

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ МЕТОДА ЦЕНТРОИДНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ СТМ-ИЗОБРАЖЕНИЙ

**А.И. Мурынов, М.В. Тарасов, А.В. Тюриков,
П.В. Гуляев, Ю.К. Шелковников**
Институт прикладной механики УрО РАН
г. Ижевск

Контроль геометрических параметров ультрадисперсных частиц (УДЧ) и нанотрубок имеет большое значение для обеспечения необходимых электрофизических свойств кластерных материалов (КМ). Использование сканирующего туннельного микроскопа (СТМ) для такого контроля позволяет создавать графические изображения исследуемой поверхности и определять требуемые характеристики УДЧ. В связи с существенным влиянием акустических и электромагнитных воздействий на качество СТМ-изображений актуальной является проблема цифровой фильтрации и выделения УДЧ на полученных изображениях. Метод центроидной фильтрации (МЦФ) [1] эффективно используется для обработки графических изображений, в частности, для оценки геометрико-топологических параметров деталей изображений. Это определяет целесообразность исследования возможности применения данного метода для автоматизации процесса выделения контура изображения УДЧ с целью определения ее пространственных характеристик.

МЦФ строится на основе использования пространственно-структурных параметров (ПСП) – функционалов, построенных таким образом, чтобы их значения явным образом зависели от параметров преобразований сигналов, действующих в трактах их формирования, регистрации и обработки.

ПСП являются интегральными характеристиками сигналов и строятся на базе моментов различного порядка – интегральных функционалов, определенных на множестве сигналов. Моменты описываются выражением:

$$W_k = \int t^k f(t) dt ,$$

где интегрирование производится на всем интервале наблюдения сигнала (конечном или бесконечном, в первом случае сигнал $f(t)$ полагается равным 0 за пределами интервала).

Пространственно-структурными параметрами называются следующие функции моментов: масса сигнала $A = W_0$, центроид

сигнала $C = W_1/A = W_1/W_0$, диссипация сигнала $H = (W_2/A) - C^2 = (W_2/W_0) - (W_1/W_0)^2$.

Эффект действия центроидного преобразования иллюстрируется рисунком 1. Из рисунка следует, что при прохождении скользящим интервалом линейного элемента изображения образуется отчетливо выраженный пик значений интегрального центроида, а при прохождении интервалом контура планарного элемента имеет место эффект переноса значений центроида из области, примыкающей к элементу, во внутреннюю область, примыкающую к его контуру. На этом основано обнаружение структурных элементов.

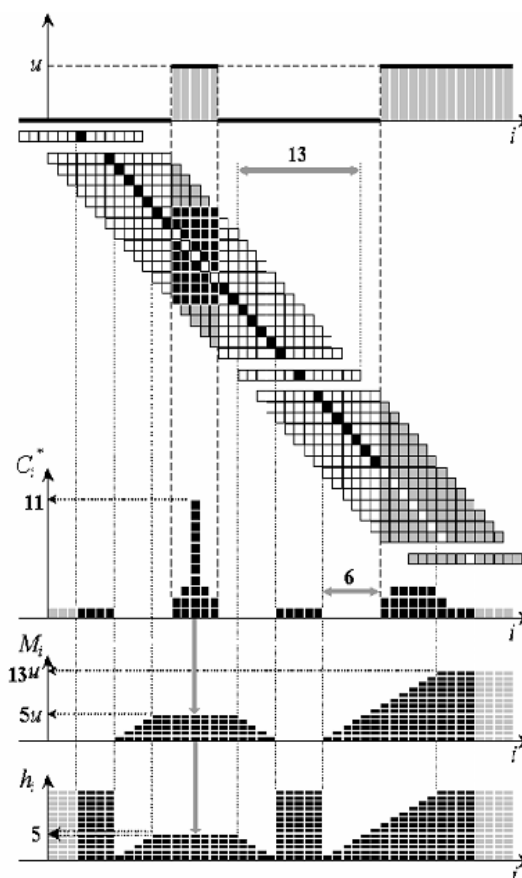


Рисунок 1 – Центроидное преобразование

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ МЕТОДА ЦЕНТРОИДНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ СТМ-ИЗОБРАЖЕНИЙ

Проведен вычислительный эксперимент по автоматическому измерению толщины линии на основе ее полутонового изображения с целью применения для последующих автоматических измерений линейных размеров УДЧ. Основной сложностью автоматического выделения контуров на полутоновых изображениях является определение точки среза на

полутоновом перепаде яркости. Предпочтительным является вариант выбора координаты, в которой скорость изменения яркости изображения будет максимальной. Замена сложных расчетов может быть выполнена применением центроидной фильтрации (ЦФ), что иллюстрируется рисунками 2 – 4.

Маска	Изображение	Маска	Изображение
			
			
			

Рисунок 2 – ЦФ двухградационного изображения

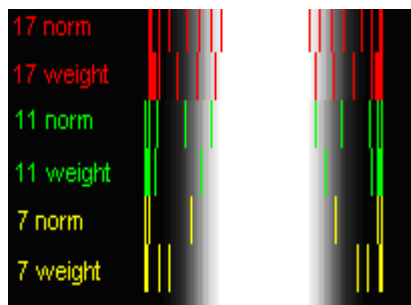


Рисунок 3 – ЦФ полутонового изображения

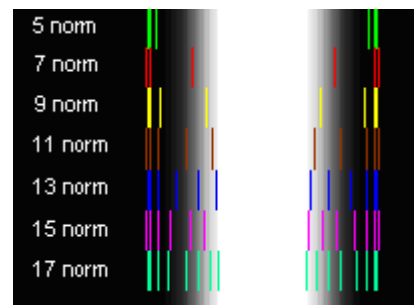


Рисунок 4 – ЦФ полутонового изображения масками разного размера

Результаты зависят от выбора параметров ЦФ – размеров и типа применяемой маски. На рисунке 2 показаны результаты обработки двухградационного изображения масками шириной 17 пикселей, обладающими различным весовым распределением. В строке 1 приведено исходное двухградационное изображение, которое представляет собой вертикальную белую полосу. В строках 2 – 6 приведены изображения масок и соответствующие результаты обработки. Видно, что линии, образованные центроидами, смещены внутрь белой полосы и подчеркивают контуры. При этом для маски с равномерным распределением веса (строка 2) линии центроидов расщеплены. С введением весового распределения для масок (строки 3 – 6) происходит более плотное группирование линий центроидов возле контуров полосы. На рис.

3. представлены результаты обработки полутонового изображения – вертикальной белой полосы с изменением яркости от белого к черному по формуле $\exp(-x^2)$. Для наглядности линии центроидов, полученные после обработки соответствующими масками, наложены на исходное изображение. ЦФ проведена для масок трех размеров (17, 11 и 7 пикселей), в каждом случае использовались две маски – с равномерным распределением веса и весовым распределением, увеличивающимся к центру маски. Наблюдается та же тенденция смещения линий центроидов к контуру белой линии. При этом с уменьшением размера маски смещение в сторону контура увеличивается.

На рисунке 4. показаны результаты обработки того же полутонового изображения масками разного размера с равномерным ве-

совым распределением. Результаты фильтрации предполагается использовать для оценки геометрической ширины полосы линии, в качестве которой может быть принято расстояние между внутренними линиями центроидов. Видно, что это расстояние зависит от размеров маски. Результаты изменяются в широких пределах: от 107 пикселей при размере маски 5 пикселей до 43 пикселей при размере маски 17 пикселей, в то время как ширина полосы максимальной яркости равна 41 пикселю. Поэтому при оценке геометрических размеров нанообъектов СТМ-изображе-

ний необходимо размер маски согласовывать с теоретическими оценками влияния электронных оболочек УДЧ разного размера на величину туннельного тока.

Список литературы

1. Мурынов А.И., Вдовин А.М., Лялин В.Е. Оценка геометрико-топологических параметров деталей изображений на основе метода центроидной фильтрации // Химическая физика и мезоскопия. Т.4, 2002, № 2. – С. 145 – 160.