

Исследование характера изменения признаков самоподобия изображения

Д.Г. ПРИВЕЗЕНЦЕВ

Муромский институт (филиал) ГОУ ВПО Владимирский государственный университет
e-mail: dgprivezencev@mail.ru

А.Л. ЖИЗНЯКОВ

Муромский институт (филиал) ГОУ ВПО Владимирский государственный университет
e-mail: lvovich@newmail.ru

В работе рассматриваются результаты исследования характера изменения признаков самоподобия изображения при выполнении преобразований над исходным изображением и возможности использования локальных признаков самоподобия для классификации и распознавания изображений.

1. Введение

В настоящее время одним из развивающихся и перспективных направлений в цифровой обработке изображений является применение фрактального анализа. Фракталы обладают свойствами самоподобия, что на математическом языке означает точное или вероятностное повторение свойств объекта при рассмотрении его в разных масштабах. Свойство самоподобия приводит к определенным закономерностям в статистическом поведении признаков изображений, в результате чего, изображения можно с определенной точностью описать фрактальными признаками [1-3].

Так как, для построения фракталов используются системы итерируемых функций, то одним из возможных способов описания изображения является использование для этого систем итерируемых функций. В результате получается фрактальная модель цифрового изображения, и каждое изображение описывается его фрактальным кодом [4,5].

Одним из возможных признаков изображения, получаемых с использованием фрактальной модели, который можно использовать для распознавания, является распределение локальных свойств самоподобия, которое отражает наиболее часто встречаемые участки на изображении. При использовании признака в задачах распознавания образов необходимо его инвариантное поведение относительно различных преобразований, например, таких как преобразование изменения яркости и поворота изображения.

2. Исследование поведение признаков самоподобия при линейном изменении яркости изображений

В работе рассматривается линейное изменение яркости изображения вида:

$$f^* = f + \delta. \quad (1)$$

Из математического описания процесса фрактального кодирования, приведенного в [4,5], следует, что основой является процесс поиска для каждого рангового блока R_i

подходящего доменного блока D_i :

$$R_i \approx w_i(D_i) = s_i(\tilde{w}_i(D_i)) + o_i. \quad (2)$$

Ранговые и доменные блоки являются частью одного и того же изображения и получаются с помощью операторов извлечения блока изображения $B_{n,m}^k$ и вставки блока $(B_{n,m}^k)^*$, которые в общем виде выглядят следующим образом:

$$D_i = B_{k_i, l_i}^{d_i}[f]. \quad (3)$$

$$R_i = B_{n_i, m_i}^{r_i}[f]. \quad (4)$$

Прибавив к каждой части выражений (3) и (4) величину δ , получим:

$$D_i + \delta = B_{k_i, l_i}^{d_i}[f] + \delta. \quad (5)$$

$$R_i + \delta = B_{n_i, m_i}^{r_i}[f] + \delta. \quad (6)$$

Так как операторы B не осуществляют видоизменение изображения f , то слагаемое δ можно внести в операторные скобки. Тогда получим:

$$D_i + \delta = B_{k_i, l_i}^{d_i}[f + \delta] = B_{k_i, l_i}^{d_i}[f^*]. \quad (7)$$

$$R_i + \delta = B_{n_i, m_i}^{r_i}[f + \delta] = B_{n_i, m_i}^{r_i}[f^*]. \quad (8)$$

В случае использования видоизменного изображения f^* , выражение (2) принимает следующий вид:

$$\begin{aligned} R_i + \delta &\approx w_i(D_i + \delta) = s_i(\tilde{w}_i(D_i + \delta)) + o_i. \\ R_i &\approx w_i(D_i + \delta) - \delta = s_i(\tilde{w}_i(D_i + \delta)) - \delta + o_i. \end{aligned} \quad (9)$$

Выполняя преобразования правой части выражения (9) получим:

$$s_i(\tilde{w}_i(D_i + \delta)) - \delta + o_i = s_i(\tilde{w}_i(D_i)) - \delta + s_i \delta + o_i. \quad (10)$$

Из (10) видно, что для того чтобы правая часть была равна исходному значению R_i необходимо, чтобы выполнялось равенство:

$$s_i \delta - \delta + o_i = o_i, \quad o_i = o_i - s_i \delta + \delta \quad (11)$$

3. Исследование поведение признаков самоподобия при изменении контраста изображений

В работе рассматривается изменение контраста изображения вида:

$$f^* = f \cdot k. \quad (12)$$

При умножении каждой части выражений (3) и (4) на k получается:

$$D_i \cdot k = B_{k_i, l_i}^{d_i}[f] \cdot k. \quad (13)$$

$$R_i \cdot k = B_{n_i, m_i}^{r_i}[f] \cdot k. \quad (14)$$

Так как операторы B не осуществляют видоизменение изображения f , то множитель k можно внести в операторные скобки. Тогда:

$$D_i \cdot k = B_{k_i, l_i}^{d_i}[f \cdot k] = B_{k_i, l_i}^{d_i}[f^*]. \quad (15)$$

$$R_i \cdot k = B_{n_i, m_i}^{r_i}[f \cdot k] = B_{n_i, m_i}^{r_i}[f^*]. \quad (16)$$

В случае использования видоизменного изображения f^* , выражение (2) принимает следующий вид:

$$\begin{aligned} R_i \cdot k &\approx w_i(D_i \cdot k) = s_i(\tilde{w}_i(D_i \cdot k)) + o_i. \\ R_i &\approx \frac{w_i(D_i \cdot k)}{k} = \frac{s_i(\tilde{w}_i(D_i \cdot k)) + o_i}{k}. \end{aligned} \quad (17)$$

Выполняя преобразования правой части выражения (17) получим;

$$\frac{s_i(\tilde{w}_i(D_i \cdot k)) + o_i}{k} = s_i(\tilde{w}_i(D_i)) + \frac{o_i}{k} = s_i(\tilde{w}_i(D_i)) + o'_i. \quad (18)$$

Из (18) видно, что для того чтобы правая часть была равна исходному значению R_i необходимо, чтобы выполнялось равенство:

$$o'_i = \frac{o_i}{k}. \quad (19)$$

4. Заключение

При преобразованиях вида (1) и (12), фрактальный код изображения остается неизменным, за исключением значений o_i для каждого рангового блока. Эти значения рассчитываются согласно (11) и (19).

Следовательно, если не изменяется состав используемых доменных блоков, тогда и не изменяется распределение локальных свойств самоподобия, что означает их полное инвариантное поведение к линейному преобразованию яркости и контраста.

Для проверки изменения признаков самоподобия при изменении яркости изображения необходимо иметь набор изображений, формируемый на основе одного и того же изображения с разными значениями яркости. Каждое изображение подвергается преобразованию (1) и (12), при значениях δ от -100 до 100 с шагом 10 и при значениях k от 0.5 до 1.5 с шагом 0.1. В результате имеется тридцать одно изображение для каждого исходного, для которых осуществляется вычисление признаков самоподобия.

В результате экспериментальных исследований инвариантности локальных признаков самоподобия цифрового изображения были получены следующие результаты. Локальные признаки самоподобия изображения инвариантны к линейным преобразованиям яркости изображения при небольших изменениях. Это обуславливается тем, что линейное преобразование яркости предполагает потерю информации при выходе значений яркости из диапазона $[0..255]$. В этом случае, наблюдалось частичное искажение изображения и, как следствие, локальных признаков самоподобия.

Таким образом, локальные признаки самоподобия обладают инвариантностью к преобразованиям яркости и контраста, что обеспечивает хорошие предпосылки для исследования возможности применения этих признаков в качестве информативных признаков изображения в задачах распознавания.

Список литературы

- [1] Новейшие методы обработки изображений / Под ред. А.А. Потапова - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 496с. - ISBN 978-5-9221-0841-6.
- [2] Шелухин О.И., Осин А.В., Смольский С.М. Самоподобие и фракталы. Телекоммуникационные приложения. / Под ред. О.И. Шелухина. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 368с. - ISBN 978-5-9221-0949-9.
- [3] Уэлстид С. Фракталы и вейвлеты для сжатия изображений в действии. Учебное пособие. - М.: Издательство Триумф, 2003 - 320 с.: ил.
- [4] Привезенцев Д.Г. Модель цифрового изображения с использованием систем итерируемых функций // Информационные технологии моделирования и управления. — 2010. — № 6(65). — С. 761–769.
- [5] Привезенцев Д.Г., Жизняков А.Л. Фрактальная модель цифрового изображения // Алгоритмы, методы и системы обработки данных: сб. науч. тр. Издательско-полиграфический центр МИ ВЛГУ. — 2010. — Вып. 15. — С. 147–152.