

УДК 004.92

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОИСКА РАСТРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ СМЕШАННОГО ПОДХОДА

Савкина А.В.

ГОУВПО «Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева», г. Саранск  
Тел. +7(834-2) 290701 E-mail: [anastesi@yandex.ru](mailto:anastesi@yandex.ru)

**Аннотация.** Описывается система поиска растровых изображений на основе смешанного подхода с использованием кратномасштабного разложения изображений на основе базисных функций Хаара, а также построения фрактального квадродерева.

**Ключевые слова:** визуальная информация, растровое изображение, поиск, фрактал, вейвлет, кодирование.

Представляемые в статье исследования направлены на разработку системы хранения, реализацию методов анализа и поиска изображений на основании визуальных атрибутов, связанных с проблематикой автоматического понимания визуальной информации с использованием методов вейвлет-преобразования, фрактального кодирования и их смешанной реализации.

На сегодняшний день актуальной проблемой является обеспечение эффективного доступа к информации в электронных коллекциях изображений. Традиционным является поиск визуальной информации, опирающийся на индексирование текстовых описаний, ассоциированных с изображением. Неоднозначность соответствия между визуальным содержанием и текстовым описанием снижает показатели точности и полноты поиска.

В связи с этим возникает проблема организации доступа к современным электронным коллекциям изображений с использованием комплекса средств, включая как текстовые описания, так и характеристики визуального содержания, типа цветовой гаммы, и более сложных, связанных с распознаванием образов. Поиск может выполняться итеративно: сначала поиск на основе ключевых слов, как более быстрый способ, затем среди отобранного множества материалов – более трудоемкий поиск с использованием визуальных характеристик.

Методы распознавания образов в настоящее время из-за отсутствия эффективных универсальных алгоритмов применяются только в узких предметных областях. Современная универсальная технология доступа к коллекциям изображений по визуальному содержанию связана с сопоставлением изображению набора визуальных примитивов (характеристик цвета, формы, текстуры, а для видео еще и параметров движения сцены и объектов) и определением количественной оценки близости изображений по значениям примитивов [1].

В статье представлена реализация обработки запросов изображений из базы данных с помощью обобщенной теории вейвлетов, по которой вейвлеты конструируются в явном виде на ограниченных областях и непосредственно связаны с кратномасштабным анализом сигналов [2]. Идея, лежащая в основе большинства смешанных фрактально-вейвлетных методов кодирования, состоит в применении к изображению вейвлет-преобразования с последующим применением фрактальных методов к вейвлет-образу изображения.

Для реализации смешанного подхода в реализации поиска изображения по изображению-образцу первым шагом нужно выполнить вейвлет-преобразование изображения. Вторым шагом при реализации смешанного алгоритма является фрактальное кодирование изображения, при котором находится множество сжимающих преобразований, которые отображают доменные блоки во множество ранговых блоков, покрывающих изображение. Разбиение методом квадродерева начинается с грубого разбиения. Если для какого-то рангового блока оказывается невозможным подобрать подходящий домен и преобразование, то этот блок разбивается на четыре меньших блока. Процесс разбиения

продолжается, пока либо не находится подходящий домен, либо не достигается максимальная глубина квадродерева.

Если изображение-запрос  $Q$  размера  $N \times N$ , принадлежит пространству цифровых изображений в градациях серого и  $\{R_1, \dots, R_M\}$  – набор ранговых блоков, на которые разбито изображение  $Q$  (например, результат разбиения методом квадродерева). Каждый блок  $R_i$  имеет размеры  $r_i \times r_i$ , его левый нижний угол расположен в точке  $(n_i, m_i)$  в  $Q$ . Пусть  $Q_i$  – это изображение  $N \times N$ , целиком заполненное нулями, за исключением блока  $R_i$ , так что

$$Q_i = \left( B_{n_i, m_i}^{r_i} \right)^* (R_i). \quad \text{Тогда} \quad Q = \sum_{i=1}^M Q_i = \sum_{i=1}^M \left( B_{n_i, m_i}^{r_i} \right)^* (R_i). \quad \text{Изображение } Q \text{ может быть}$$

представлено в виде суммы изображений  $Q_1, \dots, Q_M$ . Если ранговый блок  $R_i$  – это результат фрактального кодирования изображения  $Q$ , тогда для каждого рангового блока  $R_i$  существует доменный блок  $D_i$  и аффинное преобразование  $T_i$ , так что  $R_i = T_i(D_i) = A_i(D_i) + C_i$ . Обозначим  $d_i$  – размерность домена  $D_i$ , а  $k_i, l_i$  – координаты левого нижнего угла домена  $D_i$ . Таким образом,  $A_i$  представляет собой оператор, который сжимает (считаем, что  $d_i > r_i$ ), преобразует  $(k_i, l_i) \rightarrow (n_i, m_i)$  и применяет коэффициент сжатия  $s_i$ , тогда как  $C_i$  – это постоянная матрица размером  $r_i \times r_i$ , представляющая смещение яркости. Домен  $D_i$  можно записать как

$$D_i = \left( B_{k_i, l_i}^{d_i} \right)^* (Q). \quad \text{Используя запись оператора извлечения блока } k \times k \text{ из изображения } N \times N$$

можно получить следующую приближенную запись [3]:

$$\begin{aligned} Q &\approx \sum_{i=1}^M \left( B_{n_i, m_i}^{r_i} \right)^* \left\{ A_i \left( B_{k_i, l_i}^{d_i} (Q) \right) + C_i \right\} = \\ &= \sum_{i=1}^M \left( B_{n_i, m_i}^{r_i} \right)^* \left\{ A_i \left( B_{k_i, l_i}^{d_i} (Q) \right) \right\} + \sum_{i=1}^M \left( B_{n_i, m_i}^{r_i} \right)^* (C_i). \end{aligned}$$

Метод доменно-рангового сопоставления, который является основой большинства фрактальных методов, далеко не оптимальным образом воплощает теорию фрактального представления изображений.

Для реализации смешанного алгоритма применяется кратномасштабное разложение изображения. С использованием базисной и масштабирующей функций Хаара строится последовательность приближений для изображения. К полученным с помощью вейвлет-преобразования уточняющим коэффициентам сначала применяется базовый алгоритм фрактального кодирования изображений, затем алгоритм сравнения фрактального квадродерева.

Известно, что основная часть информации об изображении при вейвлет-кодировании концентрируется в небольшом числе коэффициентов преобразования. Стандартный фрактальный алгоритм не обеспечивает достаточную точность кодирования значимой информации в левом верхнем углу массива вейвлет-преобразования, поэтому для анализа изображений методом фрактального кодирования берется правый нижний угол.

Для осуществления поиска изображений разработана система, содержащая различные подходы, включая методы вейвлет-преобразования, фрактального кодирования и смешанного алгоритма.

В разработанной системе используется алгоритм разбиения методом квадродерева путем слежения за ранговыми блоками, которые получаются в результате разбиения, при котором каждому ранговому блоку единственным образом сопоставляется индекс в квадродереве.

В результате комбинирования вейвлет-преобразования и фрактального кодирования для представления различных изображений удастся уменьшить количество хранящихся коэффициентов в среднем в 2 раза.

Как показали исследования, наиболее быстрым является поиск по изображению с помощью вейвлетов, но не всегда он является корректным. В частности, изображение находится корректно, если образец отличается от искомого некоторыми свойствами, такими

как размер, яркость, контрастность, небольшая зашумленность, незначительное изменение цветов, размытие, поиск по негативу, а так же поиск по черно-белому изображению.

В результате комбинирования вейвлет-преобразования и фрактального кодирования для представления различных изображений удастся уменьшить количество хранящихся коэффициентов в среднем в 2 раза.

На рисунке 1 приводятся средние данные о количестве коэффициентов при фрактальном кодировании и смешанном подходе в зависимости от категории изображения.



Рисунок 1– График количества коэффициентов при фрактальном кодировании и смешанном подходе

Наилучший результат поиска изображений дает поиск по изображению фракталами, в то время как смешанная реализация дает значительный выигрыш по времени со средними показателями поиска, наименьшее затраченное время на поиск похожих изображений уходит при использовании вейвлет-преобразования (рисунок 2).



Рисунок 2 – Процентное соотношение по времени поиска изображений различными методами

### Список литературы

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
2. Столниц Э., ДеРоуз Т., Салезин Д. Вейвлеты в компьютерной графике: / Пер. с англ./ – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2002. – 272 с.
3. Уэлстид С.. Фракталы и вейвлеты для сжатия изображения в действии / учебное пособ. – М.: Издательство Триумф, 2003. – 320 с.