



Н.Н. Васин, А.А. Буцких

## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ОБЪЕКТОВ

(Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)

На производственных предприятиях сегодня применяются не автоматизированные приборы традиционной конструкции, выпущенные в 60–80-х годах прошлого века. Эти приборы морально устарели и в результате длительной эксплуатации потеряли свои точностные характеристики. Таким образом, существующая потребность в повышении точности и автоматизации контроля геометрических параметров изделий.

Среди средств, позволяющих комплексно оценить качество изделий, выделяются оптико-электронные системы (ОЭС) контроля на базе камер технического зрения (КТЗ). Для контроля 2D геометрии, которая характерна для листовых изделий или осесимметричных деталей, достаточно использование одноканальных пассивных ОЭС с фиксированным положением объекта контроля. Сведения о геометрических параметрах изделий ОЭС получают по изображению изделия. Методика координатных измерений (МКИ) включает в себя стратегию измерения (число точек, их расположения на контролируемых поверхностях и последовательность обхода) и расчетную модель, математически описывающую взаимосвязь координат измеренных точек с определяемыми линейно-угловыми параметрами. При внедрении ОЭС контроля на базе КТЗ в производство повысится технологическая точность производства деталей, произойдет снижение процента брака.

Основным достоинством оптического бесконтактного метода измерения является его высокая точность и технологичность, которая позволяет производить измерение геометрического профиля объекта вне зависимости от температуры их поверхности и ее сложности. Наиболее универсальным является триангуляционный метод измерения геометрического профиля объекта. Данный метод, на практике, позволяет измерять геометрические характеристики поверхности любой сложности [1].

На основе вышеизложенного материала была разработана математическая модель, которая получила программную и аппаратную реализацию.

Аппаратной основой лазерного триангуляционного измерителя является высокоскоростная CMOS матрица с блоком обработки изображения, а также блоком передачи данных потребителю информации. Для получения профиля объекта его поверхность подсвечивается специализированным источником когерентного светового излучения, чаще всего в этой роли выступает лазерный диод с оптической системой развертки. Стоит сказать пару слов о светофильтрах, которые играют немаловажную роль в снижении количества света, достигающего камеры. Действие основано на применении "затемненного" нейтраль-



но стекла, не меняющего тональный рисунок, а лишь уменьшающего световой поток. Его применение связано с необходимостью затемнения сторонних объектов в кадре, что бы дополнительно выделить зону подсветки лазером.

В работе был выбран гибридный метод определения профиля, состоящий из двух методов. Первый метод Интегральный метод или по-другому центр масс, суть которой заключается в вычисление координаты центра тяжести фигуры образованной осью координат и осью интенсивности. Данный метод помогает получить субпиксельную точность. Второй метод пороговая фильтрация изображения с подсвеченной зоной будущего профиля объекта. Он заключается в цифровой фильтрации изображения, в котором пиксели с уровня яркости ниже порога значения фильтрации затемняются. Порог фильтрации зависит от отражающих характеристик поверхности исследуемого объекта. Данный метод избавляет изображение от шумов. В итоге мы получаем изображение черного кадра с ярко выраженной подсвеченной зоной – профилем. Достоинством данных методов является его высокое быстродействие, возможность получать субпиксельную точность, простота реализации. Графическое представление данных методов можно наблюдать на Рис.1.

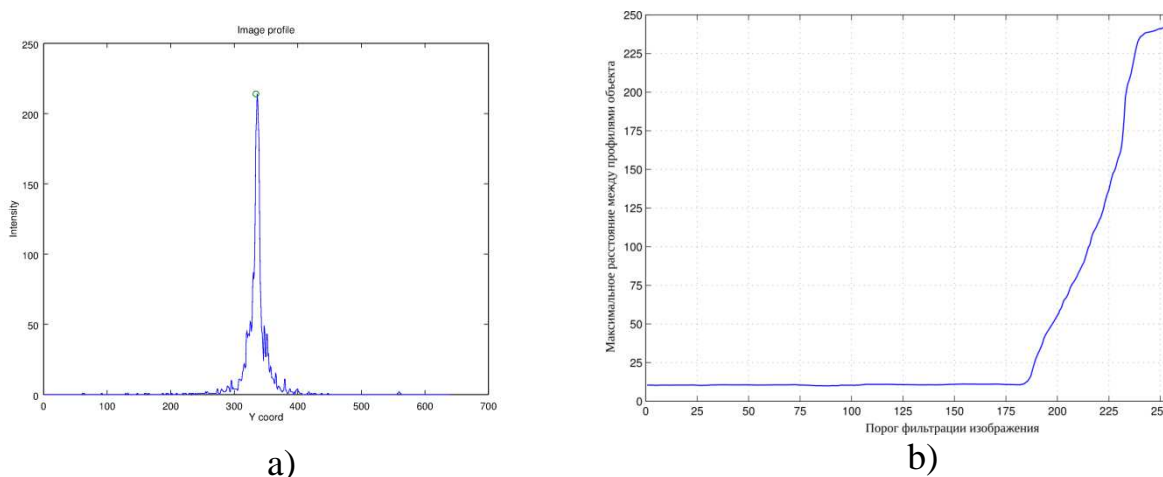


Рис.1- график реализации метода центр масс(a), график метода пороговой фильтрации (b)

После того как получено исходное изображение профиля объекта необходимо провести преобразование видеоизображения профиля в пиксельные координаты. Для этого исходное изображение разбивается на столбцы шириной в один пиксель. Каждый столбец представляет собой профиль изображения, при этом номер столбца представляет собой координату по оси  $x$ , а положение максимума видеоимпульса определяет координату  $z$ .

Основной проблемой применения когерентного источника является появление интерференционных помех на изображении. Физическую природу данного явления можно объяснить исходя из принципа Гюйгенса. Когерентное излучение с выхода развертывающей системы лазера попадает на объект, отражаясь от которого порождает вторичные когерентные волны, интерференцию которых наблюдаем на видеоматрице. Данные тип искажений является ключевым

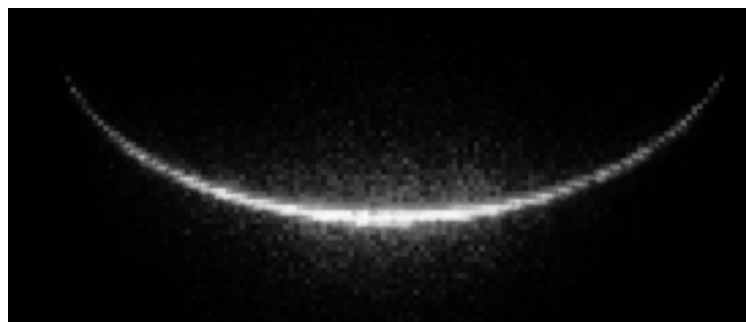


для случая лазерной триангуляции, так его невозможно подавить или снизить применением оптических фильтров. Частично с этими искажениями борется цифровая фильтрация[2].

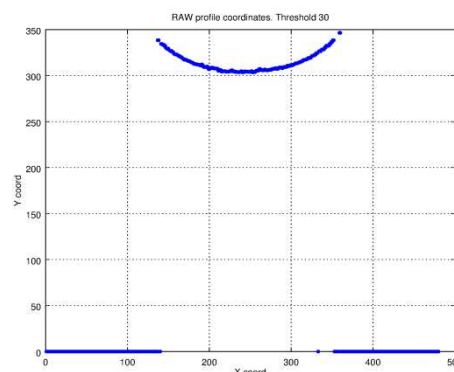
Данные измерения посылаются на сервер обработки измерений, где обрабатываются и в итоге мы получаем параметры геометрии профиля объекта. В ходе эксперимента было произведено многократное преобразование данных. В самом начале информация представляла видеопоток разрешения 640/480 30 кад./с. Для снижения объема видеопоток камера была настроена на черно-белую съемку, тем самым мы получили кадр в серых оттенках. Это позволило снизить размер каждого кадра с 560 кбайт до 270 кбайт. Данный видеопоток отправляется в блок обработки видеоизображения, который может быть реализован как на аппаратной составляющей экспериментальной модели, так и отправляться на сервер обработки.

После проведения фильтраций изображения, в кадре полностью затемняются все области, кроме ярко выраженная подсвеченная зона подсвеченной лазером профиля объекта. Объем данных при этом снижается до 22 кбит. Каждый пиксель имеет свои координаты, поэтому кадр преобразуется от пиксельной формы в координатную. Координатам  $x$  и  $y$  присваивается размерность. В результате из набора координат получаются точные параметры контроля геометрии профиля объекта, общий объем которых составляет несколько кбайт. Результат обработки можно оценить на Рис.2.

Полученные координаты профиля, выраженные в пикселях, пересчитываются в единицы длины (миллиметры). С этой целью была введена система опорных координат, которая позволяет однозначно идентифицировать профиль в обеих системах координат.



a)



b)

Точность измерений составляет 150 мк, в зависимости от зоны видимости. Для повышения точности планируется использование лазерного модуля с меньшей толщиной лазерной линии, а также ввести алгоритм компенсации оптических искажений объектива.

В результате выполненных теоретических и экспериментальных работ была решена актуальная научно-практическая задача - имеющая важное значение в области автоматизированного контроля геометрических параметров объ-



екта, обеспечения надежности и точности контроля линейных размеров изделий, а также автоматизированных систем мониторинга производства изделий различного рода, сбора и представления результатов контроля. Исследовательская работа по данной теме позволит решить проблему полной автоматизации контроля геометрии объектов на во многих промышленных областях.

### Литература

1. Плотников С. В. Сравнение методов обработки сигналов в триангуляционных измерительных системах // Автометрия № 6 1995 с. 58-63.
2. Р.В. Хемминг. Цифровые фильтры. Перевод с английского В.И. Ермашина / Под ред. Профессора А.М. Трахтмана. – М.: Советское Радио, 1980. – 224 с.

Д.В. Веерпалу

## СИСТЕМА МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ ПОСТРОЕНИЕМ СЕТИ ЦИФРОВОГО ТЕЛЕРАДИОВЕЩАНИЯ

(Научно-исследовательский институт радио, Москва)

Реализация мероприятий по развитию сети цифрового телерадиовещания (ЦТВ) является сложной научно-технической задачей, для решения которой необходимо реализовать рациональное управление материально-техническими ресурсами в условиях неопределенности. Важной спецификой построения сети ЦТВ как сложной организационно-технической системы является взаимосвязь процессов планирования, мониторинга, уточнения и корректировки целевых показателей мероприятий, их перечня и выделяемых на их реализацию объемов финансирования. Комплексный характер развития сети ЦТВ при относительной автономности отдельных объектов определяет сложность прогнозирования фактического расходования денежных средств. Привлечение множества подрядчиков разной специализации обуславливает необходимость применения современных принципов системного анализа, обработки информации и управления, учитывающих возможности децентрализации и самоорганизации.

Для планирования бюджетов и сроков в этих условиях необходимо учитывать системные связи и закономерности функционирования и развития объектов сети ЦТВ с учетом отраслевых особенностей. Такие проблемы, как существенное опоздание по одному из проектов или недостаточное освоение денежных средств, должны быть заблаговременно идентифицированы и проанализированы с учетом возникающих рисков и тесной взаимосвязи объектов ЦТВ. Такой анализ может быть произведен с использованием современных средств имитационного моделирования. В результате должно быть выработано управленческое воздействие, выражающееся в корректировке объемов выделяемых денежных средств и сроков с учетом специфики объектов сети ЦТВ. Для этого требуется применение современных теорий управления сложными