

## **НЕЛИНЕЙНЫЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА**

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

В работе приведены результаты адаптации методов цифровой обработки изображений для оценки параметров структур, изображения которых формируются в результате физического эксперимента. Продемонстрирована возможность обработки компонентов освещенности и коэффициента отражения по отдельности, в частности, показано изменение частотной составляющей коэффициента отражения без влияния на частотную составляющую освещенности из-за предварительного логарифмического преобразования при гомоморфной фильтрации. Это позволяет значительно подавлять шумы при одновременном выделении четких контуров структур на изображениях растровой электронной микроскопии. Установлено, что при использовании адаптивного подбора апертуры медианного фильтра сохраняются резкие границы объектов, эффективно подавляются некоррелированные или слабо коррелированные помехи и малоразмерные детали, что важно для анализа данных просвечивающей оптической микроскопии. Показано, что для целей определения размеров и формы объектов на изображениях физического эксперимента перспективными являются методы нелинейной гомоморфной и медианной фильтрации и нелинейных преобразований Хафа и Канни.

В результате выполнения целого ряда физических экспериментов, например, на основе электронной и оптической микроскопии, формируются потоки данных в виде матриц или тензоров, которые могут быть интерпретированы как изображения. Для оценки параметров объектов (размеров, формы) на формируемых экспериментальных изображениях перспективно использовать методы обработки изображений [1]. Однако типично для обработки растровых фотографий ставятся цели, отличные от требований оценки параметров объектов физических структур [2]. По этой причине адаптация методов цифровой обработки изображений физического эксперимента для оценки параметров структур является весьма актуальной задачей. В настоящее время для целей определения размеров и формы объектов на изображениях физического эксперимента перспективными являются методы нелинейной гомоморфной и медианной фильтрации и нелинейных преобразований Хафа и Канни [3, 4].

В общем случае гомоморфные фильтры находят применение в тех приложениях, где выходной сигнал формируется в виде произведения двух различных сигналов [3]. Применительно к данным микроскопии изображение может быть представлено в виде произведения освещенности и коэффициента отражения. С помощью гомоморфных фильтров возможно обрабатывать отдельно компоненты освещенности и коэффициента отражения: изменять частотную составляющую коэффициента отражения, не влияя на частотную составляющую освещенности из-за предварительного логарифмического преобразования. После логарифмирования вместо произведения компонентов формируется сумма, затем используются стандартные методы фильтрации изображения. На рисунке 1 приведено изображение торца оптического волокна, полученное с помощью растровой электронной микроскопии, до (слева) [5] и после (справа) гомоморфной фильтрации. Видно, что в результате обработки оказались значительно подавлены шумы, а контуры структур стали четкими.

Специфической особенностью медианных фильтров является избирательность по отношению к элементам матрицы, представляющим собой немонотонную составляющую массива элементов в пределах окна (апертуры) фильтра, которые резко выделяются на фоне соседних отсчетов [6]. Это позволяет подавлять выбросы, связанные, например, со спеклами или бликами на изображениях с оптических микроскопов. На монотонную составляющую последовательности отсчетов яркости медианный фильтр не действует, оставляя её без изменений. При использовании адаптивного подбора апертуры (размера окна обработки) без искажений сохраняются резкие границы объектов, эффективно подавляются некоррелированные или слабо коррелированные помехи и малоразмерные детали.

На рисунке 2 приведено изображение микроструктуры, полученное с помощью просвечивающей оптической микроскопии, до (слева) и после (справа) медианной фильтрации.

Видно, что в результате обработки изображений произошло четкое выделение границы объектов на изображении.

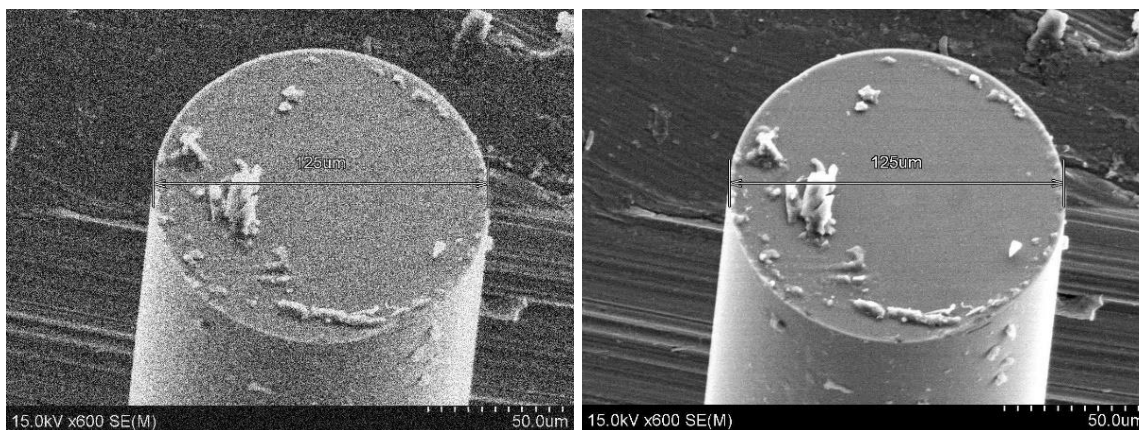


Рисунок 1 – Изображение торца оптического волокна, полученное с помощью растровой электронной микроскопии, до (слева) и после (справа) гомоморфной фильтрации

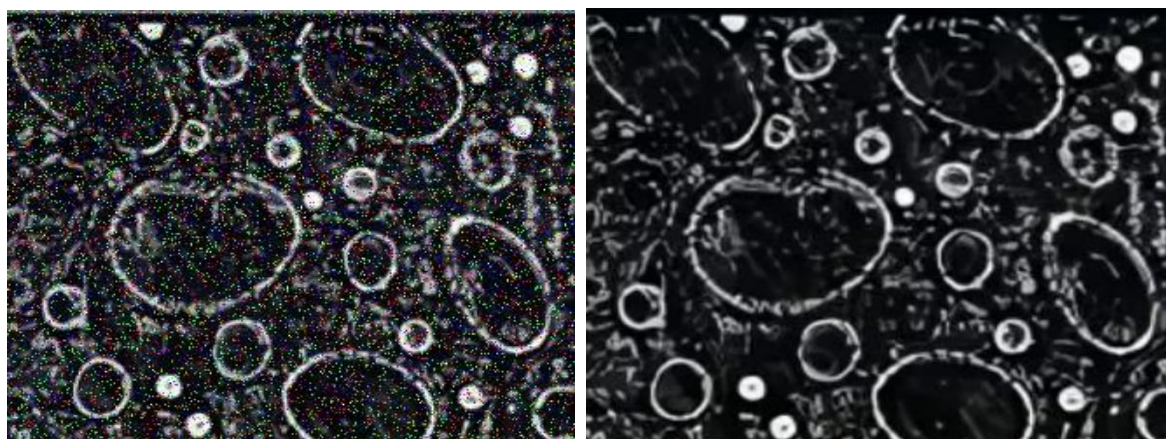


Рисунок 2 – Изображение микроструктуры, полученное с помощью просвечивающей оптической микроскопии, до (слева) и после (справа) медианной фильтрации

Для поиска на изображении с оптического микроскопа прямолинейных отрезков и дуг окружностей эффективно использовать преобразование Хафа [7], которое позволяет указать параметры семейства кривых на основе формирования в фазовом пространстве окружностей с центрами во всех непустых точках изображения и дальнейшего поиска локальных максимумов с помощью пороговой сегментации или поэтапного исключающего поиска глобального максимума.

Далее на основе детектора Канни оказывается возможно выделить границы структуры на изображении с оптического микроскопа по следующему алгоритму [7]. Вначале выполняется сглаживание изображения для удаления шума с помощью методов гомоморфной и медианной фильтрации, на локальных максимумах градиентов отмечаются границы с помощью методов пороговой фильтрации. Итоговые границы определяются путём подавления всех краёв, несвязанных с «сильными» границами.

На рисунке 3 приведено изображение микроструктуры, полученное с помощью просвечивающей оптической микроскопии, до (слева) и после (справа) применения преобразования Хафа и детектора Канни. Видно, что в результате применения методов нелинейной фильтрации достигается автоматическое четкое выделение контуров объектов, а также распознавание связанных областей.

В работе приведены результаты адаптации методов цифровой обработки изображений для оценки параметров структур, изображения которых формируются в результате физического эксперимента.

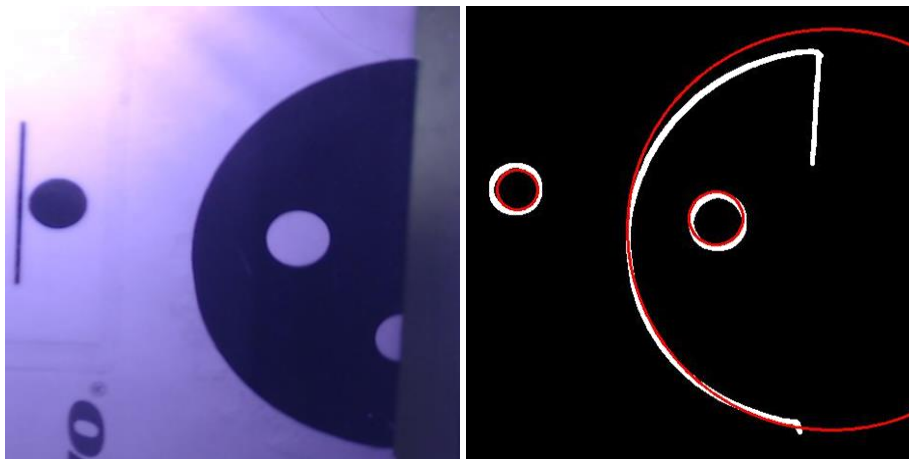


Рисунок 3 – Изображение микроструктуры, полученное с помощью просвечивающей оптической микроскопии, до (слева) и после (справа) применения преобразования Хафа и детектора Канни

1. Продемонстрирована возможность обработки компонентов освещенности и коэффициента отражения отдельно: изменять частотную составляющую коэффициента отражения без влияния на частотную составляющую освещенности из-за предварительного логарифмического преобразования при гомоморфной фильтрации. Это позволяет значительно подавлять шумы при одновременном выделении четких контуров структур на изображениях растровой электронной микроскопии.

2. Установлено, что при использовании адаптивного подбора апертуры медианного фильтра сохраняются резкие границы объектов, эффективно подавляются некоррелированные или слабо коррелированные помехи и малоразмерные детали, что перспективно для анализа данных просвечивающей оптической микроскопии.

3. Показано, что перспективными для целей определения размеров и формы объектов на изображениях физического эксперимента являются методы нелинейной гомоморфной и медианной фильтрации и нелинейных преобразований Хафа и Канни. В результате применения методов нелинейной фильтрации достигается автоматическое четкое выделение контуров объектов, а также распознавание связанных областей.

#### Список литературы

1. Шапиро, Л. Компьютерное зрение. / Л. Шапиро, Дж. Стокман. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2013. – 752 с.
2. Желтов С.Ю. Обработка и анализ изображений в задачах машинного зрения. / С.Ю. Желтов [и др.]; ред. С.Ю. Желтов. – М.: Физматкнига, 2010. – 672 с.
3. Гонсалес Р.С. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс [под ред/ П.А. Чочиа]. – М.: Техносфера, 2012 – 1104 с.
4. Solomon C.J. Fundamentals of digital image processing: a practical approach with examples in Matlab / C.J. Solomon, T.P. Breckon. – New York: Wiley-Blackwell, 2010. – 614 p.
5. Current state of the research on optoacoustic fiber-optic ultrasonic transducers based on thermoelastic effect and fiber-optic interferometric receivers / A.P. Mikitchuk, E.I. Girshova, V.V. Nikolaev // Computer Optics. – 2023. – in press.
6. Patidar P. Image De-noising by Various Filters for Different Noise. / P. Patidar, S. Srivastava // Int. J. of Comput. Appli. – Vol. 9, №4. – 2010. – P. 89–149.
7. Bradski G. Learning OpenCV / G. Bradski, A. Kaehler. – Boston : O'Reilly Media. – 2008. – 571 p.