

## **МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ МИКРОРЕЛЬЕФА ПОВЕРХНОСТИ С ПОМОЩЬЮ ОПТИЧЕСКОГО МИКРОСКОПА**

**В. В. Комраков, А. Б. Усатов**

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Современный уровень развития информационных технологий и появление компьютерных высокопроизводительных систем позволяет получать новые результаты при обработке цифровых изображений. В работе рассматривается метод получения объемной модели исследуемого объекта при помощи сравнительно недорогой оптической микроскопии.

Метод построения 3D модели основан на использовании глубины резкости объектива микроскопа для определения высотных характеристик поверхности. При этом на нескольких изображениях поверхности, полученных при различных фокусных расстояниях объектива микроскопа, рассматривают только участки с высокой резкостью. Зная расстояния между изображениями, можно построить морфометрическую карту глубины поверхности.

Определение высоты каждой точки не является одинаково точным, т. е. погрешность позиционирования для всех точек различна. Обусловлено это тем, что метод определения размытости и четкости изображений очень сильно зависит от текстуры поверхности и плохо применим для сравнения четкости различных областей одной фотографии. За определение погрешности позиционирования отвечает метод анализа точности построения объемной модели. Описанный метод учитывает данные не только о четкости, но также высоту позиционирования точки и ее удаленность от основного среза высоты морфометрической карты.

Используя данные о положении точки в пространстве и погрешность ее позиционирования, можно построить результирующую 3D модель. Но так как существует погрешность позиционирования, результирующая модель будет содержать высокочастотные шумы определения высоты точек, что неблагоприятно скажется на ее внешнем виде. Также шумы могут возникать и по другим причинам, например, из-за дефектов потенциального барьера, гамма-коррекции и шума, возникающего вследствие стохастической природы взаимодействия фотонов света с атомами материала фотодиодов сенсора. Для устранения описанной проблемы применяется метод сглаживания зашумленности позиционирования точек по высоте, в результате работы которого и получается твердотельная модель поверхности образца с выровненной погрешностью позиционирования для всех точек [1].

Для первичного анализа влияния вышеперечисленных факторов, а также определения эффективности работы алгоритмов сглаживания с целью уменьшения зашумленности изображения необходимо провести калибровку микроскопа с определением величин различных видов погрешностей. При калибровке микроскопа устанавливают связь между углом поворота привода настройки фокуса и высотой исследуемых образцов в микрометрах.

Отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины является погрешностью  $t$  измерения. Абсолютная погрешность измерительного прибора – разность между показанием прибора и действительным значением измеряемой величины:

$$\Delta_{\text{пр}} = X_N - X_d, \quad (1)$$

где  $X_N$  – величина, измеренная прибором;  $X_d$  – действительная величина.

Относительная погрешность измерительного прибора – отношение абсолютной погрешности прибора к действительному или измеренному значению величины, выраженное в процентах:

$$\delta = \left( \frac{\Delta_{\text{пр}}}{X_d} \right) 100 \% \approx \left( \frac{\Delta_{\text{пр}}}{X_N} \right) 100 \%. \quad (2)$$

Значение относительной погрешности зависит от значения измеряемой величины, при постоянной величине  $\Delta_{\text{пр}}$  она возрастает с уменьшением  $X_N$ . Поэтому максимальная точность измерений обеспечивается, когда показание прибора находится во второй половине диапазона измерений. Диапазон измерений – область значений измеряемой величины, для которой нормированы допускаемые погрешности прибора. Допускаемой погрешностью считается погрешность прибора, при которой он может быть признан годным и допущен к применению [2].

Для сравнительной оценки точности измерительных устройств пользуются понятием приведенной погрешности прибора, под которым понимают отношение абсолютной погрешности к нормирующему значению шкалы, выраженное в процентах:

$$Y_{\text{пр}} = \left( \frac{\Delta_{\text{пр}}}{X_N} \right) 100 \%. \quad (3)$$

В качестве  $X_N$  чаще всего используют конечное значение диапазона измерений. Погрешность, свойственная измерительному прибору при его эксплуатации в нормальных условиях, называется основной погрешностью. Для большинства средств измерений нормальными условиями эксплуатации считаются следующие: температура окружающей среды  $20 \pm 5$  °С, относительная влажность  $65 \pm 15$  %, напряжение питания  $220 \text{ В} \pm 10$  % с частотой  $50 \pm 1$  Гц. При отклонении условий эксплуатации от нормальных появляются дополнительные погрешности.

Определение погрешностей измерений проводится для изображений различных видов поверхностей, полученных на разных моделях оптических микроскопов с целью выявления и последующей настройки параметров, необходимых для реконструкции исследуемой поверхности с максимальной достоверностью.

#### Литература

1. Jain, A. K. Fundamentals of Digital Image Processing / A. K. Jain // Prentice-Hall, Inc., NY, 1989. – P. 45–48.
2. Limb, J. O. Distortion Criteria of the Human Viewer. IEEE Transactions on Systems / J. O. Limb // Man and Cybernetics. – December, 1979. – Vol. 9, № 12. – P. 778–793.