

## АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ КАРТЫ ГЛУБИНЫ И ОЦЕНКА РАССТОЯНИЯ ДО ОБЪЕКТА С ПОМОЩЬЮ СИСТЕМЫ СТЕРЕОЗРЕНИЯ

Коняшов В.В. (Университет ИТМО), Сергеев А.С. (Университет ИТМО)

Научный руководитель – доктор технических наук Федоров А.В.

(Университет ИТМО)

**Введение.** Стереоскопическое зрение (стереозрение) – одно из направлений компьютерного зрения, которое позволяет получить представление о глубине изображения, форме, размерах и расстоянии до объектов с использованием стереоскопических систем [1].

Стереоскопические системы используются при автоматизированном управлении движением роботизированных устройств, в биометрических системах распознавания, в системах видеоинспекции для контроля качества промышленных изделий [2].

Целью исследования являлась экспериментальная оценка применимости стереозрения для определения расстояния до объектов в системах видеоинспекции для автоматизированного контроля геометрических параметров и обнаружения поверхностных дефектов изделий при их производстве в режиме реального времени.

Для достижения цели исследования были решены следующие задачи: выполнены калибровка стереосистемы, ректификация изображений и построена карта глубины изображения объектов, произведена оценка относительной погрешности измерений расстояния до объекта.

**Основная часть.** В работе представлены результаты построения карты глубин изображений объектов с использованием архитектуры стереосистемы на основе двух широкоугольных видеокамер с фиксированной стереобазой и алгоритма обработки, реализованного на языке программирования C++ с подключаемой библиотекой OpenCV [3] определения расстояния до объектов с использованием стереоскопического эффекта.

Для оценки значений внутренних и внешних параметров стереопары выполнена калибровка, которая состояла в регистрации с помощью двух камер стереоскопического изображения тест-объекта в виде шахматной доски, представляющей собой поле, состоящее из 7×5 чередующихся черных и белых квадратов (размер каждого квадрата 28×28 мм).

Калибровка включала следующие этапы: регистрация набора изображений тест-объекта; пороговая фильтрация изображения; распознавание тест-объекта по размерам и форме; удаление фона; поиск значений углов тест-объекта; калибровка первой и второй камер; калибровка системы в целом.

Для расчета матриц внутренних и внешних значений камер использовался метод «stereoCalibrate()» библиотеки OpenCV [3]. Анализу подвергалась каждая найденная сетка точек изображений. После обработки изображений выполнялось усреднение значений и рассчитывалось среднее квадратичное отклонение (СКО). Критерием успешной калибровки являлось значение СКО не более 0,6.

Результаты калибровки стереопары использовались для исправления дисторсии и ректификации изображения [4].

Построение карты глубины производилось по изображениям размером 640х480 пикселей с исправленной дисторсией. Для снижения времени расчета цветное изображение преобразовалось в полутоновое. Для построения карты глубины осуществлялся расчет карты диспаратности методом «compute (imgLeft, imgRight, disp)» [3]. Данная карта необходима для определения смещения пикселя одного изображения относительно соответствующего ему пикселя другого изображения.

Карта глубины представляет собой матрицу размерности исходного изображения, на которой каждому пикселю, вместо цвета, соответствует расстояние до камеры. Для

преобразования карты диспаратности в карту глубины использовался метод «disp2Depth (disp, depth, Disp2Depth)» [3].

Для настройки алгоритма расчета карты глубины использовались корректирующие коэффициенты (размер результирующих блоков с расстояниями, смещение и размер диапазона поиска аналогичного пикселя и т.д.), и сглаживающие фильтры результирующей матрицы для устранения шумов. Время, затраченное на расчет карты глубин по изображениям, не превысило 110 мс.

Экспериментальный стенд для оценки точности построения карты глубин изображений объектов включал две широкоугольные цветные видеокамеры с фиксированной стереобазой, компьютер Jetson Nano, двухкоординатный стол с диапазоном перемещений 120x100 мм, оснастку для крепления стереопары и объекта контроля, представляющего собой стойку длиной 300мм и шириной 30мм, лазерный дальномер DIMETIX FLS-CH10 (абсолютная погрешность  $\pm 1.0$  мм)

Объект контроля устанавливался на двухкоординатном столе на заданном расстоянии от стереопары. При перемещении объекта от матриц камер в диапазоне расстояний (в фокусе стереопары) от 410 мм до 800 мм относительная погрешность измерения расстояния до объекта не превысила 1 %.

**Выводы.** В результате проведенных исследований, установлено, что стереосистема на основе двух широкоугольных видеокамер с фиксированной стереобазой позволяет определять расстояние до объектов в режиме реального времени. Был разработан программный модуль на основе библиотек OpenCV, который может быть использован в системах видеоинспекции для определения расстояния до объектов, определения их геометрических параметров в реальном времени с относительной погрешностью, не более 1%.

#### Список использованных источников:

1. Шубникова И.С., Палагута К.А. Анализ способов и алгоритмов определения параметров объекта и расстояния до него по изображению. [Электронный ресурс]. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/analiz-sposobov-i-algoritmov-opredeleniya-parametrov-obekta-irasstoyaniya-do-nego-po-izobrazheniyu> (дата обращения 16.11.2022).

2. Пономарев С.В. Методика сравнения алгоритмов стереозрения при восстановлении трехмерной модели лица человека // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2013. – № 6 (88). – С. 40–45.

3. OpenCV modules. [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.opencv.org/trunk/> (дата обращения 20.12.2022).

4. Пьянков Д.И. Пространственная обработка несинхронизированных видеопоследовательностей на основе ректификации кадров // Программные продукты и системы. – 2013. – № 1 –С. 61–66.

Коняшов В.В. (автор)

\_\_\_\_\_

Сергеев А.С. (автор)

\_\_\_\_\_

Федоров А.В. (научный руководитель)

\_\_\_\_\_