

## УДК 621.09

### **Инновационные методы анализа и воспроизводства заготовок на станках с ЧПУ с применением компьютерного зрения**

Дмитриев Роман Петрович<sup>(1)</sup>, Егорова Елизавета Анатольевна<sup>(2)</sup>, Шабанов Дмитрий Юрьевич<sup>(3)</sup>

*Магистр 1 года<sup>(1)(2)(3)</sup>*

*кафедра «Металлорежущие станки»<sup>(1)</sup>, кафедра «Промышленный дизайн»<sup>(2)</sup>, кафедра «Металлорежущие станки»<sup>(3)</sup>*

*Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: С.К. Руднев,  
Старший преподаватель кафедры «Металлорежущие станки»*

С развитием технологий и автоматизации производства станки с числовым программным управлением (ЧПУ) становятся важной составляющей в современной промышленности. Для максимальной эффективности и точности производственных процессов требуется постоянное совершенствование систем контроля и анализа. В данной работе исследуется применение компьютерного зрения для анализа и воспроизводства заготовок на станках с ЧПУ. Этот подход позволяет не только автоматизировать процессы определения размеров и формы заготовок, но и значительно повысить точность и скорость производства. Для реализации данного метода разработан программно-аппаратный комплекс с использованием технологии машинного зрения(1).

Аппаратная часть комплекса включает в себя цифровую камеру, размещенную рядом с рабочим органом станка. Эта камера оборудована несколькими вариантами разрешения для захвата изображений, а также предлагает возможность ручной регулировки фокусного расстояния и фокусировки. Для обеспечения четкости изображения используется источник света, установленный рядом с камерой. В рамках исследования были поставлены соответствующие задачи:

- определить влияние расположения освещения на точность полученных результатов;
- определить влияние метода определения центра исследуемого контура на точность определения координат центра и остальных точек и скорость работы всей системы;
- определить/выявить влияние коэффициента аппроксимации на точность и качество результатов;
- автоматизировать процесс фокусировки камеры и сравнить его с ручным вариантом.

Программная часть разработана на языке Python с использованием библиотеки OpenCV для реализации алгоритмов компьютерного зрения. Для облегчения взаимодействия между комплексом и оператором был использован фреймворк PyQT. Программа принимает изображение с камеры, преобразует его в монохромное, выделяет границы и определяет контуры. Затем определяются углы и центр полученного контура, а также сохраняются их координаты. Далее система координат станка переносится в центр обрабатываемой детали и происходит перерасчет координат остальных сохраненных точек контура.

Для определения координат центра контура на изображении рассмотрены два способа. Первый – с использованием только координат самого контура и последующим

вычислением среднего арифметического координат всех точек контура по осям X и Y. Второй способ – с помощью вычисления ограничивающего прямоугольника. Для выбранного контура вычисляется ограничивающий прямоугольник с помощью функции `cv2.boundingRect()`[1]. Этот прямоугольник обычно описывает наименьшую прямоугольную область, которая содержит весь контур. Используя координаты и размеры ограничивающего прямоугольника, вычисляются координаты его центра. При сравнении данных методов было выявлено, что вариант с использованием ограничивающего прямоугольника дает более точные результаты с повышением времени работы.

Коэффициент аппроксимации в OpenCV влияет на точность определения контура, управляя степенью аппроксимации контура. Этот коэффициент используется в функции `cv2.approxPolyDP()`[3], которая аппроксимирует контур с заданной точностью[2]. Влияние коэффициента аппроксимации на точность определения контура может быть следующим: при уменьшении значения коэффициента контур будет более детализированным и точным. Это означает, что контур будет следовать очертаниям объекта на изображении более точно, но может быть более шумным и содержать больше вершин. При увеличении коэффициента аппроксимации контур будет более гладким и упрощенным. Это приводит к уменьшению количества вершин в аппроксимированном контуре. Большой коэффициент аппроксимации может быть полезен для уменьшения шума и упрощения формы контура, но при этом может быть потеряна некоторая детализация. Выбор оптимального значения коэффициента аппроксимации, зависящий от конкретной задачи и характеристик изображения, реализуется в полуавтоматическом варианте. Пользователь выбирает подходящий ему вариант, после чего автоматически вводится коэффициент аппроксимации. Если необходима высокая точность и детализация, используется пониженный коэффициент аппроксимации. Если необходимо упростить контур и уменьшить шум, используется повышенный коэффициент аппроксимации.

Также рассматривается способ повышения точности определения контура в зависимости от используемого варианта освещения. В данной работе рассмотрены 2 варианта: расположение источника около рабочего инструмента станка и контурное освещение по периметру рабочей зоны. При сравнении данных методов освещения рабочей зоны было выявлен основной недостаток варианта с расположением источника около инструмента: в зависимости от материала изготовления исследуемой детали появляются отражения и засветы на камере, что понижает точность определения, создавая артефакты на изображении.

Дополнительным исследованием было сравнение времени автоматической фокусировки камеры и ручного варианта. Автоматический вариант посредством использования заранее приготовленного qf-кода. Изображение кладется на поверхность детали, далее камера, автоматически перемещаясь по оси z, определяет этот код. В момент точного распознавания изображения высота камеры запоминается, тем самым устанавливается фокусное расстояние. По результатам эксперимента ручная настройка оказалась медленнее автоматизированного варианта.

Таким образом, исследование позволяет сделать вывод о том, что использование компьютерного зрения может значительно улучшить эффективность и точность производственных процессов на станках с ЧПУ. Кроме того, определены оптимальные настройки для различных аспектов системы, такие как методы определения центра контура и коэффициент аппроксимации, что позволяет повысить точность и скорость работы всей системы.

### **Литература**

1. *Мурашко, Ф. В.* Сканирование контуров заготовок плоских материалов с применением комплекса машинного зрения / Ф. В. Мурашко, Е. А. Рыжкова, О. М. Власенко // *Дизайн и технологии.* – 2016. – № 52(94). – С. 94-100.
2. *Кротова, Н. А.* Определение геометрических параметров и ориентации заготовки на станке с применением алгоритмов технического зрения / Н. А. Кротова, Р. Л. Пушков // *Вестник МГТУ Станкин.* – 2021. – № 2(57). – С. 8-12.
3. Библиотека OpenCV 4.9.0 URL: <https://docs.opencv.org/4.9.0/index.html> (дата обращения: 10.03.2024).