектура CRNN (Convolutional Recurrent Neural Network), сочетающая сверточные (CNN) и рекуррентные (RNN) слои.

Архитектура модели:

1. Сверточная часть (CNN):
 - 3-5 слоев CNN с функцией активации ReLU и слоями MaxPooling для выделения ключевых признаков (границы символов, штрихи).
 - Нормализация BatchNormalization для ускорения обучения.
2. Рекуррентная часть (RNN):
 - Двухнаправленные LSTM-слои для анализа последовательностей признаков.
 - Учет контекста символов (например, связь между цифрами в числовом ответе).
3. CTC-слой (Connectionist Temporal Classification) позволяет модели работать с неразмеченными последовательностями, что критично для рукописного текста.

Обучение модели происходило на тематическом датасете.

Предобработка данных включает:

- Нормализацию яркости/контраста;
- Аугментацию (повороты, шум, изменения масштаба);
- Разметку областей с ответами (использовался формат Pascal VOC).

Точность распознавания на тестовой выборке составила примерно 94%.

Перед распознаванием система выполняет автоматическую валидацию загруженных TIFF-файлов по критериям:

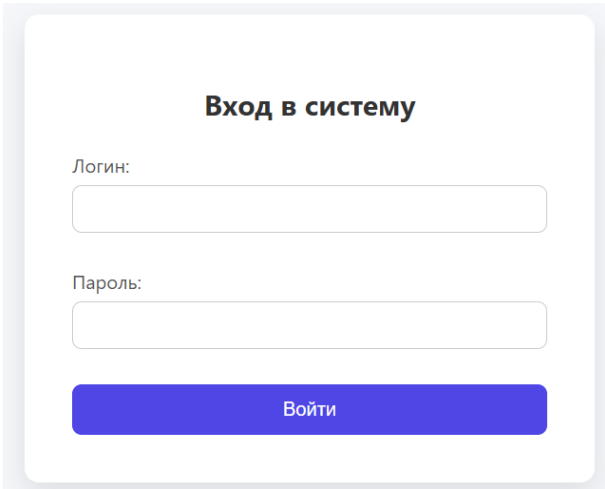
- Размер страницы: ≤ 2 МБ.
- Разрешение: ≥ 300 DPI.
- Угол наклона: $\leq 3^\circ$.

- Наличие штрихкодов/QR-кодов (проверка через OpenCV и pyzbar).

При запуске веб-приложения первым элементом взаимодействия с пользователем является окно авторизации, которое выполняет ключевую роль в обеспечении информационной безопасности и контроля доступа к функциональным возможностям системы. Авторизация служит не только средством защиты данных от несанкционированного доступа, но и механизмом, реализующим разграничение прав пользователей на основе ролевой модели. В рамках данной системы предусмотрены как минимум две основные роли: «Пользователь» и «Администратор», каждая из которых обладает определённым уровнем доступа и набором функциональных прав.

Без прохождения процедуры авторизации доступ к веб-приложению полностью ограничен. Пользователь не может перейти на другие вкладки интерфейса, просматривать содержимое или выполнять какие-либо действия. Это позволяет исключить возможность случайного или преднамеренного вмешательства в работу системы со стороны посторонних лиц.

Процедура авторизации осуществляется путем ввода логина и пароля, которые предварительно выдаются администратором регионального центра оценки качества образования. Полученные данные необходимо ввести в соответствующие текстовые поля, отображаемые в окне авторизации, представленные на рисунке 6, после чего необходимо нажать кнопку «Войти». В случае успешного ввода данных пользователь получает доступ к системе в соответствии со своей ролью.



The image shows a web-based login form. At the top, the title "Вход в систему" (Login to the system) is centered. Below the title, there are two input fields. The first is labeled "Логин:" (Login:) and the second is labeled "Пароль:" (Password:). Both fields are empty. Below the password field, there is a blue button with the text "Войти" (Login) in white. The entire form is enclosed in a light gray border.

Рисунок 6 – Окно авторизации

Для повышения уровня защищенности предусмотрен механизм ограничения количества попыток входа. Пользователю предоставляется пять попыток авторизации. В случае, если все пять попыток завершатся неудачей (вводом неверных данных), система временно блокирует возможность входа – доступ будет закрыт на 5 минут. Это решение направлено на противодействие

автоматическим подборкам паролей и повышает устойчивость к атакам типа brute-force.

После прохождения проверки учетных данных пользователь получает доступ к функционалу веб-приложения в соответствии со своей ролью и установленными правами доступа. Если пользователь авторизуется под ролью сотрудника образовательного учреждения (обычного пользователя), его встречает главная страница сайта, интерфейс которой представлен на рисунке 7. Эта страница является центральным рабочим пространством для загрузки и последующей обработки отсканированных бланков ответов. Интерфейс страницы интуитивно понятен и содержит все необходимые элементы для выполнения основной задачи – передачи файлов на сервер для автоматической проверки.

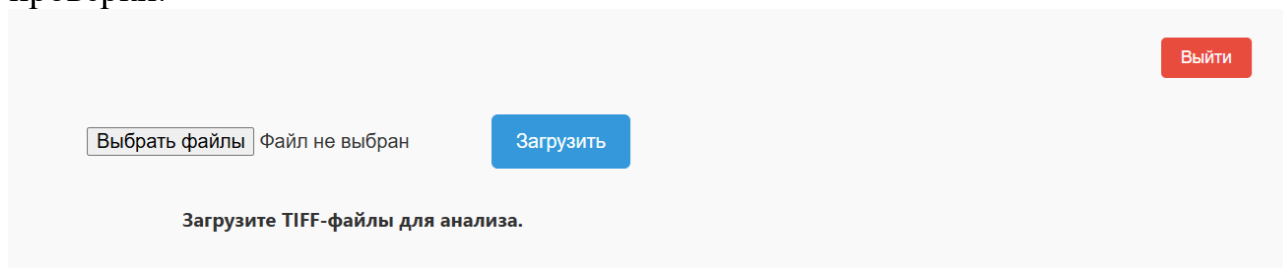


Рисунок 7 – Главная страница пользователя

Пользователю предлагается воспользоваться кнопкой «Выбрать файлы», с помощью которой можно указать необходимые сканированные образы бланков, подготовленные для обработки. После выбора нужных файлов необходимо нажать на кнопку «Загрузить», в результате чего начинается процесс передачи данных на сервер. Загрузка сопровождается соответствующей визуальной индикацией, что позволяет контролировать ход выполнения операции.

Дополнительно в интерфейсе главной страницы присутствует кнопка «Выйти», расположенная, как правило, в верхней части экрана. Нажатие этой кнопки инициирует процедуру завершения сессии, после чего пользователь выходит из своей учетной записи и автоматически перенаправляется на страницу авторизации.

В процессе загрузки файлов предусмотрены два возможных сценария: либо файл успешно проходит этап предварительной проверки и направляется на сервер, либо он отклоняется системой в связи с несоответствием установленным требованиям. Предобработка осуществляется автоматически и представляет собой обязательный этап валидации, на котором файл анализируется по ряду параметров, ключевыми среди них являются допустимый размер каждой отдельной страницы TIFF-документа, соответствие разрешения и ориентации изображения установленным стандартам, допустимые значения угла наклона, корректность структуры многостраничного файла, а также наличие и читаемость штрихкодов и QR-кодов.

Если хотя бы один из параметров выходит за пределы допустимых значений, файл автоматически отклоняется, а пользователь получает визуализированное уведомление с указанием причины отказа, при этом проблемный параметр в интерфейсе подсвечивается красным цветом, что позволяет оперативно определить источник ошибки и предпринять необходимые корректирующие действия. Такой механизм существенно повышает удобство работы с системой и снижает количество ошибок при загрузке документов.

В случае успешного прохождения всех проверок файл без участия пользователя автоматически загружается на сервер, что обеспечивает упрощение пользовательского взаимодействия и ускорение обработки данных.

На рисунке 8 представлен пример отказа в загрузке, вызванного превышением допустимого размера на страницу. Каждая страница загружаемого TIFF-файла имела объём 8.29 МБ, что существенно превышает установленный лимит в 2 МБ на одну страницу. Наличие подобной проверки позволяет избежать негативных последствий, связанных с загрузкой чрезмерно больших файлов, которые могут повлиять на производительность системы и эффективность использования серверных ресурсов.

Выйти

Выбрать файлы

Файл не выбран

Загрузить

Файл: GIA9_125.tif (страниц: 9)

Страница	Размер (пикс)	DPI	Наклон (°)	Чёткость	Размер (МБ)	Штрихкоды	QR-коды	Статус
1	2480 x 3507	300.0	1.75	4374.52	8.29	2416000730782	2416000730782000000000000006929AA9C79E43D7180C30F4CFF9E579A70060946EDB217DDA85754E	✗
2	2480 x 3507	300.0	1.77	4290.38	8.29	2416000730690	24160007306900000000000000069288B9CD68E42C5181D10F5DDF9F459A61260854EDA337DCB5A75F5	✗
3	2480 x 3507	300.0	2.01	4269.26	8.29	2416000730713	241600073071300000000000000006929389CCE8E4346180520F45EF9EC69A791609D7EDB807DD3957567	✗
4	2480 x 3507	300.0	2.01	4248.93	8.29	2416000730805	24160007308050000000000000069262D9C3FEE4C50181440FB48F91D09A887606C1ED4A67D22F57ADD	✗
5	2480 x 3507	300.0	1.96	4372.42	8.29	2416000730744	24160007307440000000000000069296C9CC8FE4311180050F409F9E919A7C660980EDBE77DD6E575F0	✗
6	2480 x 3507	300.0	1.8	4375.8	8.29	2416000730638	2416000730638000000000000006928109CDC3E426D181790F575F9FED9A68A608FCEDA9B7DC1257475	✗
7	2480 x 3507	300.0	1.15	4252.39	8.29	2416000730737	24160007307370000000000000069291F9CCCCA4362180760F47AF9E29A7B5609F3EDB947DD1D5759F	✗
8	2480 x 3507	300.0	1.37	4309.85	8.29	2416000730751	2416000730751000000000000006929799CAAE43A04180100F41CF9E849A7D360995EDBF27DD7B57591	✗
9	2480 x 3507	300.0	1.55	4296.72	8.29	2416000730669	2416000730669000000000000006928419CD9E423C181280F524F9BC9A6E8608ADEACA7DC4357430	✗

Рисунок 8 – Отказ по причине превышения размера

На рисунке 9 представлен пример отклонения файла на этапе предварительной валидации по причине превышения допустимого значения угла наклона одной из страниц TIFF-документа. В рамках установленных требований предельное допустимое отклонение изображения от вертикальной оси составляет не более 3° , это значение обусловлено необходимостью обеспечения корректной последующей обработки изображения, в том числе – точного распознавания символов, штрихкодов и других структурированных элементов, в случае, когда угол наклона превышает установленное значение, существует вероятность возникновения искажений при анализе и интерпретации содержимого страницы.

Выйти

Выбрать файлы

Файл не выбран

Загрузить

Файл: **GIA9_125_0002_2024.06.03_Русский_язык_БО.tiff** (страниц: 28)

Рисунок 9 – Отказ по причине превышения угла наклона

В приведённом на рисунке примере одна из страниц имела угол наклона, равный $4,49^0$, что превышает максимально допустимый предел, несмотря на то что визуально такое отклонение может показаться незначительным, оно существенно влияет на качество обработки, особенно при использовании алгоритмов оптического распознавания символов (OCR) и систем анализа изображений. Именно поэтому система строго отслеживает данный параметр и автоматически отклоняет файлы, содержащие страницы с недопустимым наклоном.

После выявления несоответствия пользователь получает соответствующее уведомление, в котором указана конкретная причина отказа. Проблемная страница и значение угла отклонения визуализируются в интерфейсе, а превышение допустимого значения выделяется красным цветом, это позволяет пользователю быстро принять решение о необходимости коррекции исходного документа, например, посредством повторного сканирования с корректной ориентацией или использования алгоритмов автовыравнивания до повторной загрузки файла в систему.

На рисунке 10 представлен пример успешной загрузки файла, прошедшего все этапы предварительной проверки и допущенного к отправке на сервер, данный случай демонстрирует корректную работу механизма валидации, реализованного в системе, а также подтверждает соответствие загружаемого документа всем установленным параметрам контроля качества, в частности, для каждой страницы TIFF-файла были соблюдены требования по максимальному допустимому размеру, разрешению, ориентации, количеству страниц, углу наклона, а также наличие и корректная читаемость штрихкодов и/или QR-кодов.

Процедура валидации, предшествующая отправке файла на сервер, осуществляется в автоматическом режиме и направлена на обеспечение надежности, стабильности и высокой точности дальнейшей обработки

данных. Только в случае полного соответствия всем критериям файл считается допустимым и передается на сервер для последующих операций.

Выйти

Выбрать файлы

Файл не выбран

Загрузить

Файл: GIA9_125_0002_2024.06.03_Русский_язык_БР.tiff (страниц: 13) — [Просмотреть TIFF](#)

Рисунок 10 – Файл прошел проверку

После загрузки файла на этап предварительной проверки пользователю предоставляется возможность просмотреть содержимое любого изображения, входящего в состав многостраничного TIFF-документа. Для этого в интерфейсе реализована функция интерактивного предпросмотра, позволяющая открыть нужную страницу по клику на её номер. Каждый номер страницы в списке визуализируется в виде активной гиперссылки, что делает навигацию интуитивно понятной и удобной даже для неподготовленного пользователя.

Окно предпросмотра реализовано в виде модального всплывающего окна, которое открывается поверх основного интерфейса без необходимости перехода на другую страницу или перезагрузки веб-приложения, такой подход позволяет сохранить контекст текущей работы, обеспечивая плавное и непрерывное взаимодействие с системой. На рисунке 11 представлен внешний вид окна предпросмотра, активированного при выборе конкретной страницы загруженного файла.

После завершения загрузки файла и отображения результатов предварительной проверки в пользовательском интерфейсе становится доступна дополнительная функциональная возможность – просмотр результатов распознавания, выполненного с помощью встроенной нейросетевой модели. Ниже блока с параметрами валидации располагается кнопка с надписью «Показать результат», при нажатии на данную кнопку осуществляется переход на специальную страницу, где отображаются ответы, автоматически извлечённые с изображения с использованием методов машинного обучения.

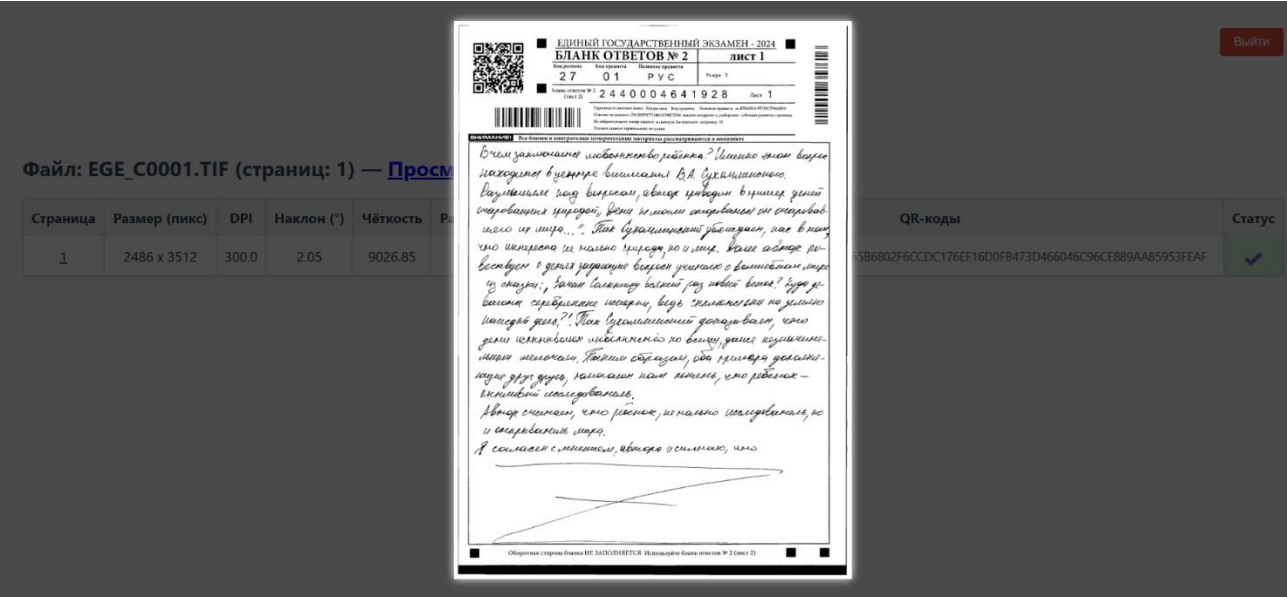


Рисунок 11 – Окно предпросмотра

Распознавание выполняется обученной нейросетевой моделью, адаптированной под специфические условия обработки сканированных бланков ответов. Модель предварительно обучена на тематическом датасете и способна извлекать требуемую информацию из заданных областей изображения.

Окно результатов содержит перечень распознанных значений, что позволяет пользователю ознакомиться с результатами работы нейросети. Окно отображения распознанной информации приведено на рисунке 12.

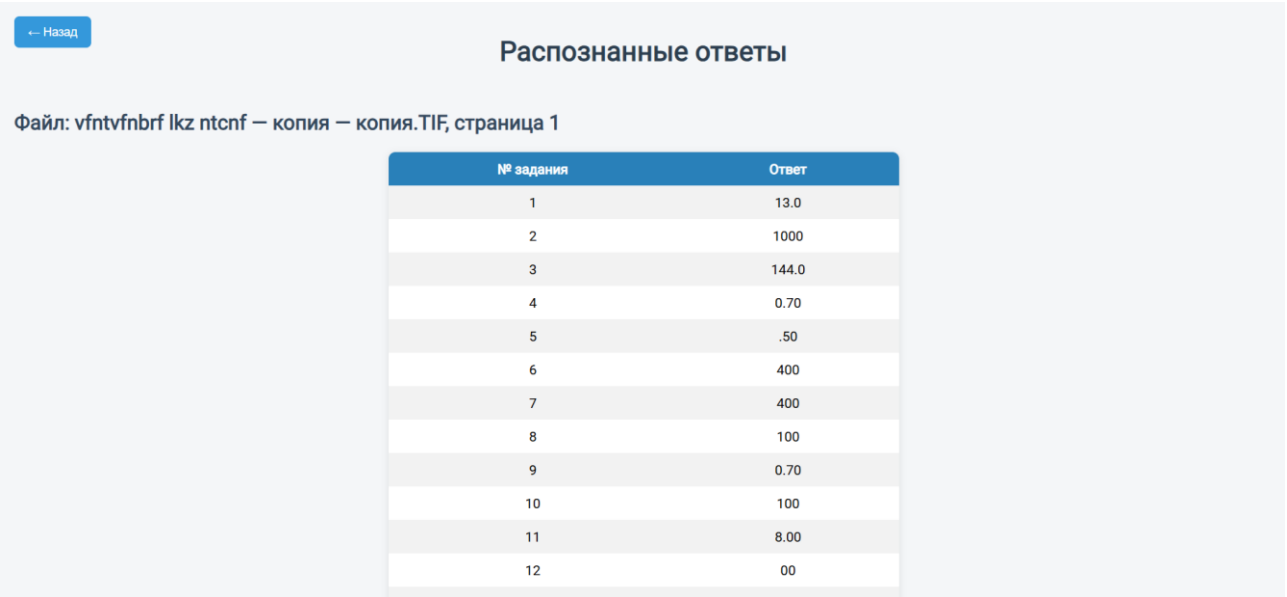


Рисунок 13 – Окно результатов ответов

- Таким образом, разработано веб-приложение, которое предоставляет:
- Интерфейс пользователя;
 - Загрузка многостраничных TIFF-файлов;
 - Автоматическая проверка качества сканов;

- Визуализация ошибок (например, превышение угла наклона).
- Интерфейс администратора:
- Просмотр логов обработки;
- Экспорт данных в CSV;
- Ручная коррекция результатов.

Эффективность нейросетевой модели обоснована следующими параметрами:

- Точность распознавания:
- цифры: 94-96%;
- буквы: 88-92%.
- Обработка одного бланка: ≤ 2 сек. (на сервере с CPU Intel i5).
- Интеграция с FastAPI: модель работает как микросервис, что

позволяет масштабировать систему.

Разработанное веб-приложение демонстрирует эффективность автоматизации процессов обработки бланков ГИА. Оно сокращает временные затраты, минимизирует ошибки и повышает прозрачность процедуры оценки. Перспективы дальнейшей работы включают расширение функционала (поддержка новых форматов, интеграция с другими системами) и адаптацию для мобильных платформ.

Приложение разработано и внедрено для регионального центра оценки качества образования г. Хабаровска и демонстрирует потенциал автоматизации в образовательной сфере.

Библиографический список

1. Имигеев Е. И. Разработка алгоритма распознавания ответов в бланках ЕГЭ с помощью свёрточной нейронной сети // Молодёжь и современные Информационные технологии: сборник трудов XV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, Томск, 04-07 декабря 2017 года / Национальный исследовательский Томский политехнический университет. Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2018.
2. Дмитриев Д. М., Кудрина М. А. Автоматизированная система распознавания бланков материальной помощи студентам // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2021): Труды Международной научно-технической конференции, Самара, 24–27 мая 2021 года / под ред. С.А. Прохорова. Самара: Самарский научный центр РАН, 2021.
3. Айдазаде К. Р., Мустафаев Э. Э., Рзаева С. Г. Анализ функционирования автоматизированной системы обработки результатов массово проводимых тестовых опросов // Информационный бюллетень Омского научно-образовательного центра ОмГТУ и ИМ СО РАН в области математики и информатики: материалы X Международной молодежной научно-практической конференции с элементами научной школы, Омск, 23-30 апреля 2020 года. Т.4. №1. Омск: Омский государственный технический

- университет, 2020. С. 55-59.
4. Авдеев Н. Г. Разработка библиотеки нейросетевого распознавания рукописных символов на машинопечатанных бланках // Молодежь и современные информационные технологии: Сборник трудов XVIII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 22-26 марта 2021 года. Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2021. С. 63-65.
 5. Квасникова И. К., Авдеев Н. Г., Лепустин А. В. Интегрированная система обеспечения сегментации и распознавания машиночитаемых бланков // Молодежь и современные информационные технологии: Сборник трудов XVI Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 03-07 декабря 2018 года / Томский политехнический университет. Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2019. С. 291-292.
 6. Бахтенко Е. А., Баланин Е. О. Коррекция ошибок на этапе постобработки при оптическом распознавании символов // Таврический научный обозреватель. 2016. № 8-2(13). С. 10-12.
 7. Белозеров А. А. и др. Эволюционные методы дискретной оптимизации в задаче коррекции искаженных текстов // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2018. № 12(174). С. 3-10.