

МНОГОКАНАЛЬНЫЙ ТЕЛЕВИЗИОННЫЙ СПОСОБ ДИСТАНЦИОННОГО ИЗМЕРЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОБЪЕКТОВ

© 2009 И. Ю. Жиганов

Самарский государственный аэрокосмический университет

Рассматриваются теоретические основы телевизионных устройств измерения геометрических параметров сложных объектов на основе нескольких разнесённых в пространстве на фиксированное расстояние телекамер. Приводятся методика измерений на основе автоматической калибровки и алгоритмы обработки, обеспечивающие независимость результата измерений от расстояния до объекта и его смещения в пространстве.

Телевизионные измерения, геометрические параметры, алгоритмы обработки.

Бесконтактное измерение геометрических параметров объектов актуально, так как позволяет дистанционно определить размеры, а в некоторых случаях объём и вес изделия или группы объектов. Это важно, например, при измерении крупногабаритных изделий сложной формы, доступ к которым ограничен настолько, что нельзя воспользоваться лазерными, проекционными или механическими измерительными устройствами. Способ эффективен при измерении геометрических параметров труб (ГПТ), находящихся на складах, торговых площадках, при разгрузочных операциях, а также находящихся в процессе производства. Телевизионные ме-

тоды измерения ГПТ, предложенные в работах [1-5] и основанные на формировании изображения объекта и обработки его на ЭВМ, не получают широкого внедрения в связи с рядом недостатков, главными из которых являются зависимость результатов измерений от взаимного расположения телекамеры и объекта контроля. Для устранения указанных недостатков предложен метод бесконтактного измерения геометрических параметров объектов, основанный на использовании нескольких телекамер, разнесённых в пространстве на фиксированные расстояния. Схема измерения показана на рисунке 1. Пусть имеется N телекамер (A_1, \dots, A_i, \dots

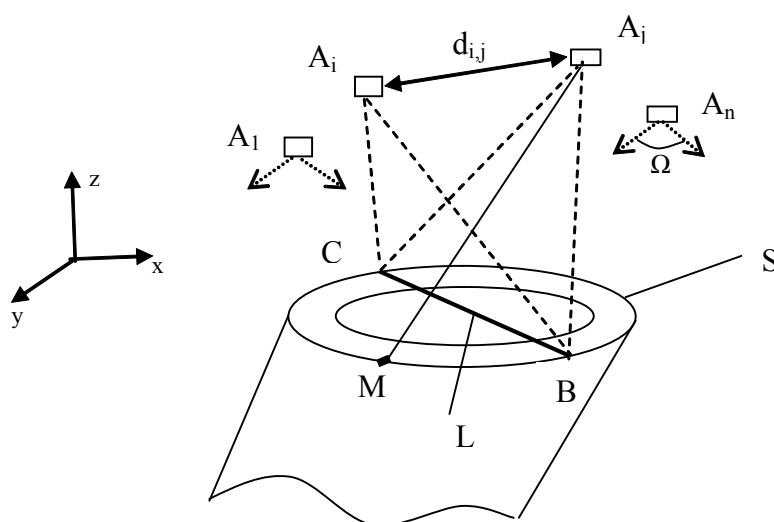


Рис. 1. Схема многоканального телевизионного устройства измерения геометрических параметров объектов: A_1, \dots, A_n – телекамеры, M – метка, BC – измеряемый отрезок, S – контролируемый контур, L – длина отрезка, Ω – телесный угол обзора телекамеры

A_j, \dots, A_N), которые разнесены в пространстве, причём расстояния между каждой их телекамер $d_{i,j}$ известно, то есть $\Delta x_{i,j}, \Delta y_{i,j}, \Delta z_{i,j}$ заданы:

$$d_{i,j} = \sqrt{\Delta x_{i,j}^2 + \Delta y_{i,j}^2 + \Delta z_{i,j}^2}. \quad (1)$$

Все телекамеры подключены к одному компьютеру, который транслирует изображение на экран монитора. Сущность метода состоит в том, что на измеряемом объекте делается произвольная метка (точка M), которая от разных телекамер будет транслироваться в разные точки экрана монитора – от i -ой камеры это будет точка M_i , от j -ой камеры – точка M_j (рисунок 2). Расстояние $d'_{i,j}$ между точками M_i и M_j на экране монитора определяется по формуле

$$d'_{i,j} = \sqrt{(\mu_{M,i} - \mu_{M,j})^2 + (\eta_{M,i} - \eta_{M,j})^2}, \quad (2)$$

где $(\mu_{M,i}, \eta_{M,i}), (\mu_{M,j}, \eta_{M,j})$ – координаты точки M , полученные от i -ой и j -ой камеры соответственно. Эта величина будет образом реального расстояния $d_{i,j}$. Соотнеся её с реальным размером $d_{i,j}$, всегда можно определить

цену деления одного пикселя экрана монитора (масштаб для группы камер i,j):

$$R_{i,j} = \frac{d_{i,j}}{d'_{i,j}}. \quad (3)$$

Тогда реальный размер отрезка BC может быть определён по любой из данной группы камер, например по камере i :

$$L_i = \frac{d_{i,j}}{d'_{i,j}} \sqrt{(\mu_{B,i} - \mu_{C,i})^2 + (\eta_{B,i} - \eta_{C,i})^2}. \quad (4)$$

Таким образом, зная реальные расстояния между всеми камерами в пространстве, можно определить реальный размер по любой камере. Независимо от расстояния от камеры до объекта и смещения оптической оси камер от объекта можно выполнить калибровку устройства измерения для произвольного расположения камеры и объекта. Очевидно, что измерения будут значительно точнее, если провести вычисления по каждой телекамере, а результат усреднить, то есть истинную длину L отрезка AB определить по формуле

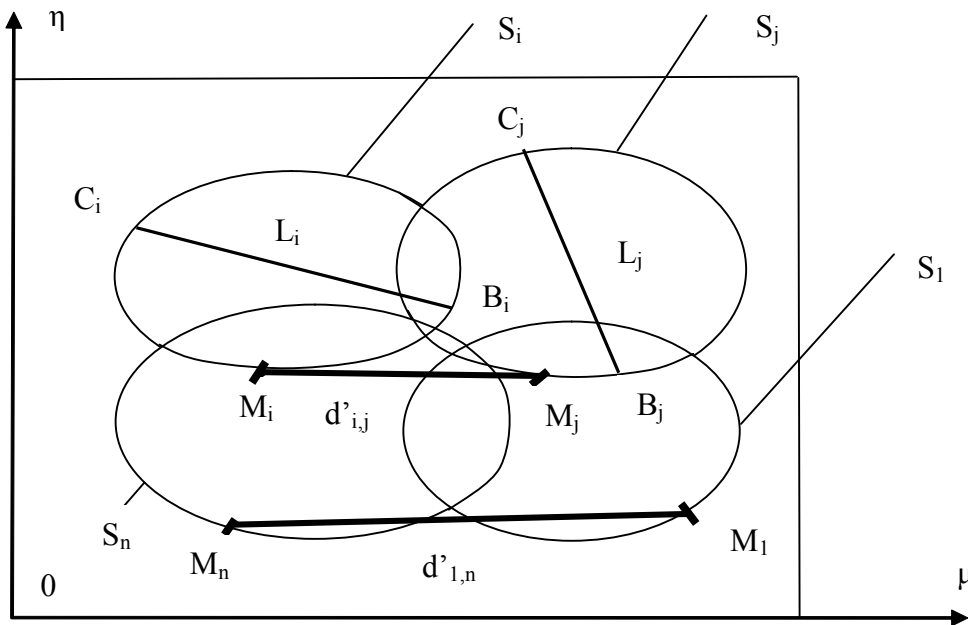


Рис. 2. Изображения на совмещённом экране контролируемого контура S и измеряемого отрезка BC , полученные от каждой телекамеры: $1, \dots, i, j, \dots, n$ – номера телекамер, L_i – длина изображения контролируемого отрезка, полученная i -ой камерой

$$L = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n L_i. \quad (5)$$

Усреднение результата по формуле (5) позволяет также устранить от ряда оптических искажений, связанных с удалением изображения от оптической оси объектива (дисторсия, хроматизм положения, комма [1]). При проецировании контролируемого объекта у разных камер работают различные участки оптической системы, размещённые по обе стороны от оптической оси, что и приводит к проецированию изображений на разные участки совмещенного экрана.

Минимальное число камер – две. Очевидно, что чем больше камер, тем точнее результат. В общем случае теоретически возможно произвольное расположение в пространстве, с произвольной направленностью главной оптической оси, лишь бы изображение контролируемого объекта попадало в поле зрения каждой из них. Однако при произвольной направленности оптических осей возможны такие ситуации, когда изменение расстояния по глубине (трёхмерное распределение камер) не приводит к существенному изменению проекции на матрице телекамеры, что затрудняет вычисление масштаба. Если

камер много, то это не сильно отразится на усредненном результате. Однако реальное измерительное устройство может содержать не более 3-5 телекамер. При ограниченном числе телекамер целесообразно размещать их по определённым правилам:

- располагать телекамеры в одной плоскости;
- сделать направление главных оптических осей объективов параллельными;
- разместить камеры в пространстве таким образом, чтобы суммы расстояний от каждой телекамеры до всех остальных были равны.

Каждый из этих приёмов позволяет повысить точность вычислений с учётом дополнительных формул, которые можно получить на основе соотношений геометрической оптики.

Один из эффективных приёмов повышения точности измерений состоит в том, чтобы вычислять масштаб отдельно по координатам пространства. Для этого необходимо размещать группы разнесённых на фиксированные расстояния камер со взаимно перпендикулярным направлением главных оптических осей. На рисунке 3 показана схема телевизионного ортогонального устройства

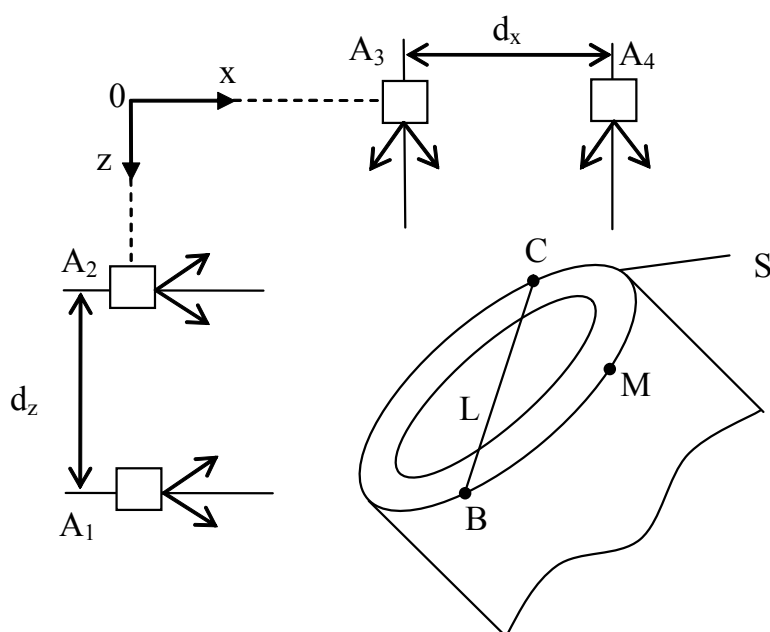


Рис. 3. Схема телевизионного ортогонального устройства измерения геометрических параметров объектов: $A_1 - A_4$ – телекамеры; S – контролируемый контур; M – метка; BC – измеряемый отрезок

измерения геометрических параметров, состоящая из четырёх телекамер, в которой две телекамеры A_1 и A_2 разнесены по координате z на расстояние d'_z и имеют главные оптические оси, параллельные оси x . Две другие камеры A_3 и A_4 разнесены в пространстве на фиксированное расстояние d'_x по координате x и имеют оптические оси, параллельные оси z . Это даёт возможность определять масштаб отдельно по координатам x и z по формулам (рис. 4):

$$R_x = \frac{d'_x}{d_x}, \quad R_z = \frac{d'_z}{d_z}, \quad (6)$$

где

$$d'_x = \sqrt{(\mu_{M,3} - \mu_{M,4})^2 + (\eta_{M,3} - \eta_{M,4})^2},$$

$$d'_z = \sqrt{(\mu_{M,1} - \mu_{M,2})^2 + (\eta_{M,1} - \eta_{M,2})^2}.$$

Тогда проекцию измеряемого отрезка BC по координате z можно определить по любой из камер A_1 или A_2 :

$$L_{z,i} = \frac{d'_z}{d'_z} \sqrt{(\mu_{B,i} - \mu_{C,i})^2 + (\eta_{B,i} - \eta_{C,i})^2},$$

$$i = 1, 2. \quad (7)$$

Проекцию отрезка BC по координате x можно определять по камерам A_3 или A_4 :

$$L_{x,i} = \frac{d'_x}{d'_x} \sqrt{(\mu_{B,i} - \mu_{C,i})^2 + (\eta_{B,i} - \eta_{C,i})^2},$$

$$i = 3, 4. \quad (8)$$

Истинная длина отрезка BC определится по формуле

$$L_i = \sqrt{L_{x,i}^2 + L_{z,i}^2}.$$

Точность измерений повысится, если проводить вычисления по всем камерам, а результат усреднить:

$$L_z = \frac{L_{z,1} + L_{z,2}}{2}, \quad L_x = \frac{L_{x,3} + L_{x,4}}{2},$$

$$L = \sqrt{L_x^2 + L_z^2}.$$

Таким образом, предложенный способ измерений позволяет практически полностью устранить от влияния перекосов контролируемого объекта относительно оптической оси камеры.

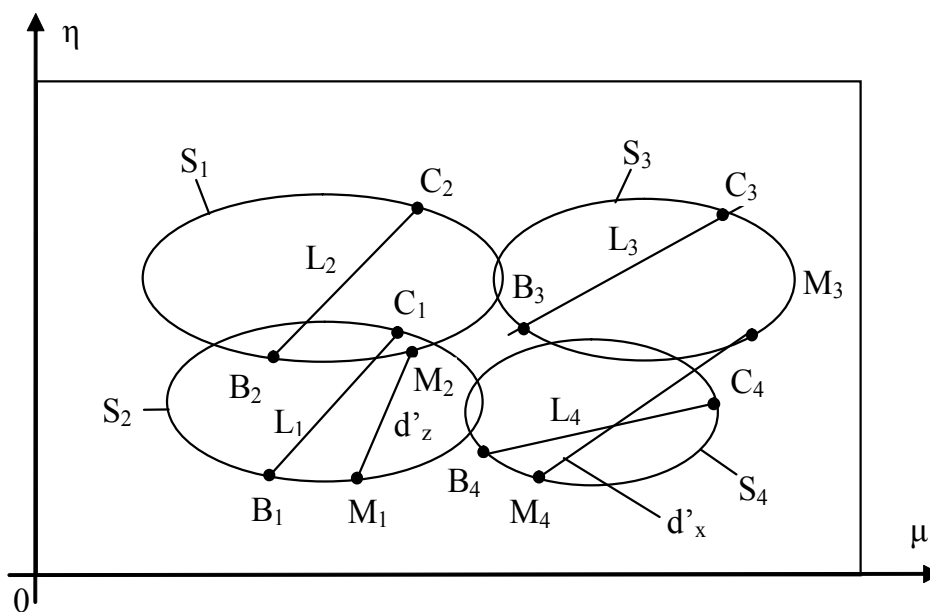


Рис. 4. Изображения на совмещенном экране контролируемого контура, полученного от разных телекамер при ортогональных измерениях

Библиографический список

1. Ободан В. Я., Скрипченко А. И., Сологуб Б. В. Телевизионный автоматический микропроцессорный измеритель габаритных размеров сечения труб и проката // Сталь. - 1989. - № 6. - С. 58-61.
2. Ободан В. Я. Контроль объема заготовок круглого сечения оптоэлектронным способом // Известия вузов. Приборостроение. - 1997. - № 2. - С. 40 - 43.
3. Радиотехнические и телевизионные средства сбора и обработки информации /Под

ред. К. Е. Румянцева- Таганрог: Изд-во ТРТУ, 1998. - 162 с.

4. Балабаев С. Л., Румянцев К. Е. Телевизионный датчик контроля изделий металлургического производства // Информационные технологии в науке и образовании. Сб. науч. трудов. - Шахты. Вып.28. - 1998. - С.24-28.
5. Жиганов И. Ю. Бесконтактные устройства измерения геометрических параметров труб. - М.: Межвузовская книга, 2004. - 220 с.

References

1. Obodan V. Ya., Skriptchenko A. I., Sologub B. V. Television automatic microprocessor meter for measuring overall dimensions of pipe section and rolled products // Stal'. 1989 - No. 6 - pp. 58-61.
2. Obodan V. Ya. Controlling circular section billet volume by optoelectronic means // Izvestia vuzov. Priborostroyeniye. - 1997. - No. 2 - pp. 40-43.
3. Radioengineering and television devices for information collecting and processing. / Edited by

K. Ye. Rummyantsev. Taganrog: Tagan-rog Radioengineering University publishers, 1998 - 162 pp.

4. Balabayev S. L., Rummyantsev K. Ye. Television transducer for metal manufacture item control // Information technologies in science and education. Collection of scientific transactions. Shakhty, 1998. Issue 28. pp. 24-28.
5. Zhiganov I. Yu. Non-contact devices for pipe geometrical parameter measurement. - Moscow: Mezhvuzovskaya kniga, 2004. - 220 pp.

MULTICHANNEL TELEVISION METHOD OF OBJECT GEOMETRICAL PARAMETER REMOTE MEASUREMENT

© 2009 I. Yu. Zhiganov

Samara State Aerospace University

The paper deals with the theoretical foundations of television devices for measuring geometrical parameters of complex objects using several telecameras spaced apart at a fixed distance. The procedure of measuring on the basis of automatic calibration and the processing algorithms ensuring the independence of measurement results on the distance from the object and its displacement in space are given.

Television measurements, geometrical parameters, processing algorithms.

Информация об авторе

Жиганов Игорь Юрьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры электротехники, Самарский государственный аэрокосмический университет; e-mail: aps@ssau.ru. Область научных интересов: приборостроение, дистанционные методы измерения, метрология.

Zhiganov Igor Urievitch, candidate of technical sciences, associate professor, associate professor of Samara State Aerospace University Electrotechnics department, e-mail: aps@ssau.ru. Area of research: electrical instruments, long distance methods of measurement, metrology.