

К ВОПРОСУ О ПОСТРОЕНИИ АЛГОРИТМОВ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ РАДИОМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

А.К. Темник, С.В. Чахлов
г. Томск, ТПУ, Россия, г. Томск, ТПУ, Россия

Описаны алгоритмы обработки радиометрической информации, исходя из предварительной обработки аналоговых сигналов и коллимационной системы детекторов излучения.

Возможности повышения пространственного разрешения радиоскопической и радиометрической информации ограничены размерами детектора излучения, а также форматом дискретизации.

Разрешающую способность радиометрического преобразователя определяет минимальный выявленный размер дефекта в направлении, перпендикулярном пучку радиационного излучения. При точечном источнике излучения поперечный размер дефекта a проектируется на преобразователь, которым служит сцинтилляционный кристалл, величиной:

$$a' = a \cdot \frac{F}{F - L_a}, \quad (1)$$

где F – фокусное расстояние (расстояние от источника до преобразователя);

L_a – расстояние от локальной неоднородности до детектора.

Приняв размер анализируемого кадра $b \cdot b = S_k$ (см²), размер приемника излучения 1024×1024 элементов, то при размахе сканирования по оси X равным H см в одну точку будет проецироваться информация с участка равного $\Delta X = \frac{H}{1024}$. Эта величина

может быть принята за разрешение интроскопической системы в направлении X . Между нерезкостью изображения, создаваемой физическими параметрами сцинтилляционного кристалла, его геометрическими размерами, и его разрешающей способностью, существует соотношение

$$r \cdot U = 1,5$$

где U – нерезкость изображения на преобразователе;

r – разрешающая способность преобразователя, равная $r = \frac{1}{\Delta x}$,

тогда

$$U = 1,5 \Delta x \quad (2)$$

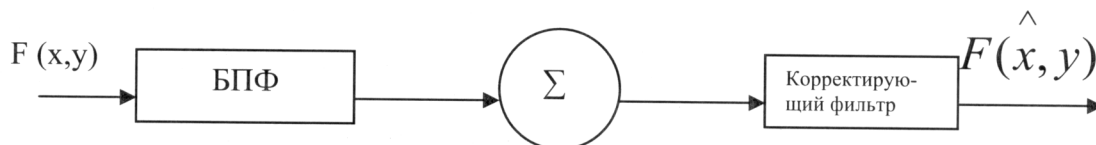
Однако достичь таких пределов возможно лишь при соответствующей цифровой обработке полученного изображения.

Дискретная аппроксимация этих уравнений требует использования методов, позаимствованных из численного анализа. В начале нужно взять отсчеты с шагом, равным интервалу Найквиста. Простейшее дискретизированное изображение создается совокупностью отсчетов, образующих матрицу из $N \times N$ элементов, причем каждый элемент квантован на 2^R уровней, где $R=12$, позволяющее дискретизировать исходный сигнал с точностью до $\approx 0,15\%$, что вполне удовлетворяет необходимой точности измерений сигнала от локальной неоднородности. Для представления всего дискретизованного изображения требуется $N^2 R$ бит.

Для примера выберем в качестве критерия минимум среднеквадратичной ошибки (МСКО):

$$\min E(F - \hat{F}_T), \text{ где } \hat{F}_T - \text{восстановленное изображение.}$$

Результирующий восстанавливающий алгоритм будет цифровым линейным пространственным фильтром, который в частном представлении имеет вид приведенный на схеме:



Недостаток предлагаемого метода Винера в том, что кроме функции рассеяния нужно знать и характеристики шума и изображения, величина и характер которых вычислены нами приближенно.

При оценке по методу наименьших квадратов знания соответствия между измеряемыми величинами не требуется [1;3]. Эта оценка получается в результате минимизации вероятности отношения сигнал/шум.

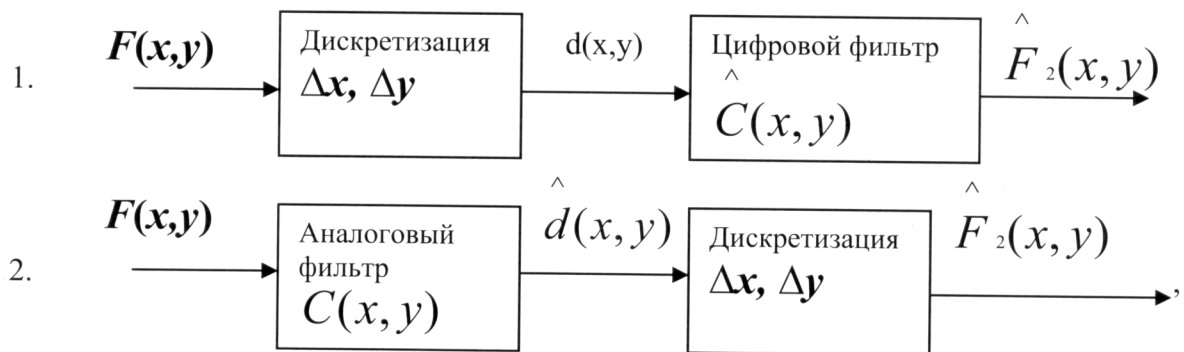
Если отношение сигнал/шум велико, все методы обнаружения равноценны и сводятся к обратной фильтрации.

Сигнал от дефекта $F(y)$ можно считать кусочно-непрерывной и интегрируемой в промежутке от $-a$ до a функцией, поэтому спектр ее является аналитической функцией. Это видно из теоремы Винера-Пэли, согласно которой Фурье – образ функции $F(y)$ может быть продолжен на всю плоскость. Таким образом, Фурье – образ функции, известный в некоторой области, может быть экстраполирован на всю область исходных значений [3;4].

Все это говорит о том, что если некоторый кусочно-непрерывный сигнал конечен, то его спектр «гладкий» и потому при абсолютно точных измерениях может быть единственным образом экстраполирован сколь угодно далеко за пределы полосы пропускания прибора. В результате появляется возможность (по крайней мере, теоретическая) достижения сколь угодно большой разрешающей способности.

Теорема Винера-Пэли по существу показывает природу производных от Фурье – образа функции: должна иметь конечные значения производных в любой точке.

Возможные преобразования исходной информации в компьютере можно представить как эквивалентное математическое описание работы системы контроля в следующих вариантах:



где $F(x,y)$ – исходное изображение;

$\hat{F}(x,y)$ – исходное изображение, прошедшее фильтрацию;

$\Delta x, \Delta y$ – шаги дискретизации;

$C(x,y)$ – отклик аналогового фильтра, адекватный цифровому фильтру с характеристикой $\hat{C}(x,y)$.

$$x = n\Delta x$$

$$y = k\Delta y$$

Предел разрешающей способности можно ориентировочно оценить из следующих соображений. Для того, чтобы ограничить влияние шумов, произведем усечение ряда, принимая во внимание лишь N членов ряда, где $N = i_{кр}$. Тогда $N = \frac{2a\omega_2}{\pi} = 4av_2$ (3)

Из общих свойств БПФ следует, что любая координатная функция ψ_i ряда точно i раз обращается в нуль на интервале $(-a, a)$. Это позволяет принять за численную меру разрешения, достигаемого при сохранении N членов разложения, среднее расстояние ρ между нулевыми значениями последней координатной функции ψ_N усеченного ряда на рассматриваемом интервале:

$$\rho = \frac{2a}{(N+1)} = \frac{2a}{4av_2+1}, \quad (4)$$

поскольку $4av_2 \gg 1$, получается $\rho = \frac{1}{2v_2}$, т. е. разрешение совпадает с обычной оцен-

кой разрешающей способности реального прибора, имеющего полосу пропускания $2v_2$.

Список литературы

1. Р. Бейтс, Н. Мак-Доннелля, М. Мак-Доннелля. Восстановление и реконструкция изображений. – М.: Мир, 1989.
2. А.Н. Тихонов, В.Я. Арсенин. Методы решения некорректных задач. – М.: Наука, 1996.
3. У.К. Прэтт. Цифровая обработка изображений. – М.: Мир, 1982.
4. Ю.В. Ланник. Статистические задачи с мешающими параметрами. – М.: Наука, 1966.

ОПТИКОЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО ИЗМЕРЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ

*Н.А. Агапов, Д.Н. Агапов, г. Северск, Россия
В.В. Мевкус, О.В. Бояринов, г. Северск, Россия,
В.К. Кулешов, г. Томск, Россия*

Описывается линзовый эндоскоп для дистанционного визуального эндоскопа, используемого для дистанционного визуального контроля основного технологического оборудования: трубопроводов, сосудов, емкостей и т. д., в условиях затрудненного доступа к нему.

Для дистанционного визуального контроля основного технологического оборудования – трубопроводов, сосудов, емкостей и т. п. – в условиях затрудненного доступа к нему и/или наличия опасных и вредных производственных факторов на предприятиях атомной промышленности применяются линзовые эндоскопы. Типовая оптическая схема эндоскопа показана на рис. 1.

Откидное поворотное зеркало 5 позволяет производить либо визуальное наблюдение объекта контроля, либо на мониторе персонального компьютера (ПК). На основе приведенной оптической схемы в лаборатории металловедения Сибирского химического комбината (СХК) был разработан и изготовлен оптикоэлектронный прибор ПВК-58 (рис. 2). Эндоскоп собирается из отдельных звеньев: одно формирующее с объективом 3 и до 14 рабочих (обо-