

КЛАССИФИКАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ЛОКАЛЬНЫХ ПРИЗНАКОВ САМОПОДОБИЯ

А.Л. Жизняков, Д.Г. Привезенцев, А.А. Фомин

В статье рассматривается задача классификации цифровых изображений на основе локальных признаков самоподобия. Описывается алгоритм формирования фрактальных признаков изображений: характерных участков изображения и характера распределения самоподобия. Приводятся результаты исследований возможности использования распределения самоподобия в задачах классификации изображений.

Ключевые слова: обработка изображений, фрактальные признаки изображений, фрактальная модель изображений, распознавание и классификация изображений.

Введение

Существует широкий круг задач, в которых изображения рассматриваются как источник информации, на основе которой необходимо вынести некоторое решение. Основой решения таких задач является теория распознавания образов, которая особенно активно развивается в связи с созданием систем искусственного интеллекта [1,2].

В настоящее время одним из развивающихся направлений в цифровой обработке изображений является фрактальный анализ. Развитию этого направления способствует тот факт, что большинство изображений в некоторой степени можно считать фракталом или мультифракталом. Поэтому, любое изображение обладает свойствами и характеристиками фрактальных объектов, в том числе инвариантностью к масштабу рассмотрения и повороту, что целесообразно использовать для разработки новых методов фрактальной обработки изображений [3-6].

Основой создания новых методов обработки изображений является модель изображения, позволяющая описывать изображение в терминах того или иного теоретического подхода. Поэтому необходимо разработать и исследовать модель изображения, основанную на его фрактальных свойствах. В данном случае речь идет о фрактальной модели изображений. Так как, для построения фракталов используются системы итерируемых функций, а изображение является псевдофракталом, то одним из возможных способов описания изображения является использование для этого систем итерируемых функций.

В работе [7] приводится описание фрактальной модели изображений с использованием систем итерируемых функций. Используя фрактальную модель изо-

бражения, можно получить фрактальные признаки изображений. Одним из возможных признаков изображений, который можно использовать для распознавания, является распределение локальных признаков самоподобия, которое отражает наиболее характерные участки на изображении.

Описание фрактального кода изображения

Исходя из фрактальной модели цифрового изображения, каждое изображение описывается его фрактальным кодом, который можно представить следующим образом:

$$\begin{aligned}\Phi &= \{D, R\}, \\ D &= \{D_1, D_2, \dots, D_{N_D}\}, \\ R &= \{R_1, R_2, \dots, R_{N_R}\}, \\ R_i &= \{I^{R_i}, D, w_i\}, \\ I^{R_i} &= \{I_1^{R_i}, I_2^{R_i}, \dots, I_{M_R}^{R_i}\}, \\ w_i &= \{\tilde{w}_i, s_i, o_i\},\end{aligned}$$

где Φ – фрактальный код изображения, состоящий из множества доменных блоков D и множества ранговых блоков R . Каждый ранговый блок содержит в себе индекс рангового блока I^{R_i} , доменный блок D , который наиболее точно аппроксимирует текущий ранговый блок и преобразование w_i , переводящее доменный блок в ранговый блок. Индекс рангового блока представляет собой вектор, определяющий позицию рангового блока на изображении.

Преобразование w_i представляет собой аффинное преобразование на плоскости $\tilde{w}_i$, преобразования контраста s_i и яркости o_i , такие, что:

$$R_i \approx w_i(D_i) = s_i(\tilde{w}_i(D_i)) + o_i.$$

Распределение локальных признаков самоподобия

Вектор D представляет собой список доменных блоков изображения, которые могут быть использованы для восстановления изображения по его фрактальному коду. Этот вектор формируется перед началом формирования фрактального кода, и может быть получен для изображения без фрактального кода. Т.е. в непосредственном виде этот вектор не может выступать характеристикой изображения.

Однако исходя из того факта, что большинство изображений не являются полностью самоподобными, следует что не все доменные блоки используются для восстановления исходного изображения.

Таким образом, из множества доменных блоков $D = \{D_i\}$ можно выделить подмножество используемых доменных блоков $Du = \{Du_i\} \in D$, отражающих самоподобные участки изображения.

Каждый доменный блок из множества Du используется для формирования фрактального кода определенное количество раз. Т.е. каждому доменному блоку можно сопоставить число равное количеству раз его использования во фрактальном коде, которое означает, сколько других участков изображения подобны этому. Можно построить гистограмму количества использования доменных блоков $H^D(j)$ (рисунок 1).

Чем больше значение $H^D(j)$ для доменного блока D_j , тем более характерным является участок для этого изображения. Т.е. точность описания изображения с помощью характерных участков будет наивысшей. Следовательно, такие участки можно использовать как шаблоны изображений в задаче распознавания и классификации изображений.

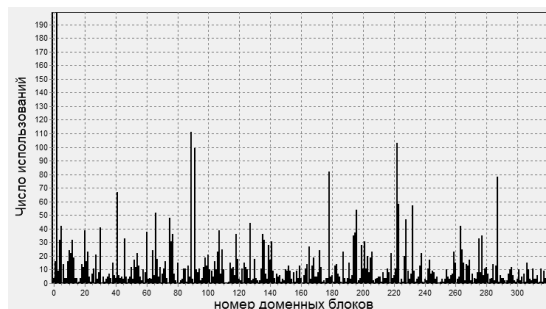


Рисунок 1 - Гистограмма количества использования доменных блоков во фрактальном коде изображения

Если значения гистограммы $H^D(j)$ упорядочить по убыванию, начиная с наибольшего значения, то в общем виде получится следующего вида график (рисунок 2):

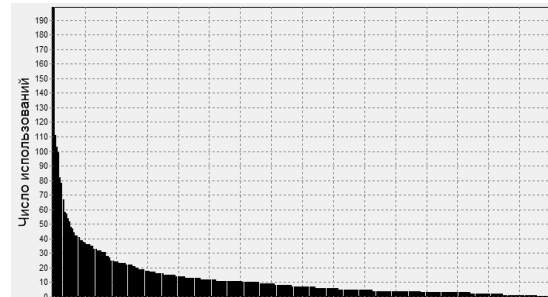


Рисунок 2 - Характер распределения самоподобия на изображении

График, представленный на рисунке 2, отражает характер распределения самоподобия на изображении. Если аппроксимировать полученные значения, тогда можно получить аналитическое выражение, характеризующее распределение признаков самоподобия.

Наибольшее соответствие наблюдается при аппроксимации логарифмическим уравнением вида:

$$y(x) = k \ln(x) + b. \quad (1)$$

Таким образом, для решения задач классификации изображений предлагается использовать характерные участки изображения, выявленные на основе гистограммы количества использования доменных блоков во фрактальном коде изображения, и коэффициенты уравнения, описывающего характер распределения локальных признаков самоподобия, рассчитанный с помощью (1).

Экспериментальные исследования

При использовании признака в задачах распознавания образов необходимо его инвариантное поведение относительно различных преобразований, например, таких как преобразование изменения яркости и поворота изображения. Согласно ранее проведенному исследованию распределение самоподобия на изображении является инвариантным признаком.

Для классификации изображений по их характерным участкам были взяты текстурные изображения размерами 1800x1200 пикселей. Из каждого изображения было получено 5 тестовых изображений размерами 512x512 пикселей. Для каждого тестового изображения были сформированы характерные участки и рассчитаны коэффициенты уравнений, описывающих характер

РАЗДЕЛ I. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ СИНТЕЗА И АНАЛИЗА ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

распределения самоподобия на изображениях. После чего было произведено их сравнение. Результаты расчета коэффици-

ентов уравнений, описывающих распределение самоподобия на тестовых изображениях, приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Коэффициенты уравнений распределения самоподобия

	Класс а		Класс b		Класс с		Класс d		Класс е	
	k	b	k	b	k	b	k	b	k	b
Тест 1	-15,83	87,21	-19,10	99,35	-15,69	84,51	-15,05	80,50	-14,03	78,43
Тест 2	-16,13	87,46	-20,24	105,2	-18,18	98,27	-13,01	75,41	-13,61	75,36
Тест 3	-15,25	85,18	-18,38	95,92	-19,07	102,3	-14,43	81,14	-13,58	74,98
Тест 4	-15,52	85,20	-19,83	98,41	-17,43	93,24	-13,12	75,55	-12,97	73,48
Тест 5	-15,03	82,99	-20,40	106,5	-17,05	95,87	-13,41	77,62	-13,21	73,84
Среднее	-15,55	85,61	-19,59	101,1	-17,48	94,84	-13,80	78,04	-13,48	75,21

Из таблицы 1 видно, что:

- коэффициенты уравнений распределения самоподобия изображений одного класса близки между собой;
- коэффициенты для изображений разных классов отличаются;

Также было выявлено, чем больше абсолютное значение коэффициента k , тем меньше изображение имеет характерных участков, но они выразительны в большей степени.

Заключение

В результате исследования было определено, что распределение самоподобия изображения инвариантно к различным преобразованиям. Коэффициенты уравнения, описывающего распределение самоподобия близки для изображений одного класса, но различны для изображений разных классов.

Так как распределение самоподобия изображений разных классов описывается отличающимися уравнениями, то этот признак является классифицирующим.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методы компьютерной обработки изображений. / Под ред. В.А. Сойфера. - 2-е изд., испр. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. - 784с. - ISBN 5-9221-0270-2

2. Гай В.Е., Жизняков А.Л. «Классификация изображений микроструктур металлов на основе многомасштабных моделей» // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. – 2007. - № 2. Т.4 – С. 46-50.
3. Потапов А.А. Фракталы, скейлинг и дробные операторы в радиотехнике и электронике: Современное состояние и развитие // Электронный журнал "Журнал радиоэлектроники (ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН)". – 2010. – № 1.
4. Новейшие методы обработки изображений. / Под ред. А.А. Потапова - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 496с. - ISBN 978-5-9221-0841-6
5. Fractal Image Compression: theory and application. / [Edit by] Yaval Fisher. Springer-Verlag New York. 1995. - 345p. - ISBN 0-387-94211-4
6. Уэлстид С. Фракталы и вейвлеты для сжатия изображений в действии. Учебное пособ. - М.: Издательство Триумф, 2003 - 320 с.: ил.
7. Привезенцев Д.Г. "Модель цифрового изображения с использованием систем итерируемых функций" // Информационные технологии моделирования и управления. – 2010. – №6(65) – С. 761-769.

Зав. каф. «САПР ЭС», зам. директора по научной работе д.т.н., проф., **А.Л. Жизняков** - lvovich@newmail.ru; аспирант **Д.Г. Привезенцев** – dgprivezencev@mail.ru; к.т.н., доцент **А.А. Фомин** - fomin.33rus@rambler.ru – 8(49234)77236, ГОУ ВПО «Владимирский государственный университет» Муромский институт (филиал).