

Ампилова Н. Б.<sup>1</sup>, Соловьев И. П.<sup>2</sup>

## Об одном методе фильтрации для сложноструктурированных изображений

Мы обсуждаем применимость метода мультифрактального анализа для фильтрации изображений. Метод позволяет разложить исходное изображение на непересекающиеся подмножества так, чтобы каждое подмножество содержало только точки, имеющие показатели сингулярности из заданного интервала. Длина интервала определяется произвольно. Каждому подмножеству соответствует бинарное изображение. Множество размерностей емкости этих подмножеств представляет собой мультифрактальный спектр. Однако использование спектров в качестве классифицирующих признаков малоперспективно, поскольку спектры определяются на разных интервалах. Продуктивнее оказывается рассматривать набор полученных бинарных изображений как представление исходного. Среди них есть 1–2 бинарных изображения, раскрывающих основную структуру, поэтому их можно принять за результат фильтрации. Полученные бинарные изображения могут образовывать обучающий набор. Результаты экспериментов приведены для фармацевтических растворов серебра

Рассмотрим изображение  $I$  и обозначим квадрат с центром в точке  $x$  и половиной стороны  $r$  за  $B(x, r)$ . Пусть  $\mu$  задает меру этого квадрата. Предположим, что

$$\mu(B(x, r)) = kr^{d(x)}(x),$$

где  $d(x)$  — локальная функция плотности и  $k$  некоторая постоянная. Тогда для малых  $r$  получаем соотношение

$$d(x) = \lim_{r \rightarrow 0} \frac{\log \mu(B(x, r))}{\log r}.$$

Функция  $d(x)$  характеризует степень однородности распределения

---

<sup>1</sup> Ампилова Наталья Борисовна, доцент, Санкт-Петербургский государственный университет

<sup>2</sup> Соловьев Игорь Павлович, доцент, Санкт-Петербургский государственный университет

интенсивностей в окрестности точки  $x$ . Все точки со значением функции плотности  $\alpha$  образуют множество уровня  $E_\alpha = \{x \in I: d(x) = \alpha\}$ .

На практике разумно строить множества уровня вида

$$E(\alpha, \varepsilon) = \{x \in I: d(x) \in [\alpha, \alpha + \varepsilon)\},$$

где  $\alpha \in [\alpha_{min}, \alpha_{max}]$ , числа  $\alpha_{min}$ ,  $\alpha_{max}$  задают диапазон значений функции  $d(x)$ , а  $\varepsilon$  — параметр, задаваемый пользователем.

Нетрудно понять, что этот параметр задает число множеств уровня. В результате мы получаем ряд бинарных изображений, задающих разбиение исходного изображения на непересекающиеся подмножества.

Вычисляя емкостные размерности  $D_{cap}(\alpha)$  множеств уровня, мы получаем мультифрактальный спектр  $f(\alpha) = \{D_{cap}(\alpha)\}$ .

Этот метод по существу является управляемой фильтрацией, где набор множеств уровня регулируется выбранным значением параметра. Проведенные эксперименты показывают, что в этом наборе существенную информацию о структуре изображения обычно содержат 2-3 множества. Именно у этих множеств наибольшая емкостная размерность.

Полученный набор бинарных изображений является упрощенным представлением исходного множества и во многих случаях может облегчить задачу поиска по образцу. Также описанное представление может применяться как дополнительный обучающий набор.

## Список литературы

- [1] Встовский Г. В. Элементы информационной физики. М.: МГИУ 2002.
- [2] Бортников А. Ю., Минакова Н. Н. Текстурно-фрактальный анализ микроскопических срезов образцов ромпозиционных материалов, заполненных техническим углеродом // Изв. ТПУ. 2006. № 6.
- [3] Полищук С. В., Петров К. А. Оценка фрактальных свойств наноструктур по микроскопическим изображениям // МНИГ. 2022. № 2-1 (116).
- [4] Chhabra A. B. Direct determination of the  $f(\alpha)$  singularity spectrum and its application to fully developed turbulence // Physical Review A. 1989. Vol. 40. № 9. P. 5284–5294.

- [5] Xu Y., Ji H., Fermüller C. Viewpoint Invariant Texture Description Using Fractal Analysis // *International Journal of Computer Vision*. 2009. Vol. 83. № 1. P. 85–100.
- [6] Soloviev I. Application of multifractal methods for the analysis of crystal structures // *Proc. 16 Int. Conf. CEMA22*, 20 Oct. 2022, Sofia, Bulgaria. P. 13–17, ISSN: 1314-2100, Sofia CEMA\_2022\_proc.pdf (tu-sofia.bg).
- [7] Ampilova N., Soloviev I., Sergeev V. On using escort distributions in digital image analysis // *Journal of Measurements in Engineering*, ISSN (Print): 2335-2124, ISSN (Online): 2424-4635. Vol. 9. No. 1. 2021. P. 58–70. <https://doi.org/10.21595/jme.2021.21851>(WoS Ind.).