

## Распознавание неоднородностей, определение их геометрических характеристик и построение 3D геометрических моделей в задачах неразрушающего контроля

*Николаев А. А.*

beloian@km.ru

Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана

Разработан новый подход к реализации систем технического машинного зрения на основе контурного анализа [1] в задачах неразрушающего контроля магнитным и тепловым методами [2, 3]. Предложена и реализована автоматизированная технологическая цепочка построения 3D геометрической модели (ГМ) обнаруженных неоднородностей на фоне модели объекта контроля. Разработаны элементы программно-математического обеспечения (ПМО) расшифровки зашумленных изображений и построения ГМ с дефектами, ориентированные на работу в реальном времени.

### **Задача построения геометрической модели неоднородностей, представление неоднородностей как системы контуров**

Задача построения 3D ГМ неоднородностей (дефектов) на фоне ГМ объекта контроля является задачей компьютерного зрения. Имеется изображение, получаемое в режиме реального времени. В рассматриваемых методах неразрушающего контроля (магнитном и тепловом) задачей предобработки часто является задача подавления шума (например, в [3] используются медианные фильтры). В разрабатываемой системе к задачам предобработки относятся также адаптивная бинаризации и морфологическое расширение. В качестве задачи извлечения признаков рассматривается задача выделения контуров. Для выделения контуров использованы алгоритмы «Жука» [4, 5], Розенфельда [6] и метод активных контуров [7]. Задача обнаружения неоднородностей (дефектов) является задачей обнаружения объектов. В данной работе задача обнаружения объектов рассматривается как задача распознавания зашумленных контуров. Построение ГМ неоднородности является задачей анализа характеристик объекта. Исследуемые эталонные ГМ дефектов представляются в виде классов систем эквализированных контуров. Система эквализированных контуров является набором линий уровней, которые путем пространственной триангуляции преобразуются в набор граней, описывающих дефект.

### **Задача классификации дефектов**

Рассмотрим задачу классификации дефектов как задачу распознавания зашумленных контуров.

Воспользуемся обозначениями, принятыми в [1].

Пусть  $\Gamma_{(j)}^{(c)} = |\mu_{(j)}| \exp\{i\Delta\varphi_{(j)}\} \{\gamma_{(j)}(n + d_j)\}_{0,k-1}$  — сигнальный контур, состоящий из  $k$  векторов, и полученный путем преобразований (поворота, масштабирования и сдвига) из исходного эталонного контура  $\Gamma_{(j)} = \{\gamma_{(j)}(n)\}_{0,k-1}$  класса  $A_j$ , где  $j = 1, \dots, M$ ,  $M$  — общее число классов распознаваемых контуров и  $\gamma_{(j)}(n)$  —  $n$ -й вектор  $j$ -го контура в комплекснозначном представлении [1]. Скалярные параметры  $|\mu_{(j)}|$  — масштаб,  $\Delta\varphi_{(j)}$  — поворот и  $d_{(j)}$  — сдвиг для каждого контура предполагаются неизвестными. Подаваемый на вход устройства распознавания зашумленный контур имеет вид  $N_{(j)} = \Gamma_{(j)}^{(c)} + Z$ , где  $Z$  — шумовой контур с дисперсией  $\sigma^2$ . Для получения оценок параметров масштаба, поворота и сдвига используется метод максимального правдоподобия. Для распознавания строятся контурные согласованные фильтры (КСФ) [1] для алфавита эталонных контуров из классов  $A_1, \dots, A_M$ . Решающее устройство определяет номер фильтра с максимальным по модулю выходным сигналом, и при превышении порогового уровня выносится решение в пользу класса, номер которого совпадает с номером фильтра. После выбора номера класса решается задача об отнесении контура к зашумленному или шумовому [1, 8]. В виду краткости изложения, приведем только результаты данной задачи. Найдены геометрические параметры: класс эталонного контура, координаты геометрического центра масс, оценки параметров масштаба  $|\mu|$  и поворота  $\Delta\varphi$ .

#### **Построение 3D геометрических моделей обнаруженных неоднородностей на фоне модели объекта контроля**

Входной информацией данной задачи являются результаты предыдущей задачи. Входные линии уровней (система контуров) подаются на вход процедуре пространственной триангуляции, работающей на основе триангуляции Дэлоне, производится разбиение и создание набора граней (треугольников), описывающих неоднородность (дефект).

#### **Программный комплекс для решения задач классификации контуров (дефектов) и определения их геометрических параметров**

На основе созданного алгоритма в среде Microsoft VS 7.0 разработаны элементы программно-математического обеспечения (ПМО). На вход ПМО подается набор классов (дефектов), распознаваемая матрица результатов измерений, исходные данные для алгоритма принятия решений (априорные вероятности, значение отношения сигнал/шум и др.). Результатом работы комплекса ПМО является решение об отнесении распознаваемого контура к одному из классов и оценки линейных преобразований ( $|\hat{\mu}|$ ,  $\Delta\hat{\varphi}$  и  $\hat{d}$ , смещение контура относительно начала координат), или решение о том, является ли распознаваемый контур шумовым.

По обработанным данным модуль триангуляции производит построение 3D ГМ системы дефектов.

### **Выводы**

Разработанный комплексный алгоритм на основе теории распознавания образов является быстрым и позволяет создавать 3D ГМ систем неоднородностей (дефектов) на фоне ГМ объекта контроля. Дальнейшее увеличение скорости обработки, по мнению автора, реализуемо путем включения в комплексный алгоритм элементов адаптивного обучения под конкретную задачу неразрушающего контроля. Автоматически получаемая 3D ГМ системы дефектов на фоне объекта контроля в дальнейшем импортируется в программный комплекс, решающий трехмерные и оболочечные задачи напряженно-деформированного состояния и задачи прогнозирования остаточного ресурса исследуемых объектов контроля.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 07-08-00574-а.

### **Литература**

- [1] *Фурман Я. А.* Введение в контурный анализ. Приложения к обработке изображений и сигналов. — М.: Физматлит, 2003. — 592 с.
- [2] *Клюев В. В.* Неразрушающий контроль и диагностика. — М.: Машиностроение, 2005.
- [3] *Будадин О. Н.* Тепловой неразрушающий контроль изделий: Научно-методическое пособие. — М.: Наука, 2006. — 472 с.
- [4] *Дуда Р., Харп П.* Распознавание образов и анализ сцен. — М.: Мир, 1976.
- [5] *Klette R., Rosenfeld A.* Digital geometry. Geometric methods for digital picture analysis. — San Francisco, CA: Morgan Kaufmann, 2004.
- [6] *Розенфельд А.* Распознавание и обработка изображений. — М.: Мир, 1987.
- [7] *Blake A., Isard M.* Active Contours. — Springer-Verlag, 1998.
- [8] *Николаев А. А.* Математические аспекты классификации дефектов и определения их геометрических параметров при диагностировании магнитным методом // Информационно-математические технологии в экономике, технике и образовании — 2006, Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2006. — С. 35–36.