

ИЗМЕРИТЕЛЬ КООРДИНАТ СОПЛА СТРОИТЕЛЬНОГО 3-D ПРИНТЕРА

Куприянов А.Б., Гурский Н.Н.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Постоянное отслеживание реального положения сопла строительного 3-D принтера позволит решать следующие задачи:

1. повышение точности позиционирования за счет использования обратной связи в системе управления положением рабочего инструмента;
2. обеспечение безопасности персонала и оборудования за счет отключения робота при аварийном попадании инструмента в запрещенную зону;
3. отключение подачи строительной смеси при отклонении траектории движения сопла от заданной траектории.

Для исключения влияния ракурса сопла принтера на точность измерений предложено разместить на сопле излучатель света (светодиод) и измерять координаты этого светодиода. По результатам измерений можно построить траекторию движения сопла принтера и непрерывно оценивать разность между заданными и реальными координатами сопла.

Для оценки координат излучателя необходимо решить следующие задачи:

- обеспечить независимость точности измерений от наличия фона в области излучателя;
- обеспечить выделение контура излучателя и измерение его центра;
- обеспечить независимость точности измерений от точности установки телекамеры.

Для обеспечения независимости точности измерений от наличия фона предлагается осуществить расположить излучатель на слабоотражающей подложке и измерять его координаты только в области выделения, размеры которой не превосходят размеров подложки.

Выделение контура излучателя и определение его центра производится с помощью функций библиотеки OpenCV FindContours и Moments.

Момент — это суммарная характеристика контура, рассчитанная интегрированием (суммированием) всех пикселей контура. Момент контура M_{pq} определяется формулой:

$$M_{pq} = \sum_x \sum_y I(x, y) x^p y^q, \quad (1)$$

где $I(x, y)$ – яркость пиксела с координатами x, y .

В бинаризованном черно-белом изображении $I(x, y)$ равно либо 0, либо 1, поэтому момент M_{00} — равен длине контура (числу пикселей контура).

Моменты, найденные по формуле (1), не позволяют сравнить контуры одинаковой формы, но разных размеров, поэтому для распознавания формы контура по его моментам нужно сначала их нормализовать.

Функция Moments вычисляет пространственные и центральные моменты до третьего порядка контура, а затем вычисляются координаты центра по формулам:

$$\begin{aligned} X &= M_{10} / M_{00} \\ Y &= M_{01} / M_{00} \end{aligned} \quad (2)$$

Эти координаты считаются координатами излучателя, а значит и координатами рабочего инструмента, на котором установлен излучатель в выделенной области.

Для исключения влияния небольших смещений камеры на точность измерений в поле зрения камеры располагается неподвижный светодиод, определяющий положение начала координат системы формирования траектории и смещенный относительно этого светодиода второй неподвижный светодиод, определяющий некоторое направление в системе координат формирователя траектории. Этот второй светодиод также может быть использован для определения масштаба по осям X и Y для пересчета измеренных координат и пикселей на изображении в миллиметры в рабочей области принтера. Третий светодиод располагается непосредственно на сопле принтера и его координаты, измеренные телевизионно-оптическим измерителем считаются реальными координатами сопла.

При включении измерителя сначала определяются координаты неподвижных светодиодов и масштаб, а затем измеряются координаты и строится траектория движения сопла принтера. Основное изображение при задании движения сопла принтера по прямоугольнику показано на рисунке 1.

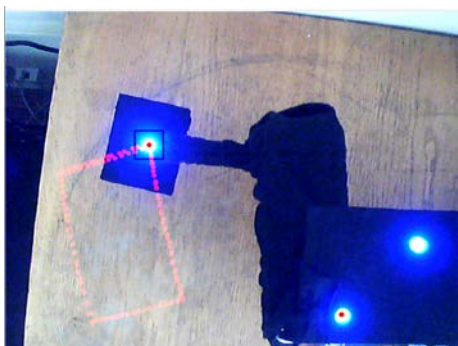


Рисунок 4. Основное изображение измерителя координат при движении сопла принтера по прямоугольнику.

Разработанный телевизионно-оптический измеритель координат сопла строительного 3-D принтера содержит только web-камеру и три светодиода, его программное обеспечение может быть размещено на компьютере, задающем траекторию движения принтера.