

1. упрощенное описание начальной стадии образования филамент, ведь на самом деле сначала соединяются 2 актина, потом добавляется третий, и с этого момента нить растет, как и предполагается в модели,

2. неадекватная модель динамики длинных филамент (то есть отсутствие учета таких факторов, как различие скоростей реакций для филамент разных длин, ветвление филамент и т.п.).

Учитывая результаты [4], можно заключить, что в нашем случае наиболее вероятнейшей причиной расхождения является упрощенное описание начальной стадии образования филамент.

Литература

1. *Soo F. S., Theriot J. A.* Large-scale quantitative analysis of sources of variation in the actin polymerization-based movement of *Listeria monocytogenes* // *Biophys. J.* 2005. V. 89. P. 703–723.
2. *Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельников Г.М.* Численные методы. М.: Наука, 1987, 630 с.
3. *Petr V. Nazarov et al.* Developing mathematical models, algorithms and programming tools for analysis of actin based motility // *FNR Report.* 2007.
4. *Sept David, McCammo J. Andrew.* Kinetics of Actin Filament Nucleation // *Biophys. J.* 2001. V. 81. P. 667–674.

ИЗМЕРЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КООРДИНАТ ТОЧЕК ПОВЕРХНОСТИ ОБЪЕКТА

**А. А. Беспальцев, Д. П. Лопатин, Д. В. Бобров,
П. В. Петров, Н. Н. Кольчевский**

Восстановление трехмерных изображений объектов является актуальной и сложной научно технической задачей. Для получения трехмерных изображений объектов используют томографы принцип действия, которых состоит в обработке большого количества двумерных изображений объекта. Современный томограф представляет собой сложное компьютеризированное устройство стоимость которого может составлять более 500 тыс. долларов США и позволяет восстанавливать трехмерные изображения поверхности объекта с субмикронной точностью. В Республике Беларусь подобные устройства не производятся, и для многих задач не требуется такой высокой точности.

Целью данной работы являлось разработка и изготовление системы измерения пространственных координат точек поверхности объекта.

Задача измерения трехмерного изображения поверхности объекта решена с использованием стереопары, позволяющей фиксировать двумерные координаты объекта с двух различных точек пространства. В качестве стереопары выбраны web-камеры, позволяющие измерять координаты

лазерного луча на поверхности твердого тела. Измерения формы поверхности производилось методом сканирования поверхности лазерным лучом, набор координат луча содержит информацию о поверхности тела.

Для разработки и изготовления стенда использовались web-камеры различных производителей, подключаемые к персональному компьютеру через USB-порт. Использовались следующие web-камеры: Genius Video-Cam Web V4, тип сенсора: CMOS матрица, кол-во пикселей 300 тысяч, максимальное разрешение 640 x 480, частота смены кадров 15 / 30 fps; и ACME T041, тип сенсора: CMOS матрица, кол-во пикселей 100 тысяч, максимальное разрешение 352 x 288, частота смены кадров 15 / 30 fps.

Измерения показали, что камеры характеризуются малым углом обзора и низкой разрешающей способностью. Скорость передачи данных по USB-порту позволяет надежно передавать изображения со скоростью 20 кадров в секунду. Разработанный и изготовленный стенд содержит установленные на расстоянии ~ 40 см друг от друга камеры и экран для установки объекта на расстоянии 30 см от камер. Камеры были установлены строго горизонтально под углом 90 градусов друг относительно друга. При данной геометрии стенда область измерений имела площадь порядка 100 см^2 .

Процесс измерения заключался в закреплении образца на экране и его сканирования лазерной указкой. С интервалом равным ~ 0.2 с. определялись пространственные координаты луча на поверхности объекта.

Разработано программное обеспечение, обрабатывающее данные web-камер. Программа написана в среде Delphi с использованием пакета DsPack, предназначенного для захвата видеоизображений, сформированных web-камерами [1].

Полученные двумерные изображения обрабатывались для определения наиболее яркой (подсвеченной лазером) точки изображения. Для решения данной задачи, использовалось представление изображения в абсолютном значении яркости. То есть каждый пиксель изображения представляется трехбайтовым числом 0xFFFFFF. Данное представление изображения удобно тем, что цвет пикселя зависит от одного числа. Значение 0xFF0000 соответствует синему цвету, значение 0x00FF00 соответствует зеленому, а 0x0000FF соответствует красному. В зависимости от условий измерений и свойств объекта изображение может быть преобразовано в монохромный режим или на этапе обучения программы заданному цвету в области изображения может быть присвоено значение максимальной яркости [2].

Анализ изображений позволяет найти двумерные координаты луча для каждой из web-камер – (N_x^1, N_y^1) и (N_x^2, N_y^2) . Схема установки web-камер на исследовательском стенде показана на рисунке 1.

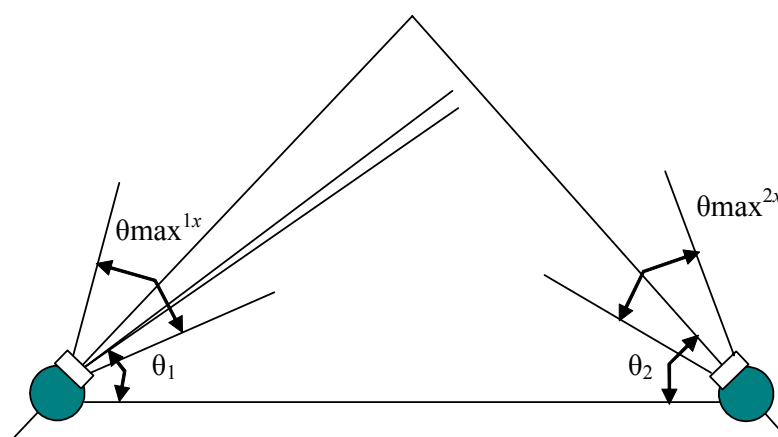


Рис. 1. Схема установки web-камер на измерительном стенде

На основе данных о поле зрения камеры и геометрии установки можно вычислить угловые направления в горизонтальной плоскости на яркую точку относительно камеры 1 – β_1 и камеры 2 – β_2 . Пример расчета β_1 показан ниже:

$$\beta_1 = \theta_1 - \left(\frac{2Nx^1}{Nx^{1\max}} - 1 \right) \theta_{\max}^{1x}, \quad (1)$$

где β_1 – угол, характеризующий направление на яркую точкой лазерного луча в горизонтальной плоскости, $\theta_{\max}^{1x}$ – угол обзора 1-ой web-камеры, θ_1 – угол, характеризующий направление на яркую точку лазерного луча относительно нормали камеры, $Nx^{1\max}$ – максимальное разрешение по оси x .

Зная угловые направления (β_1, β_2) в горизонтальной плоскости можно рассчитать координаты (x, y) лазерного луча на поверхности объекта, считая одну из камер расположенной в начале координат:

$$x = \frac{D \operatorname{tg} \beta_1}{\operatorname{tg} \beta_2 + \operatorname{tg} \beta_1}, y = \frac{D \operatorname{tg} \beta_2 \operatorname{tg} \beta_1}{\operatorname{tg} \beta_2 + \operatorname{tg} \beta_1} = x \operatorname{tg} \beta_2. \quad (2)$$

На основе данных о поле зрения камеры и геометрии установки в вертикальной плоскости можно вычислить угловые направления α на яркую точку относительно камеры и недостающую координату z :

$$\alpha = \left(\frac{2Ny}{Ny^{\max}} - 1 \right) \gamma_{\max}^y, z = \sqrt{x^2 + y^2} \operatorname{tg} \alpha. \quad (3)$$

Полученные координаты (x, y, z) сохраняются в текстовый файл. Скорость обработки изображений и вычислений координат существенно ниже скорости передачи изображений, следовательно, скорость записи данных в файл составляет 5 точек в секунду. Сформированный файл

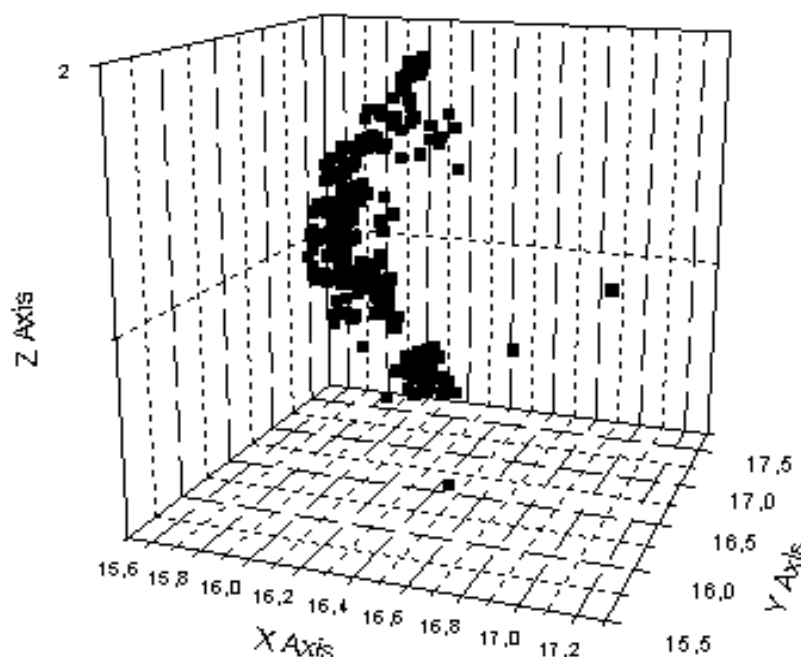


Рис. 2. 3D график, характеризующий движения лазерного луча

данных, содержащий координаты (x, y, z) может быть обработан стандартным математическими пакетами для построения 3D графиков. На рисунке 2 показан построенный в среде Origin 3D график движения лазерного луча по поверхности объекта.

Разрешение формируемого 3D изображения зависит от размеров лазерного луча, свойств объекта, освещенности и т.д. Достоинствами разработанного устройства являются низкая цена устройства, малые размеры, простота установки и наладки. Данное устройство может быть использовано: на производстве, для первичного контроля качества, для моделирования поведения объектов, для измерения линейных размеров объектов, для построения траекторий движущихся тел.

Литература

1. Интернет-адрес: <http://directshow.wonderu.com> – сайт посвященный обработке потокового видео на Delphi.
2. Данн Дж. Цифровое видео: быстро и эффективно. Санкт-Петербург, 2005.

РЕНТГЕНОВСКАЯ АДИАБАТИЧЕСКАЯ ЛИНЗА

А. А. Большаков, П. В. Петров, Н. Н. Кольчевский

Исторически развитие рентгенооптических элементов пошло по пути применения методов отражательной и дифракционной оптики для мягкого рентгеновского диапазона. Однако с увеличением энергии фотонов