

Диагностика дефектов объектов на основе построения карты корреляции

В. Л. Козлов, Н. В. Згировская

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь, e-mail: KozlovVL@bsu.by

Представлены экспериментальные исследования, связанные с разработкой алгоритма построения карты корреляции по цифровым оптическим изображениям. Разработано программное приложение, реализующее данный алгоритм, и исследованы возможности его применения для нахождения дефектов объектов.

Ключевые слова: корреляционный анализ; цифровое изображение; трехмерная карта корреляции; диагностика дефектов.

Diagnosis of object defects based on constructing a correlation map

V. L. Kozlov, N. V. Zgirovskaya

Belarusian State University, Minsk, Belarus, e-mail: KozlovVL@bsu.by

Experimental studies related to the development of an algorithm for constructing a correlation map from digital optical images are presented. A software application has been developed that implements this algorithm, and the possibilities of its use for finding defects in objects have been investigated.

Keywords: correlation analysis; digital image; three-dimensional correlation map; defect diagnostics.

Введение

Применение корреляционной обработки изображений делает возможным получение цифровых данных, которые недоступны при использовании стандартных методов исследования и могут быть полезны при решении различного рода диагностических и идентификационных задач.

Карта корреляции – это трёхмерный график, который показывает разницу значений корреляционной функции между двумя изображениями объектов в зависимости от координат. С помощью построения карты корреляции двух изображений можно идентифицировать или классифицировать объекты, определять дефекты, находить критические области, которые могут служить в будущем фактором поломки оборудования, т.е. производить диагностику объектов исследований. Таким образом, построение карт корреляции является актуальной на сегодняшний день задачей, которая послужит хорошим инструментом во многих научных, технологических и диагностических исследованиях.

Описание метода

Корреляционные методы обработки изображений обеспечивают нахождение пиксельных соответствий путем сравнения профилей яркости в окрестности потенциально соответствующих точек разных изображений объекта. Обработка изображений

жений осуществляется с помощью различных функций, реализующих корреляционный анализ. К таким функциям можно отнести нормированную кросскорреляционную функцию (англ. NCC) – хорошо показывает себя при перепадах яркости и смещении цвета на фрагментах поиска и определяется выражением:

$$K(d) = \frac{\sum_{u,v} (I_1(u,v) - \bar{I}_1) \cdot (I_2(u+d,v) - \bar{I}_2)}{\sqrt{\sum_{u,v} (I_1(u,v) - \bar{I}_1)^2 \cdot (I_2(u+d,v) - \bar{I}_2)^2}},$$

где I_1, I_2 – интенсивность точек первого и второго изображения; u, v – координаты объекта на фотоприемной матрице вдоль строк и столбцов, соответственно; d – сдвиг между окнами сканирования [1]. Также можно использовать сумму квадратов разностей (англ. SSD) – более простая с математической точки зрения функция; нормированную сумму квадратов разностей (англ. NSSD) [1]; сумму абсолютных значений разностей (англ. SAD) [2] – аналог SSD, часто используется для снижения вычислительных затрат.

Алгоритм работы системы построения карты корреляции двух изображений включает в себя несколько этапов. Предпроцессорная обработка заключается в автоматическом нахождении угла поворота изображений друг относительно друга за счёт детектирования контуров, углов и одинаковых частей изображения. В дальнейшем происходит поворот изображения на найденный угол. Через смещение изображения по осям происходит процесс нахождения наибольшего коэффициента корреляции между двумя изображениями, после чего происходит автоматическое смещение на координаты с самым большим коэффициентом корреляции и обрезание лишних частей изображения. После предпроцессорной обработки получаются одинаково ориентированные изображения, которые используются для построения карты корреляции. Выбирается размер окна сканирования в пикселях на обоих изображениях и вычисляется корреляционная функция между ними. Координаты окна сканирования откладываются по осям x и y , а результат корреляции по z .

Для реализации системы корреляционной обработки изображений на основе описанной методики было разработано программное приложение на языке программирования java. Интерфейс имеет два синхронизированных рабочих окна. Левое окно предназначено для ввода исследуемого изображения, а правое – для ввода изображения-образца. Интерфейс обеспечивает выполнение следующих пользовательских функций: изменение размера изображений, выбор вида корреляционной функции (КФ), выбор области анализа на исследуемом изображении, определение спектрального диапазона анализа, измерение расстояния до объекта и построение карты корреляции. Выбор цветового канала позволяет получать наиболее точное значение КФ отдельно в красном, зеленом, синем участках спектра, а также в их суммарном диапазоне. Программное приложение обеспечивает возможность построения трехмерного графика корреляционной функции для всех точек изображения, а также позволяет построить карту корреляции выбранной области изображения для нахождения мелких, незаметных глазу повреждений объекта (различия, несоответствия, мелкие дефекты и т. д.).

В интерфейс программного приложения загружаются два изображения и указываются параметры запуска. В параметрах запуска указывается вид корреляционной функции (NCC, SAD, SSD, NSSD). Можно описать изображение, смещено или повернуто оно. Формирование карты корреляции осуществляется по следующему алгоритму. На исследуемом изображении объекта формируется окно сканирования, размером от 3×3 до 7×7 пикселей в зависимости от требуемого разрешения карты корреляции. Автоматически окно сканирования с такими же координатами формируется на эталонном изображении и вычисляется значение корреляционной функции между выделенными фрагментами. Затем оба окна сканирования последовательно сдвигаются на величину размера окна как по оси x , так и по оси y , и после каждой итерации вычисляется значение корреляционной функции. Таким образом, осуществляется построение карты корреляции изображений фрагментов эталонного и исследуемого объекта, представляющее собой зависимость значения корреляционной функции от координат точки на изображении.



Алгоритм работы системы, *a* – изображение исходной платы, *b* – изображение платы с дефектом, *в* – карта корреляции

Также можно указать размер окна сканирования при корреляции и количество точек при использовании детектирования. Алгоритм работы системы поясняется рисунком. На рисунке представлены изображение исходной платы, изображение платы с дефектом и построенная в результате анализа карта корреляции. По минимальному значению корреляционной функции обнаруживается расположение дефекта на плате (рисунок, *в*).

Таким образом разработана методика и создано ее реализующее программное приложение для построения карты корреляции. Сильными сторонами приведённой методики является: автоматизация построения и анализа, быстрота получения результатов и их графическая наглядность, точность полученных результатов. Данный метод может быть использован в различных областях научных, технологических и диагностических исследований для анализа цифровых изображений объектов с целью нахождения дефектов на материалах, деталях, а также в криминалистике, медицине.

Библиографические ссылки

1. *Brown M. Z.* Advances in computational stereo // IEEE transactions on PAMI. 2003. Vol. 25, № 8. P. 993–1008.
2. *Чумаченко А. В.* Оптимизация вычисления SAD для задачи восстановления рельефа по изображениям стереопар в высокопроизводительных системах стереозрения // Известия ЮФУ. Технические науки. 2013. Т. 140, № 3. С. 89–96.