

Е.А. Абраменко, Н.Н. Минакова, И.Н. Третьяков, И.В. Петров

Применение спектров текстурной картины для изучения и классификации неоднородных структур

E.A. Abramenko, N.N. Minakova, I.N. Tretyakov, I.V. Petrov

The Application of Spectra of a Textural Picture for Studying and Classifications of Non-Uniform Structures

В работе приведен метод измерения, позволяющий изучать различные неоднородные структуры. Метод был апробирован на полиэтилене с высоким и низким содержанием частиц наполнителя. Для того чтобы показать универсальность разработанного метода, он был применен к решению задач по изучению радужной оболочки глаза.

Ключевые слова: структура, текстурный анализ, преобразование Фурье, наполненные полимеры, радужная оболочка глаза.

Большинство природных и искусственно созданных объектов имеют неоднородную структуру. Поэтому методы анализа и прогнозирования свойств многокомпонентных структур нуждаются в постоянном совершенствовании.

Была поставлена задача разработки метода изучения свойств неоднородной структуры, способного анализировать широкий спектр объектов и дополнительно решать задачи прогноза свойств. В основу ее решения положено следующее представление: структура, имеющая неоднородную природу, характеризуется на микроскопическом снимке определенной пространственной периодичностью отдельных компонентов. Анализировался статистический, структурный и спектральный подходы. Были выбраны спектральные методы, основанные на свойствах Фурье-спектра: неоднородные структуры характеризуются определенным размером текстурной области и частотой ее повторения на изображении, поэтому различаются величиной гармоник и их периодичностью.

Разработан метод, который использует текстурный подход и основы гармонического анализа снимков структуры объекта. Текстура карта изображения структуры выделяется путем разбиения всего набора имеющихся значений яркости на различные уровни. Каждому уровню присваивается свой уникальный индекс. По изображению полученной таким образом текстурной карты измеряется преобразование Фурье [1].

Были исследованы микрофотографии композиционных материалов, представляющие собой полиэтилен высокого давления с добавлением микрочастиц наполнителя. Использовались различные наполнители – алюминий (AL), оксид алюминия

The given article presents the method of the measurement allowing us to study various non-uniform structures. The method has been approved on polythene with high and low content of filler particles in it. In order to demonstrate the universality of the developed method it has been applied to the study of the human eye iris.

Key words: structure, textural analysis, Fourier transformation, filled polymers, iris.

(AL₂O₃) и нитрит алюминия (ALN). Концентрации изменялись следующим образом 0,75; 1,5 и 3%. На рисунке 1 приведены исходные изображения структуры полиэтилена, наполненного наночастицами, соответствующая текстурная карта и Фурье-спектр.

Оказалось, что в рамках предложенного метода можно измерить числовой параметр, характеризующий текстурную картину, который способен различать структуры по функциональным свойствам. Параметр представляет собой стандартное отклонение преобразования Фурье (далее – Fr).

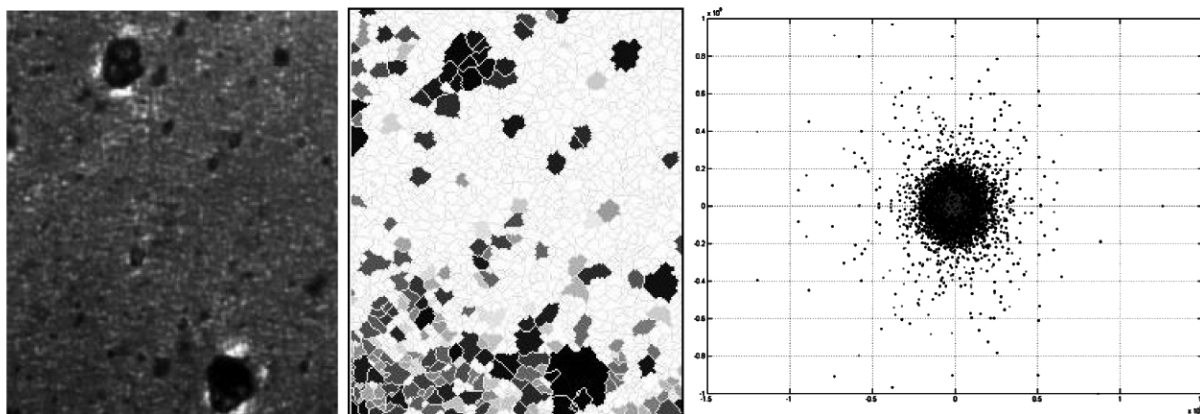
$$Fr = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}},$$

где Fr – стандартное отклонение, несмещенная оценка среднеквадратического отклонения случайной величины x ; x_i – i -й элемент выборки; \bar{x} – среднее арифметическое выборки; n – объем выборки.

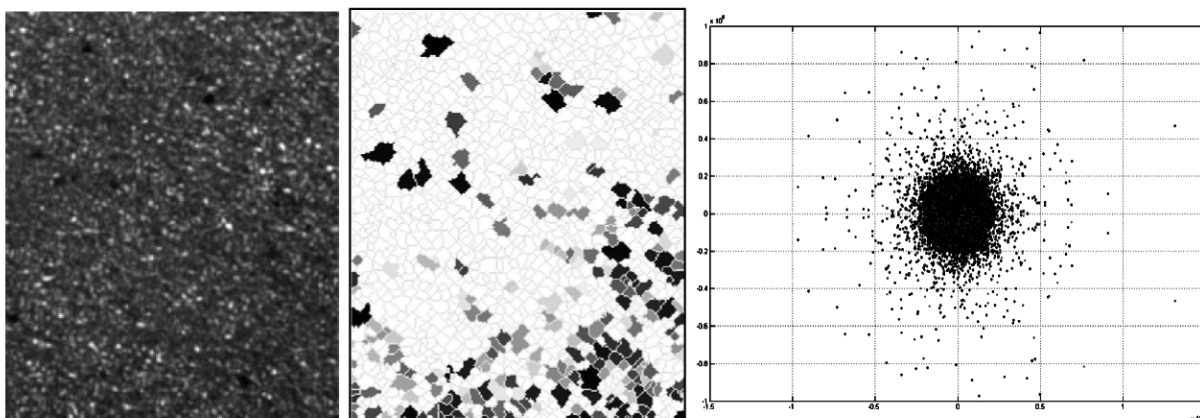
По значению параметра Fr удалось разделить структуры, как с различным наполнителем, так и с различной концентрацией одного и того же наполнителя (рис. 2).

Для оценки возможности прогнозирования свойств решалась задача классификации объектов. Были применены методы многомерного анализа данных. Модель создавалась на основе метода проекции на латентные структуры (ПЛС). На рисунке 3 приведен график счетов.

Наполнители по-разному влияют на полиэтилен, что отразилось в классификации материалов по свойствам. На графике наблюдается разделение объема выборки на группы. Первая главная компонента разделяет образцы исходя из их активности



а)



б)

Рис. 1. Исходные изображения структуры, текстурные карты и Фурье-спектры для оптического микроскопа (увеличение $\times 150$)

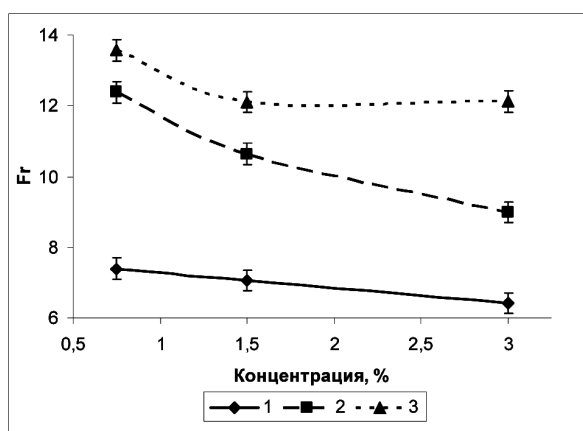


Рис. 2. Зависимость значения параметра Fr от концентрации наполнителя: 1 – Al, 2 – Al_2O_3 , 3 – AlN

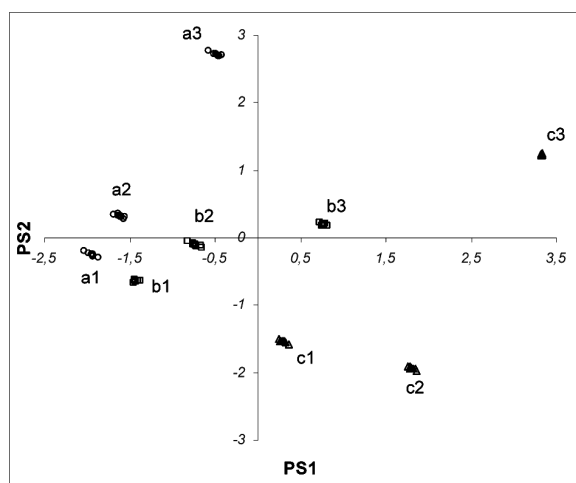


Рис. 3. График счетов: a – Al; b – Al_2O_3 ; c – AlN; 1 – 0,75%; 2 – 1,5%; 3 – 3%

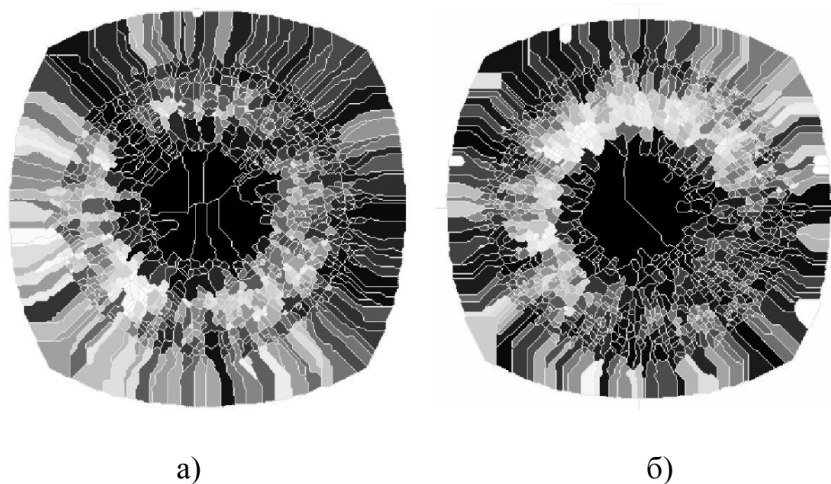


Рис. 4. Текстуры радужной оболочки глаза: $a - Fr = 2,46E + 05$; $b - Fr = 3,36E + 05$

по отношению к структуре: в первом квадранте находится полиэтилен с AlN в качестве наполнителя, в четвертом квадранте лежат данные по материалам с наполнителем Al. Полученные результаты показывают, что использование методов многомерного анализа дает возможность оценить свойства, которыми будет обладать новый материал [2].

Представляло интерес проверить возможность применения предложенного метода к неоднородной структуре объектов другого типа. Были выбраны изображения радужной оболочки глаза, анализ которых становится очень актуальным в связи с активным развитием биометрических методов при

решении задач защиты информации. Полученные результаты показали, что предложенный параметр Fr реагирует на изменение радужной оболочки глаза (рис. 4). Итоговая матрица занимает около 3 Кб на каждую радужную оболочку глаза. Такой размер является приемлемым для дальнейшей обработки кода радужной оболочки глаза с помощью нейронной сети.

Таким образом, получение спектров текстурной картины по изображению структуры дает возможность изучать и классифицировать неоднородные объекты различной природы по свойствам, судить об изменениях, происходящих в их структуре.

Библиографический список

1. Абраменко Е.А., Минакова Н.Н., Ушаков В.Я. Исследование свойств полиэтилена с наноразмерным наполнителем специальной обработкой изображений макроструктуры // Известия высших учебных заведений. – Томск, 2008. – №7.

2. Абраменко Е.А., Минакова Н.Н. Применение математических методов при изучении снимков микроструктуры // Нанотехнологии, наноматериалы, нанодиагностика: мат. 11-й науч. молодеж. школы по твердотельной электронике. – СПб., 2008.