

УДК 004.932.72

НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ ИЗМЕРЕНИЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОБЪЕКТОВ В СИСТЕМАХ ОПТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

К. т. н. О. Ю. Бабилунга

Одесский национальный политехнический университет

Украина, г. Одесса

babilunga@mail.ru

Рассмотрена задача определения геометрических параметров объектов при реализации систем оптического контроля. Установлены причины возникновения неопределенности при измерении геометрических параметров объектов в системах оптического контроля. Приведена методика оценки неопределенности измерений, даны рекомендации по уменьшению неопределенности измерения геометрических параметров объектов на изображениях в условиях помех.

Ключевые слова: оптический контроль, неопределенность измерений, вейвлет-преобразование, контурная обработка, геометрические параметры.

В настоящее время при обработке изделий и поверхностей сложной формы, к точности исполнения которых предъявляются высокие требования, применяются универсальные или специальные измерительные системы, основанные на контактном или бесконтактном оптическом контроле. Одна из основных задач, решаемых в оптических измерительных системах – измерение геометрических параметров элементов объекта (линейных и угловых величин, а также соотношений между ними), характеризующих форму объекта и взаимное расположение его элементов.

В источниках достаточно хорошо представлены и отработаны методы прямого оптико-визуального измерения, базирующиеся на законах геометрической оптики и фотометрии, выполняемые по оптическим изображениям с участием оператора [1]. Данные методы обеспечивают достаточно высокую точность измерений. Однако при построении автоматических систем на основе оптического контроля визуальной информации использовать аналогичные методы удастся лишь в отдельных случаях, поскольку глаз человека и система обработки визуальной информации выполняют функции анализатора неодинаково. Наличие помех, размытых перепадов интенсивности при измерении геометрических параметров объектов на реальных изображениях требует проведения дополнительных исследований, что обуславливает актуальность данной темы.

Целью данной работы является исследование причин возникновения неопределенности при измерении геометрических параметров объектов в системах оптического контроля и выдача рекомендаций по оценке и уменьшению неопределенности.

Системы бесконтактного оптического контроля просты в реализации, обладают универсальностью и быстродействием, однако, в большинстве случаев, качество их работы зависит от реализации процедур обработки и анализа изображений, таких как повышение контраста, выделение определенных элементов изображения, подчеркивание перепадов интенсивности, выделение четких контуров объектов, построение карт распределения интенсивности изображения и др. [2].

В системах оптического контроля точность измерения геометрических параметров во многом зависит от качества выделенной границы объекта. При этом важную роль играют применяемые методы контурной обработки изображений. Неопределенность измерения геометрических параметров объекта может быть снижена за счет формирования на этапе обработки изображения четкого контурного препарата, соответствующего границе объекта, шириной в один пиксел, без разрывов линии контура. При этом основным признаком границы изображения является перепад интенсивности в направлении, перпендикулярном линии, определяющей границу. В реальных системах, в силу наличия микронеровностей на поверхности объектов, а также дифракции света, граница объекта всегда будет размыта. В этом случае применение известных пространственных дифференциальных методов контурной обработки [2] не дает удовлетворительных результатов.

В [3] для выделения контура объекта на изображении предложено вместо метода пространственного дифференцирования использовать метод выделения контуров на основе вейвлет-преобразования (ВП), который обладает рядом преимуществ: повышает точность определения точек контура и уменьшает влияние помех, концентрируя энергию изображения вблизи перепадов интенсивности за счет выбора соответствующего масштаба обработки. Однако увеличение масштаба вейвлет-преобразования (длины носителя) расширяет пространственную локализацию объекта на изображении, что, в свою очередь, тоже влияет на точность определения границы объекта.

Стандартная неопределенность [4] при измерении геометрических параметров объекта в системах оптического контроля состоит из двух составляющих. Первая (неопределенность типа A), оценивается путем применения статистических методов, т. е. путем обработки результатов многократных измерений положения точки контура x_i на тестовых моделях одномерных перепадов интенсивности (точка, линия, полуплоскость, линейная решетка) при разных значениях отношения сигнал/помеха. За результат многократного измерения принимается среднее арифметическое отдельных измерений координаты точки, соответствующей контуру. Характеристикой разброса значений координат \bar{x} – неопределенностью типа A — служит оценка СКО средних арифметических n измерений:

$$u_A(\bar{x}) = S(x) / \sqrt{n} = \sqrt{1/n(n-1) \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}.$$

Вторая составляющая (неопределенность типа B) оценивается на основе априорной информации с применением нестатистических методов. При этом учитываются характеристики методики выполнения измерений (параметры метода контурной обработки, значение уровня порога, протяженность перепада интенсивности и т.п.). Показано, что при определении границы объекта с применением метода контурной обработки на основе вейвлет-преобразования координата границы объекта x_i обладает изменчивостью в пределах интервала $[x^-; x^+]$, значения которого зависят от выбранной длины носителя ВП. В этом случае, стандартная неопределенность второго типа определяется по формуле $u_B(x_i) = (x^+ - x^-) / 2\alpha$, где α – коэффициент, который выбирается в зависимости от закона распределения возможных значений x_i внутри этих границ. Если границы интервала $[x^-; x^+]$ симметричны относительно нуля, т. е. $x^- = -x$; $x^+ = +x$, то $u_B(x_i) = x / \alpha$.

В работе были исследованы причины возникновения неопределенности при измерении геометрических параметров объектов в системах оптического контроля, показано влияние методов выделения контуров на точность измерения геометрических параметров объектов, получены оценки стандартной неопределенности определения границ объекта при применении метода контурной обработки на основе вейвлет-преобразования. На основании этого были выработаны рекомендации по уменьшению неопределенности измерений геометрических размеров объектов и их элементов за счет априорной настройки параметров контурной обработки изображений.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Андреев А. Н., Гаврилов Е. В. Оптические измерения. — Москва: Логос, 2012.
2. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений — Москва: Техносфера, 2005.
3. Антошук С. Г., Бабилунга О. Ю., Николенко А. А., Бурак Т. А. Контурная сегментация полутоновых изображений методами вейвлет-анализа // Искусственный интеллект.— 2007.— № 3.— С. 187 – 192.
4. Захаров И.П. Неопределенность измерений для чайников и начальников.— С.Пб.: Политехника-Сервис, 2014.

O.Yu. Babilunga

Measurement uncertainty of geometrical parameters of objects in optical control systems.

The problem of determining the geometrical parameters of objects in the optical control systems is considered. The cause of uncertainty in the measurement of geometric parameters of objects in the optical control systems is established. The method for evaluation of measurement uncertainty, recommendations to reduce the uncertainty of measurement of geometrical parameters of objects on the noisy images are made.

Keywords: *optical non-contact control, measurement uncertainty, wavelet transform, edge processing, geometrical parameters.*