

Способ компенсации продольного движения объекта при измерении диаметра

Д.Н. Новиков, А.Я. Суранов

Алтайский государственный университет (Барнаул, Россия)

A Method of Object Longitudinal Motion Compensation in Diameter Measurement

D.N. Novikov, A.Y. Suranov

Altai State University (Barnaul, Russia)

Рассмотрены особенности построения оптико-электронных систем измерения геометрических параметров объектов, в частности систем измерения диаметра на основе цифровых камер. Проведен сравнительный анализ телецентрических систем и систем, работающих в параллельном световом пучке. Сопоставлены достоинства и недостатки этих измерительных схем и далее основное внимание уделено телецентрической системе как менее дорогой и более простой. Для данной системы рассмотрено влияние продольных смещений объекта на точность измерения его диаметра. Предложена схема оценки и компенсации продольного смещения объектов на базе лазерных линейных указателей, а также алгоритм обработки изображения для устранения указанной погрешности при малых перемещениях объекта в рабочей зоне. Отмечен источник систематической погрешности предложенной схемы, связанный с наблюдением объекта из одной точки. Предложен дополнительный алгоритм устранения указанной погрешности, получена рабочая формула для вычисления действительного значения диаметра. Приведены рабочие формулы с целью помощи разработчикам современных оптико-электронных измерительных приборов.

Ключевые слова: оптико-электронные измерения, измерение диаметра, многоэлементные фотоприемники, цифровая камера, структурированная засветка.

DOI 10.14258/izvasu(2014)1.2-35

Непрерывное улучшение основных характеристик цифровых камер промышленного назначения в сочетании с уменьшением их стоимости расширяет круг задач, которые могут быть решены с их помощью. Так, данные камеры позволяют эффективно решать задачи оперативного контроля геометрических параметров объектов в процессе их производства. В условиях перемещения таких объектов по технологической

In the paper, features of optoelectronic systems design for measuring geometrical parameters of objects are examined. In particular, diameter measurement systems based on digital cameras are studied. A comparative analysis of telecentric systems and parallel light beam systems is performed, and advantages and disadvantages of these measuring systems are compared. Further attention is focused on the less costly and more simple telecentric systems. The impact of object longitudinal displacements on measurement accuracy of object diameter for such system is investigated. Consequently, a scheme for evaluation and compensation of objects longitudinal displacements based on linear laser pointers is proposed. Also, an image processing algorithm to remove the specified error of object small movements in the work area is elaborated. The source of systematic error of the proposed scheme related to object observation from a single point is discovered, and additional algorithm for removing this error is developed. Additionally, a working formula for diameter actual value calculation is obtained. The working formulas listed in the paper can be useful to developers of modern optoelectronic instrumentation.

Key words: optoelectronic measurement, measurement of the diameter, multicell photodetectors, digital camera, structured illumination.

линии важное значение имеет быстрдействие камер и соответствующих средств обработки изображения, а также правильный выбор общей схемы получения изображения.

В этом отношении при использовании одной камеры существует альтернатива между выбором классической схемы засветки объекта параллельным пучком излучения (рис. 1) при работе «на просвет»

[1] и телецентрической схемой (рис. 2) при работе на просвет или на отражение. Первая схема имеет ряд преимуществ при регистрации объектов, которые могут смещаться вдоль оси камеры, однако она сложнее в реализации, поскольку требует формирования параллельного пучка просвечивающего излучения и применения дополнительных фокусирующих элементов. Вторая схема не требует дополнительного оборудования (кроме средств подсветки), но подвержена масштабным погрешностям, связанным с упомянутым выше продольным смещением объекта (рис. 2).

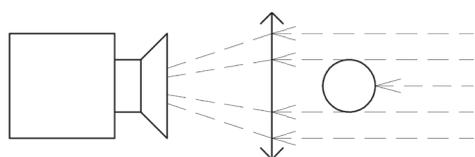


Рис. 1. Измерение параметров объекта в параллельном световом пучке

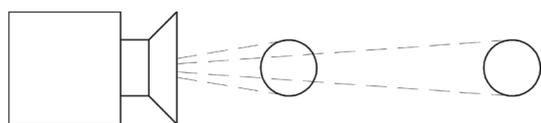


Рис. 2. Изменение масштаба изображения в телецентрической системе

Кардинальным и более распространенным на практике способом снижения погрешности измерения за счет продольного смещения является использова-

ние нескольких камер. На рисунке 3 показана схема измерения геометрических параметров объекта с помощью двух камер, расположенных перпендикулярно. Одновременная регистрация двух изображений позволяет оценить точное положение объекта в рабочей зоне и далее скорректировать его размеры с учетом изменяющегося масштаба. Очевидный недостаток такой схемы — необходимость использования дополнительной камеры и сложность алгоритмов обработки изображения.

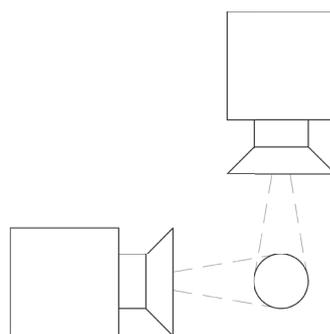


Рис. 3. Измерение геометрических параметров объекта с помощью двух камер

Для устранения недостатков рассмотренных схем предлагается телецентрическую схему с одной камерой дополнить двумя недорогими устройствами, создающими структурированную засветку (рис. 4). Дальнейшие выкладки предполагают, что искажения, вызванные оптической системой, устранены. Методика устранения искажений рассмотрена в работе [2, с. 174-176].

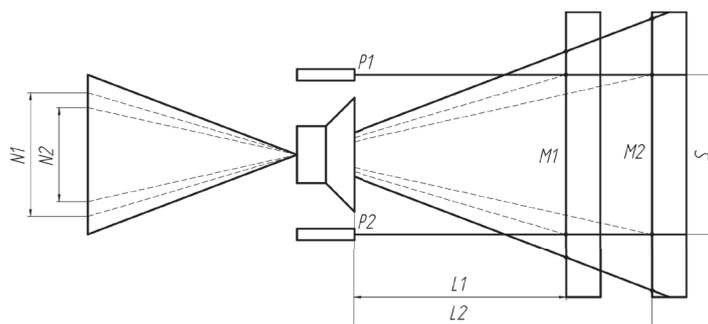


Рис. 4. Использование структурированной засветки

Принцип работы такой системы заключается в следующем. Лазерные указатели P_1 и P_2 , установленные параллельно оси камеры на некотором расстоянии S друг от друга, формируют на поверхности объекта линейные метки. На рисунке 4 показаны варианты расположения объекта на расстоянии L_1 и L_2 и соответствующие значения расстояний между метками N_1

и N_2 на изображении (N_1 и N_2 показаны в условной плоскости позади камеры). При нахождении объекта в диапазоне $L_1 \div L_2$ масштабный коэффициент рассчитывается по соответствующему значению расстояния между метками N по формуле

$$M = \frac{S}{N}$$

Полученное значение масштабного коэффициента используется далее для пересчета диаметра стержня, выраженного в точках, в его значение в миллиметрах:

$$d = M \cdot h,$$

где h — диаметр изображения стержня, выраженный в точках.

Алгоритмы поиска границ стержня и вычисления его диаметра на изображении обсуждались в работе [3, с. 90-96], поэтому в данном исследовании они не рассматриваются.

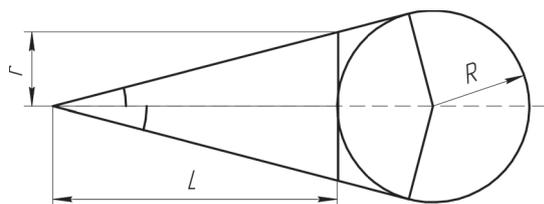


Рис. 5. Влияние диаметра объекта на точность измерения

При измерении цилиндрических объектов по рассматриваемой схеме будет возникать систематическая погрешность, источник которой поясняется рисунком 5. Масштабные коэффициенты, вычисленные по приведенной методике, справедливы в плоскости, касательной к измеряемому цилиндру и перпен-

дикулярной оси камеры. Как видно на рисунке, действительный диаметр цилиндра несколько больше расчетного значения.

Для устранения данной погрешности необходимо ввести коррекцию диаметра.

Действительное значение диаметра D вычисляется по формуле

$$D = \frac{2L \sin(\arctg(\frac{r}{L}))}{1 - \sin(\arctg(\frac{r}{L}))},$$

где r — значение радиуса до коррекции; L — расстояние между объектом измерения и камерой.

Величина L может быть найдена по формуле

$$L = \frac{L_2 - L_1}{N_2 - N_1} \cdot (N - N_1) + L_1,$$

предполагающей линейную зависимость расстояния между метками и расстояния от объекта до камеры в узком интервале этих величин.

Предложенный способ компенсации влияния продольного смещения объекта на измерение его диаметра позволяет за счет применения недорогих лазерных линейных указателей и соответствующей обработки изображения меток снизить погрешность измерения диаметра данного объекта.

Библиографический список

1. Патент РФ №2002121286/12, 13.08.2002 Ширанков А.Я., Колючкин В.Я., Хорохоров А.М. и др. Способ определения параметров трехмерного объекта // Патент России №2260173 2005. Бюл. №25.
2. Новиков Д.Н., Суранов А.Я. Разработка методики калибровки оптико-электронного измерителя параметров про-
- филя стеклопластиковый стержней // Известия Алт. гос. ун-та. — 2013. — № 1/2 (77). DOI:10.14258/izvasu(2013)1.2-35.
3. Гришанов В.Н., Мордасов В.И., Пигарев А.В. Измерение диаметров цилиндров методом обработки изображений // Компьютерная оптика. — 1995. — № 14-15-1.