

АЛГОРИТМЫ ДИСКРЕТИЗАЦИИ ЦВЕТОВОГО ПРОСТРАНСТВА И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В КОНТЕКСТНОМ ПОИСКЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Е.А.Башков, Н.С. Шозда
Кафедра ПМИИ, ДонГТУ
Shozda@r5.dgtu.donetsk.ua

Abstract

Evgeny A. Bashkov, Natalia S. Shozda. The Color Quantization Algorithms and its Applicability in Content-Based Color Image Retrieval. The color quantization role in content-based color image retrieval is described and color quantization's impact on the search results are estimated. Various color quantization approaches are analysed. The different color quantization algorithms are considered in terms of their applicability for content-based color image retrieval, the results quality, time complexity and memory requirements are given.

Введение

Контекстный поиск в базах данных (БД) изображений предполагает, что цветовое содержимое изображения характеризуется некоторыми числовыми значениями, вычисляемыми при занесении изображения в БД и хранящимися вместе с ним. При поиске эти характеристики сравниваются с аналогичной характеристикой, вычисленной для образца поиска. Показано [1], что наиболее адекватно цветовое содержимое изображения характеризуется цветовой гистограммой (ЦГ) [1]. Построению цветовой гистограммы предшествует процесс дискретизации пространства цветов изображения. В работе анализируются различные подходы к процессу дискретизации и рассматриваются различные алгоритмы дискретизации цветового пространства с точки зрения их применимости при решении задачи контекстного поиска изображений на основе их содержимого.

1. Место процесса дискретизации цветового пространства в вычислительном процессе контекстного поиска изображений

Как было показано в [2], в работе системы контекстного поиска изображений можно выделить две основные ветви:

- занесение изображения в БД, когда выполняются вычисление характеристик изображения и сохранение в БД этих характеристик и самого изображения;
- обработка запроса, в ходе которой для образца поиска вычисляются числовые характеристики (или извлекаются из БД, если в качестве образца поиска используется изображение из БД) и выполняется собственно поиск результатов.

Для представления цветового содержимого изображения используются цветные гистограммы. Рассматриваемая задача решается в такой последовательности:

- 1) для изображения-образца поиска выполняется дискретизация цветов;
- 2) строится ЦГ дискретизированного изображения-образца;
- 3) построенная ЦГ сравнивается с ЦГ изображений, хранящихся в БД, путем вычисления расстояний d_i между ними по одной из метрик [3];

- 3) построения ЦГ сравнивается с ЦГ изображений, хранящихся в БД, путем вычисления расстояний d_i между ними по одной из метрик [3];
- 4) сортировка полученных значений d_i ;
- 5) визуализация изображений, для которых значение d_i достаточно мало.

Для нового изображения при занесении в БД выполняются дискретизация цветов и построение ЦГ.

Для ускорения процесса поиска изображений в БД предлагается использовать специализированную ЭВМ, архитектурно представляющую собой конвейерную вычислительную систему, использующую в качестве исходных данных БД изображений и изображение-образец поиска. Конвейер содержит следующие элементы [4]:

- HOST-компьютер;
- подсистема построения ЦГ, выполняющая построение ЦГ изображения;
- подсистема сравнения ЦГ, выполняющая вычисление расстояний между ЦГ изображения-образца и изображений, хранящихся в БД;
- подсистема сортировки, выполняющая выбор минимальных значений расстояний;
- подсистема визуализации результатов поиска;
- устройство управления, выполняющее синхронизацию работы ступеней конвейера и обмен данными.

В подсистеме построения ЦГ выполняется и предварительная обработка изображения. Ее необходимость обусловлена рядом причин. Во-первых, число цветов, представленных в изображении, практически не ограничено, между тем как ЦГ состоит из фиксированного количества элементов. Во-вторых, размеры обрабатываемого изображения также могут быть любыми, однако разрядность ячеек памяти для хранения элементов ЦГ фиксирована и определяет максимально допустимые размеры изображения. Таким образом, предварительная обработка должна решать задачи дискретизации цветового пространства изображения, и, при необходимости, уменьшения его размера.

2. Решение задачи дискретизации цветового пространства на этапе предварительной обработки изображения

Проблема дискретизации цветового пространства возникает не только при решении рассматриваемой задачи, поэтому в настоящий момент существует достаточно много алгоритмов ее решения.

В общих чертах задача дискретизации цветового пространства формулируется следующим образом: существует базовый набор, включающий S цветов; пиксели изображения могут иметь один из S цветов, причем $S > s$. Необходимо выполнить замену любого из цветов, представленных в изображении, одним из цветов из базового набора. Очевидно, что эти два цвета должны восприниматься зрительной системой человека как приблизительно одинаковые. При решении этой задачи используют тот факт, что, в соответствии с аксиомами Грассмана [5] любое цветовое пространство трехмерно, поэтому подобие цветов можно определить, вычисляя расстояние между ними в пространстве цветов. Однако для использования этого подхода цветовое пространство должно обладать свойствами однородности, полноты и компактности [6]. В соответствии с требованием однородности вычисленное

подобие цветов должно соответствовать их воспринимаемому подобию. Пространство, обладающее свойством подобия, включает все различные воспринимаемые цвета. Компактность цветового пространства означает, что любой цвет визуально отличается от остальных. Из всех пространств, существующих для представления цветов, указанными свойствами обладает только пространство HSV, однако для его использования существуют некоторые препятствия. Во-первых, современные дисплеи работают с представлением цвета в пространстве RGB, и для использования пространства HSV необходимо выполнять два преобразования: прямое и обратное, что увеличивает время дискретизации. Во-вторых, из-за специфического вида формул вычисления яркости и насыщенности возникают проблемы определения оттенка цвета для нулевого цвета, для белого цвета, для всех цветов с двумя равными характеристиками (эти цвета лежат посередине между чистыми цветами), а также для всех оттенков серого 'монохромного' цвета. Эта неопределенность существует как при переходе от RGB к HSV, так и при обратном преобразовании из-за наличия минимаксных операций, не учитывающих равенство операндов. При дискретизации пространства HSV также следует учитывать, что, поскольку цветовая характеристика в основном зависит от оттенка H, то именно по оттенку должна быть наименьшая ошибка при дискретизации и построении гистограммы, поэтому разбиение по H должно быть более мелким, чем по S и V.

Обобщая вышеуказанные замечания, можно сказать, что с целью ускорения процесса поиска целесообразно использовать алгоритмы дискретизации, оперирующие с 3D RGB пространством, поскольку оно совместимо со способом представления графических данных на компьютере и нет необходимости проводить дополнительные преобразования. Среди таких алгоритмов следует отметить метод серединного деления, метод октальных деревьев, алгоритм популярности, однородное квантование, метод многообразия [7]. В данной работе предпринимается попытка сравнения пространственной и временной сложности этих методов, а подробное их изложение выходит за рамки статьи. Некоторые алгоритмы предполагают использование ассоциативных таблиц для определения цветов, называемых палитрами цветов. Вычислительная сложность рассмотренных алгоритмов представлена в таблице 1. [7]

Таблица 1. Вычислительная сложность алгоритмов дискретизации

Алгоритм	Память	Время преобразования	Время отображения	Качество
Алгоритм популярности	$O(D)$	$O(N+D*\log(K))$	$>O(NK)$	Зависит от данных
Метод серединного деления	$O(D)$	$O(N+D*\log(K))$	$O(N*\log(K))$	Хорошее
Метод октальных деревьев	$O(K)$	$O(N)$	$O(N)$	Хорошее
Однородное квантование	$O(D)$	(K)	(N)	Плохое
Алгоритм многообразия	$O(D)$	$O(N^3)$	$O(N*\log(K))$	Хорошее
Модифицированный алгоритм многообразия	$O(K)$	$O(N^2)$	$O(N)$	Хорошее

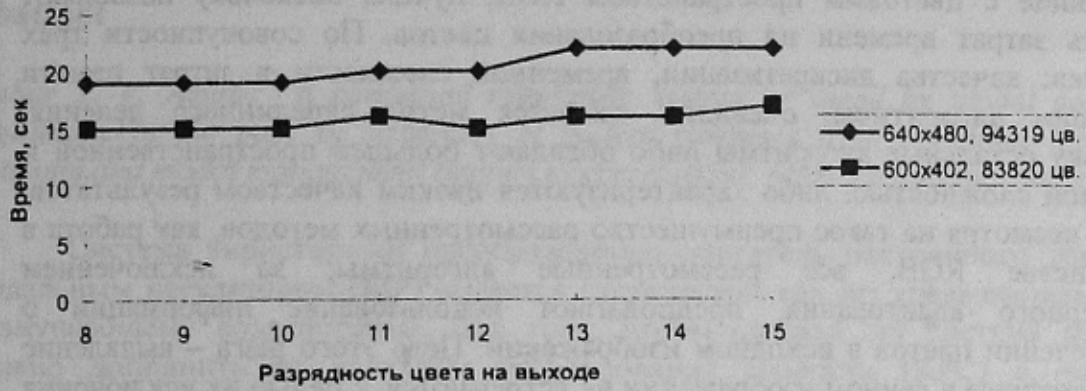
где:

N –число пикселей первоначального изображения;

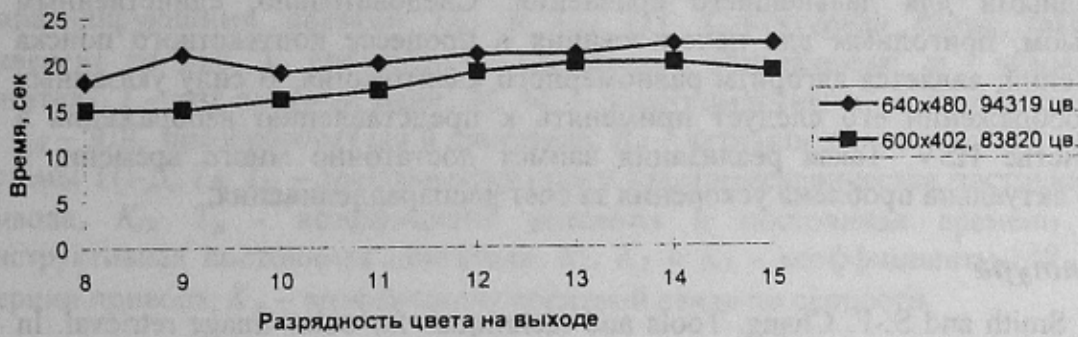
K –размер ассоциативной таблицы;

D –число различных цветов в первоначальном изображении.

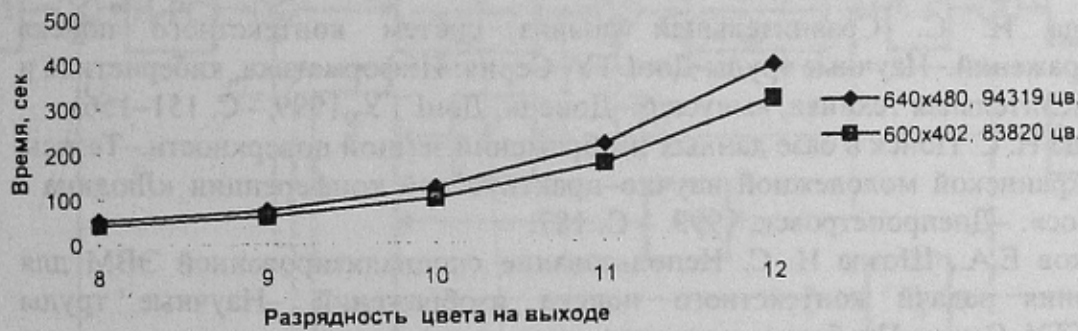
Данные о времени работы алгоритмов, полученные экспериментальным путем, представлены на рис. 1. Тестирование проводилось на ПЭВМ Intel Pentium-233ММХ, 32М. Для написания приложения использовался С++ Builder.



а)



б)



в)

Рис. 1 Продолжительность работы алгоритмов в зависимости от данных: а) метод октальных деревьев; б) метод серединного деления; в) метод популярности.

Примечание: время на диаграммах указано с момента начала чтения данных до окончания вывода на экран.

Заключення

Очевидно, что процесс дискретизации цветовых пространств является важным этапом поиска изображений на основе их содержимого, в значительной степени влияющим на результаты поиска. Проведенный в работе анализ позволяет сделать выводы относительно целесообразности использования того или иного алгоритма дискретизации при создании систем для контекстного поиска изображений. С точки зрения повышения быстродействия алгоритмы, работающие с цветовым пространством RGB, лучше, поскольку позволяют избежать затрат времени на преобразования цветов. По совокупности трех критериев: качества дискретизации, временной сложности и затрат памяти наилучшим алгоритмом, очевидно, является метод серединного деления, поскольку остальные алгоритмы либо обладают большей пространственной и временной сложностью, либо характеризуются низким качеством результатов. Однако несмотря на такое преимущество рассмотренных методов, как работа в пространстве RGB, все рассмотренные алгоритмы, за исключением равномерного квантования, предполагают использование информации о распределении цветов в исходном изображении. Цель этого шага – выявление цветов, которые в данном изображении не встречаются, с целью их исключения из результирующего набора цветов. При таком подходе изображения после дискретизации будут представлены различными наборами цветов, что делает их непригодными для дальнейшего сравнения. Следовательно, единственным алгоритмом, пригодным для использования в процессе контекстного поиска изображений, является алгоритм равномерного квантования. В силу указанных выше соображений его следует применять к представлению изображения в пространстве HSV. Такая реализация займет достаточно много времени, и поэтому актуальна проблема ускорения за счет распараллеливания.

Литература

1. J. R. Smith and S.-F. Chang. Tools and techniques for color image retrieval. In Symposium on Electronic Imaging: Science and Technology.–Storage & Retrieval for Image and Video Databases IV, vol. 2670– San Jose, CA, Feb. 1996. P. 426 – 437.
2. Шозда Н. С. Сравнительный анализ систем контекстного поиска изображений.–Научные труды ДонГТУ. Серия: Информатика, кибернетика и вычислительная техника, выпуск 6:–Донецк, ДонГТУ, 1999. –С. 151–156.
3. Шозда Н. С. Поиск в базе данных изображений земной поверхности.–Тезисы всеукраинской молодежной научно–практической конференции «Людина і космос». –Днепропетровск, 1999. – С. 187.
4. Башков Е.А., Шозда Н. С. Использование специализированной ЭВМ для решения задачи контекстного поиска изображений –Научные труды ДонГТУ. Серия: Проблемы моделирования и автоматизации проектирования динамических систем, выпуск 10:–Донецк, ДонГТУ, 1999. – С.247-252.
5. Прэтт У. Цифровая обработка изображений.–М., Мир, 1980. –320 с.
6. Integrated Spatial and Feature Image Systems: Retrieval, Analysis and Compression–John R. Smith. Submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in the Graduate School of Arts and Sciences, Columbia University, 1997.–<http://disney.ctr.columbia.edu/jrsthesis/>
7. Chee–Keong Lau. The Effect of Color Quantization in Difference Color Models: <http://www.erc.msstate.edu/~rjm/ColorQuant>