

## **Обработка данных сканирующей зондовой микроскопии**

Рабцевич В. В., Цветков В. Ю.

Белорусский государственный университет информатики  
и радиоэлектроники

Сканирующие зондовые микроскопы (СЗМ) применяются для исследования различных неорганических, синтетических и биологических поверхностей и нанообъектов. В СЗМ исследование поверхности и её свойств происходит с помощью зонда закрепленного на конце кантилевера. При перемещении зонда вдоль образца, формируется сигнал, характеризующий его свойства. В качестве такого свойства выступает высота исследуемой поверхности относительно уровня подложки. Таким образом, в процессе сканирования формируется двумерный массив высот. При анализе этого массива данных можно получить информацию о количестве, форме и размерах элементов на поверхности образца. Качество анализа зависит от решения задачи определения границ с помощью методов сегментации. Наличие в данных различных помех значительно осложняет решение этой задачи.

При рассмотрении вопроса сегментации нормализованных изображений существующими методами следует учитывать их характерные особенности. Первой особенностью СЗМ-изображений является наличие неоднородного фона и объектов на различной высоте, что может быть обусловлено крупномасштабной неровностью поверхности исследуемого образца или несовершенством сканирующей системы. Это не позволяет применять для сегментации таких изображений метод порогового ограничения по высоте. Другие методы приводят к значительной ошибке. Для устранения наклона образца используются различные методы нормализации. Вторая особенность СЗМ-изображений заключается в том, что представленные на них объекты имеют неоднородную яркость и, как правило, не имеют четких границ. Применение при обработке таких изображений градиентных методов контурной сегментации приводит к появлению большого количества ложных контуров, не относящихся к границам объектов, в случае малой величины порогового ограничения, либо к большому количеству разрывов на границах объектов в случае больших значений порогового ограничения.

Поэтому этапу сегментации, как правило, предшествует этап предварительной фильтрации данных. С помощью фильтрации также можно устранить строчные выбросы, которые могут появиться из-за дрожания кантилевера или температурного дрейфа.