

ФИЛЬТРАЦИЯ СИГНАЛОВ С ДЕФЕКТОГРАММ

В. И. ГОРБУНОВ, Б. Н. ЕПИФАНЦЕВ, Ю. П. ЗАБАШТА

Все увеличивающееся число фотоснимков, получаемых в различных областях приложений человеческой мысли, и высокая трудоемкость их расшифровки привели к постановке задачи по автоматизации процесса дешифрования фотоизображений. С некоторым запозданием проблема передачи функций принятия решения автомату встала и в радиографии. Причины тому следующие.

Во-первых, в случае успешного окончания исследований по созданию систем, позволяющих практически мгновенно получить двумерное изображение структуры изделия, причем точность и разрешающая способность этих систем находилась бы на одинаковом с рентгеновской пленкой уровне, все равно противоречие между стремлением к интенсификации технологических процессов и потенциальной необходимостью тратить время на контроль не было бы устранено. Действительно, величина «времени оператора», находящегося в замкнутой системе управления, ограничивает скорость движущихся на потоке контролируемых изделий величиной 0,14 м/сек [1]. Она явно недостаточна, чтобы удовлетворить современное производство. Поэтому качественно новый эффект в дефектоскопии будет получен лишь тогда, когда «время контроля» и скорость изменения структуры контролируемых объектов или сред окажутся согласованными. А это, в свою очередь, приводит к передаче функций принятия решения автомату.

Во-вторых, рентгено- и гамма-контроль в настоящее время в общем объеме применяемых в промышленности физических неразрушающих методов контроля составляет не менее 80%, причем радиография превалирует над остальными способами [2]. Поэтому автоматизация процесса расшифровки негативов актуальна сама по себе.

В-третьих, для получения статистически достоверных выводов требуется построить законы распределения признаков на представительной статистике. Постановка же опытов для имитации возможных ситуаций — процесс дорогостоящий и времязатратный, с этой точки зрения использование фотоизображений, являющихся продуктом уже проведенных опытов и отражающих пока с непревзойденным качеством исследуемые структуры, не только желательно, но и необходимо.

Второй момент, который следует рассмотреть здесь, — это выбор модели исследований, сводящийся в классическом варианте к трем этапам.

а) Выбирается датчик, с помощью которого состояние исследуемых объектов преобразуется в сигнал обычно электрического происхождения, удобный для последующего использования.

б) Полученный электрический сигнал приводится к виду, с которым оперирует электронно-вычислительная машина (ЭВМ). Иными словами, на этом этапе решается задача согласования характеристик источника информации с инструментом обработки информации.

в) Введенный в ЭВМ сигнал с помощью заранее составленной системы правил (алгоритм решения задачи) преобразуется сначала в пространство признаков, а затем в пространство решений. На множестве алгоритмов определяется оптимальная система преобразований в соответствии с заданными критериями (например, минимумом среднего риска). Полученный результат анализируется с той точки зрения, удовлетворяет ли он потребителя. В случае положительного решения приступают к этапу проектирования автомата, работающего по найденному алгоритму, в противном случае либо продолжают поиск новых решений, либо делают заключение о нецелесообразности замены человека автоматом в данной сфере преобразованной информации.

Проанализируем рассмотренную схему $a \rightarrow b \rightarrow v$ в плоскости поставленной задачи. Очевидно, автоматизация дешифрования дефектограмм (фотоизображений дефектности исследуемых структур) будет логически до конца обоснована лишь в том случае, если параметры автомата, по крайней мере, будут не хуже аналогичных параметров человека. Если принять предел контрастной чувствительности 0,01, а разрешающей способности 10 *лин/мм* [2], можно оценить объем информации, получаемый с площади элементарного кадра (рис. 1). Тогда, используя очевидную формулу

$$T \text{ (минут)} = \frac{10^4 \text{ (чисел/см}^2) \cdot S \text{ (см}^2)}{60 \cdot V \text{ (чисел/сек)}},$$

где

V — предельно допустимая скорость ввода информации, определяемая способом согласования источника информации с машиной. Получим, что ввод описания структуры оптической плотности с 30 метров рентгеновской пленки шириной 12 см в ЭВМ займет при использовании перфоратора ПЛ-80/8 5 месяцев без перерыва, при использовании в качестве промежуточного носителя магнитной ленты — около 6 часов.

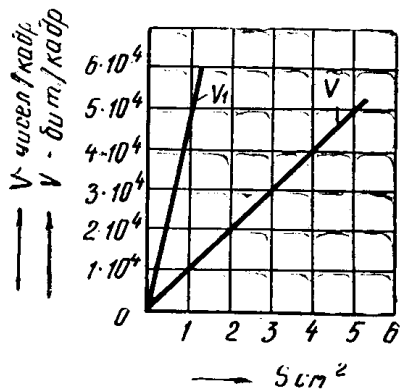


Рис. 1. Зависимость выходного объема информации от площади дефектограммы

Приведенные цифры ставят под сомнение целесообразность проведения исследований по схеме $a \rightarrow b \rightarrow v$ и требуют поиска путей по предварительному (не машинному) сокращению объема измерительной информации (введение в модель промежуточного преобразования a^1). Смысл этого преобразования очевиден: вводить в ЭВМ только координаты отсчетов, которые относятся к изображению полезного сигнала.

В качестве примера дадим оценку объема информации на входе машины, если вводить координаты только контуров дефектов. Обозначим площадь дефектограммы через S , площадь, занимаемую дефектами

$$S_g = \sum_i S_{ig},$$

где

S_{ig} — площадь одного дефекта.

Предположив для простоты, что все дефекты имеют вид газовых пор, найдем

$$S_g = \sum_i \pi R_i^2, \quad \bar{S}_g = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \pi R_i^2,$$

$$P_g = \sum_i 2\pi R_i, \quad \bar{P}_g = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 2\pi R_i$$

и коэффициент сокращения

$$\gamma = \frac{S}{2S_g} \bar{R},$$

где

\bar{R} — среднее значение радиуса дефекта. Для $\bar{R} = 5$ мм, $S/S_g = 20$ сокращение объема информации достигнет 400, так что для ввода информации с 30 м пленки шириной 12 см потребуется в принципе уже 9 часов при использовании перфораторов ПЛ-80/8 и менее минуты на магнитную ленту. Это уже приемлемые цифры.

Таким образом, модель исследований следует представить в виде $a \rightarrow a^1 \rightarrow b \rightarrow v$. Преобразование a^1 включает различного рода операции по фильтрации сигналов, о сущности которых можно судить по [3].

Любая фильтрация сужает пространство измерений. Поэтому прежде, чем вводить промежуточное преобразование, следует убедиться в том, чтобы полезные координаты в пространстве признаков не были бы потеряны. Здесь следует отметить два момента.

Во-первых, разрез любого дефекта в плоскости амплитуда-время есть импульс, форма которого не играет роли по той причине, что статистическое описание плотностей газовой поры, шлаковые включения, непровары, трещины есть приближение в среднем к колоколообразной или трапецеидальной форме. Отличительным признаком скорее следует признать длительность импульса у основания и в какой-то мере положение и величину его экстремума.

Во-вторых, экстремальные и контурные точки дефектов в отличие от шумов пленки характеризуются прямолинейностью в элементарном (определяемом точностью измерения) пространстве. Это дает основание говорить о появлении детерминированной компоненты в стационарном импульсном потоке

$$z(t_i) = \sum_{\kappa=1}^{M_i} \int_a^b f(t) \cdot \delta(t - \kappa T_i - t_i) dt,$$

где $\delta(\dots)$ — дельта функция, интеграл по ξ — окрестности, которой

$$\int_{-\xi}^{\xi} \delta(t) dt = 1 \text{ при любом } \xi > 0,$$

$$\int_{t_0-\xi}^{t_0+\xi} \delta(t - t_0) f(t) dt = f(t_0),$$

$$a = \kappa T_i - t_i - \xi, \quad b = \kappa T_i - t_i + \xi,$$

t_i — начальная фаза последовательности δ -импульсов с периодом T_i ,

K — целое число $(1, 2, \dots, M_i)$,

M_i — количество импульсов в δ -последовательности с номером i .

Это означает, что моделью дефектов при построчной развертке может служить одномерный сигнал, представляющий собой сумму вида

$$u(t_i) = \sum_{i=1}^N \sum_{\kappa=1}^{M_i} f(t) \int_a^b \delta(t - \kappa T_i - t_i) dt.$$

Любая „волнистость“ контура ведет к модуляции

$$z(t_i) = \sum_{\kappa=1}^{M_i} \int_a^b f(t) \delta(t - \kappa T_i + f_i(t) - t_i) dt,$$

вырождающейся для двухтоновых изображений в

$$u(t_i) = \sum_{i=1}^N \sum_{\kappa=1}^{M_i} \int_a^b f(t) \delta(t - \kappa T_i + f_i(t) - t_i) dt,$$

а с учетом шумовых выбросов

$$F(t_i) = u(t_i) + \sum_j f(t) \int_c^d \delta(t - t_j) dt,$$

где

$$c = t_j - \xi, \quad d = t_j + \xi.$$

Анализируя приведенные соображения в плоскости поставленной задачи, можно определить блок-схему промежуточного преобразования a^1 (первичной фильтрации). С выхода фотоэлектрического преобразователя сигнал подается на блок согласованных фильтров, охватывающих диапазон полезных сигналов. Полезные сигналы и помехи, попавшие в диапазон пропускания фильтров, подаются на решающее устройство, очищающее сигнал от помех, уровень которых ниже управляемого постоянной составляющей порога решения, найденного из условия минимизации среднего риска. Сигналы и оставшаяся часть помех через блок аппроксимации подаются на вторую ступень фильтрации, использующую фазовую информацию сформированных δ -импульсов.

В заключение заметим, что справедливость изложенных здесь соображений в плане постановки задачи по определению структуры автомата подтверждена экспериментально.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. И. Горбунов, Б. Н. Епифанцев. О совершенствовании систем неразрушающего контроля. «Изв. ТПИ» (в печати).
2. С. В. Румянцев. Радиационная дефектоскопия. Атомиздат, М., 1968.
3. И. И. Цуккерман. О вводе информации в мозг и вычислительную машину. Сб. «Информация и кибернетика», «Сов. радио», 1967.