

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОДХОДОВ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПУСТЫХ ПОЛЕЙ ОТВЕТОВ**

**Аннотация.** В статье представлен сравнительный анализ подходов по определению пустых полей ответов с разработкой алгоритма поиска замкнутых контуров для определения буквы Z. В работе представлены технологии и методы, применяемые для реализации алгоритма, включая использование современных компьютерных алгоритмов и технологий для обработки данных.

**Ключевые слова:** компьютерное зрение, CNN, Глубокие нейронные сети, Python.

**Введение.** В образовательном процессе использование компьютерных информационных систем и автоматизированных средств проверки знаний становится все более распространенным. Одним из важных аспектов таких систем является обработка результатов тестирования.

Прежде чем осуществлять работу с изображениями необходимо произвести их предобработку (удаление шумов и бинаризация). Наиболее эффективным для удаления шумов является метод Гаусса, который рассматривается в статье [1], также с подробным описанием других базовых методов по предобработке изображений. После этого применяют подходы для оптического определения цифро-буквенных символов, применение которых описывается в статье [2], в том числе с использованием машинного обучения и нейронных сетей.

В статье [3] рассматривается развитие и применение методов обучения глубоких нейронных сетей, включающих в себя алгоритмы и модели нейронных сетей, а в статье [4] представлен сравнительный анализ методов по использованию сверточных нейронных сетей для определения автомобильных номеров. Актуальной нейронной сетью по работе с изображениями является сверточная нейронная сеть, включающая в себя использование различных видов сверточных слоев, функций активации и размеров окна свертки. В статье [5] авторами приводится подход по улучшению структуры сверточной нейронной сети, с дальнейшим оптимальным обучением модели.

**Проблема исследования.** Проверка рукописных ответов учащихся, среди которых могут присутствовать пустые поля, отмеченные буквой Z, осуществляется экспертами предметных комиссий. Для того, чтобы пустые ответы не поступали на проверку экспертам, среди ответов учащихся необходимо определить пустые изображения. Задачей исследования является реализация различных подходов по определению пустых полей ответов на задания и проведение сравнительного анализа, для выявления наиболее оптимального и точного подхода.

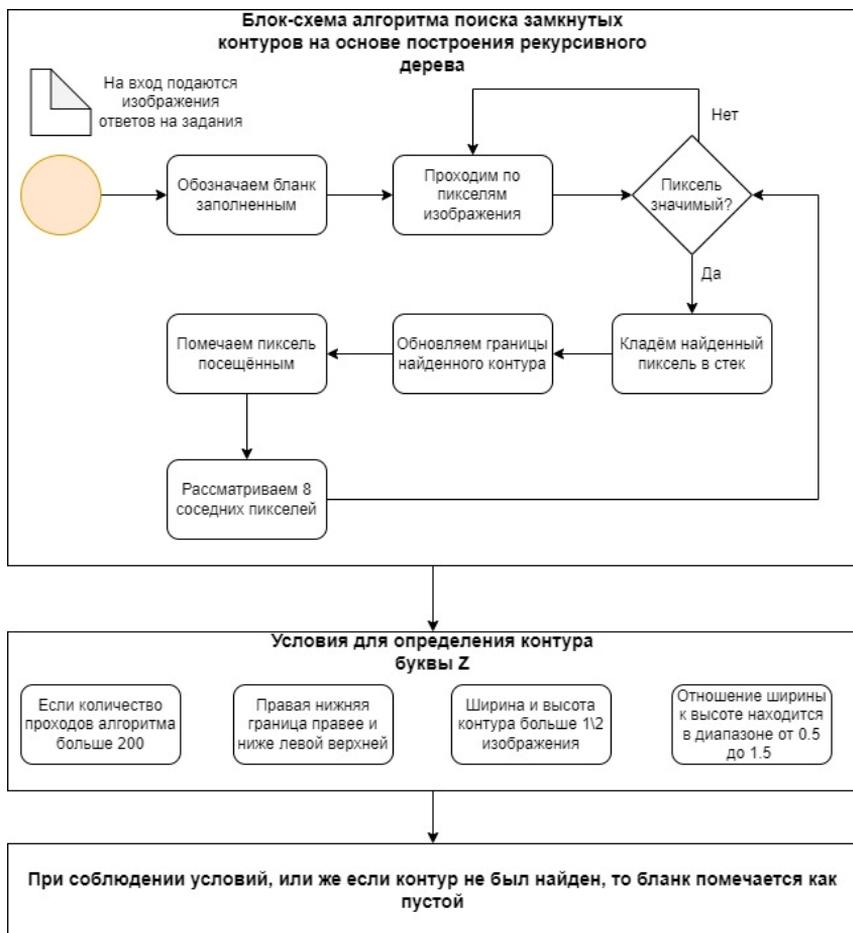
**Материалы и методы.** Для определения пустых ответов (изображений) были выбраны следующие подходы:

- Преобразование Хафа.
- Использование Сверточной нейронной сети [4].
- Реализация алгоритма по поиску замкнутых контуров [1].

Преобразование Хафа — это классический алгоритм обработки изображений, используемый для обнаружения линий. В контексте сравнения подходов, данный метод был применен для поиска горизонтальных и вертикальных линий, представляющих собой, обязательно, замкнутый контур, похожий на букву Z. Преимуществом преобразования Хафа является простота, и, относительная, надежность обнаружения линий, однако алгоритм не всегда способен эффективно обрабатывать изображения с наличием шумов.

Другим рассматриваемым подходом является использование сверточной нейронной сети. Обучение происходило на основе данных EMNIST [2], представляющих из себя набор рукописных цифр и букв, которые были разделены на кластеры.

Еще одним подходом является реализация алгоритма (рис. 1) по поиску замкнутых контуров на изображении, представляющих собой букву Z. Идея заключается в построении связного графа, суть которого заключается в том, что из каждого пикселя контура можно по цепочке переместиться в любой из пикселей. Также стоит отметить соблюдение условий для точного определения нужного контура на изображении: количество проходов алгоритма больше 200, ширина и высота контура больше  $\frac{1}{2}$  изображения, правая нижняя граница находится правее и ниже левой верхней, отношение ширины к высоте находится в диапазоне от 0,5 до 1,5.



*Рис. 1.* Схема работы алгоритма поиска замкнутых контуров

Был подготовлен тестовый набор данных, которые представляют собой 400 изображений с заранее обрезанными полями ответов на задания, в которых присутствовали:

- корректные ответы;
- буква Z, которая означает пустой ответ;
- ответ и буква Z отсутствовали.

Для более детального анализа эффективности работы подходов, изображения были заранее предобработаны:

- использовался, так называемый, эффект “соли и перца”;
- производилось изменение угла наклона;
- производилось ухудшение качества изображения, путем изменения разрешения.

На основе проведенных тестов, были получены следующие результаты (табл. 1).

Таблица 1

### Результат работы подходов

<i>Подход</i>	<i>Точность определения</i>
Преобразование Хафа	45%
CNN (Сверточная нейронная сеть)	94%
Алгоритм поиска замкнутых контуров	67%

**Результаты.** Из полученных результатов можно сделать вывод, что использование сверточной нейронной сети представляет собой более эффективный и точный подход по сравнению с остальными. Добиться высокого процента точности удалось благодаря реализации нескольких моделей сверточной нейронной сети, с оптимизацией используемых сверточных слоев [5], функций активации и размеров окна свертки.

**Заключение.** Был реализован алгоритм поиска замкнутых контуров, а также проведен сравнительный анализ применения различных подходов по поиску замкнутых контуров на изображении, представляющий из себя букву Z, на основе которого был выбран подход с использованием нейронных сетей.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горячкин Б. С. Компьютерное зрение / Б. С. Горячкин, М. А. Китов. — Текст : электронный // Информационные технологии. — 2018. — URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/kompyuternoe-zrenie-1/viewer> (дата обращения: 17.05.2023).
2. Ивлиев Е. А. Применение глубоких нейронных сетей для задачи идентификации цифр буквенной информации с багажных бирок /

- Е. А. Ивлев, П. С. Обухов. — Текст : электронный. // Современные технологии управления. — 2020. — № 3. — URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-glubokih-neyronnyh-setey-dlya-zadachi-identifikatsii-tsifrobukvennoy-informatsii-s-bagazhnyh-birok-v-aeroportu/viewer> (дата обращения: 17.05.2023).
3. Созыкин А. В. Обзор методов обучения глубоких нейронных сетей / А. В. Созыкин. — Текст : непосредственный. // Вестник ЮУрГУ. — 2017. — Т. 6. — № 3. — С. 28-59.
  4. Михалевич Ю. А. Использование сверточных нейронных сетей для распознавания автомобильных номеров. Преимущества и недостатки по сравнению с шаблонным методом / Ю. А. Михалевич, В. В. Ткаченко. — Текст : электронный. // Технические науки. — 2017. — URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-svertochnyh-neyronnyh-setey-dlya-raspoznavaniya-avtomobilnyh-nomerov-preimuschestva-i-ndostatki-po-sravneniyu-s/viewer> (дата обращения: 17.05.2023).
  5. Федотов Д. В. Оптимизация структуры сверточной нейронной сети с помощью самоконфигурируемого эволюционного алгоритма в одной задаче идентификации / Д. В. Федотов, Е. А. Попов, В. А. Охорзин. — Текст : непосредственный. // Вестник СибГАУ. — 2015. — Т. 16, № 4. — С. 857-862.