

ПОИСК ИЗОБРАЖЕНИЙ ПО ТЕКСТУРНЫМ ПРИЗНАКАМ В БОЛЬШИХ БАЗАХ ДАННЫХ

Шозда Н.С.

Кафедра ПМИ ДонНТУ

shozda@r5.dgtu.donetsk.ua

Abstract

Shozda N. S. Content-based image retrieval in large databases by textural features. This article is devoted to the problem of texture representation and comparison in content-based image retrieval. Modified algorithms for texture histogram creating and comparison are described. Texture histogram correlation is used for histogram comparison and search.

Введение

При поиске в больших базах данных изображений, визуально сходных с заданным, ключевым моментом, как правило, является сравнение цветового содержимого изображений. Однако многие изображения представляют собой проявление повторяющейся структуры (аналогично кирпичной кладке, структуре ткани или узору паркета). Такие изображения называют текстурами, и существует ряд задач, в рамках которых необходимо сравнивать текстурные характеристики изображений. К таким задачам, в частности, относятся анализ и поиск рентгеновских снимков, поиск снимков земной поверхности в геоинформационных системах, задача иридодиагностики. В данной статье рассматриваются вопросы представления и сравнения текстурного содержимого изображений, связанные с построением текстурных гистограмм изображений и их последующего сравнения.

Текстура и ее представление

Попытки дать качественное либо количественное определение текстуры предпринимались многими исследователями [3], однако успеха эти попытки не имели во многом из-за большого разнообразия текстур, встречающихся в изображениях природных явлений. Обычно, говоря о текстуре, подразумевают изображения или их фрагменты, характеризующиеся пространственной регулярностью. Так, к текстурам относят изображения, являющиеся фотографиями травы, песка, грунта и т.п., а также, в некоторых случаях, рентгеновские и ультразвуковые снимки. Текстуры разделяют на естественные и искусственные. Искусственные текстуры - это структуры из графических знаков (отрезки, точки и т.п.), расположенных на нейтральном фоне. Естественные текстуры содержат изображения естественных сцен, обладающие структурой, близкой к периодической. Изображения текстур могут состоять из регулярно и/или случайно размещенных элементов. Зачастую текстуры представлены различными оттенками серого цвета, хотя бывает и иначе. На рисунке 1 изображены различные естественные текстуры, взятые из [4]. Реальные текстуры, как правило, значительно отличаются от приведенных по причине искажения за счет неоднородного освещения, затененности и других факторов. Это обстоятельство сильно усложняет задачу поиска изображений по текстурным признакам.

Для представления текстурного содержимого изображений точечные оценки не используются в силу того, что текстуры представляются градациями серого цвета. Более того, все попытки дать формальное описание текстуры не позволяют выявить простые количественные признаки текстуры. На ранних этапах исследований предлагалось в качестве характеристик текстуры использовать пространственную автокорреляционную функцию и число перепадов яркости в окрестности точки [3]. Позднее, как и в случае поиска по цветовому содержимому [1], для представления текстурного содержимого стали использовать гистограммные признаки, а именно, текстурные гистограммы [3, 4], характеризующие распределение интенсивностей пикселей изображения. Для построения таких гистограмм существуют различные методики и подходы [3, 4]. В данной работе описывается модифицированный метод построения текстурной гистограммы, в основу которого положен подход, описанный в [3]. Следует отметить, что данный подход применим только к изображениям с однородной текстурой. Для других изображений следует предварительно решить задачу их сегментации, то есть выделения фрагментов с однородной текстурой.

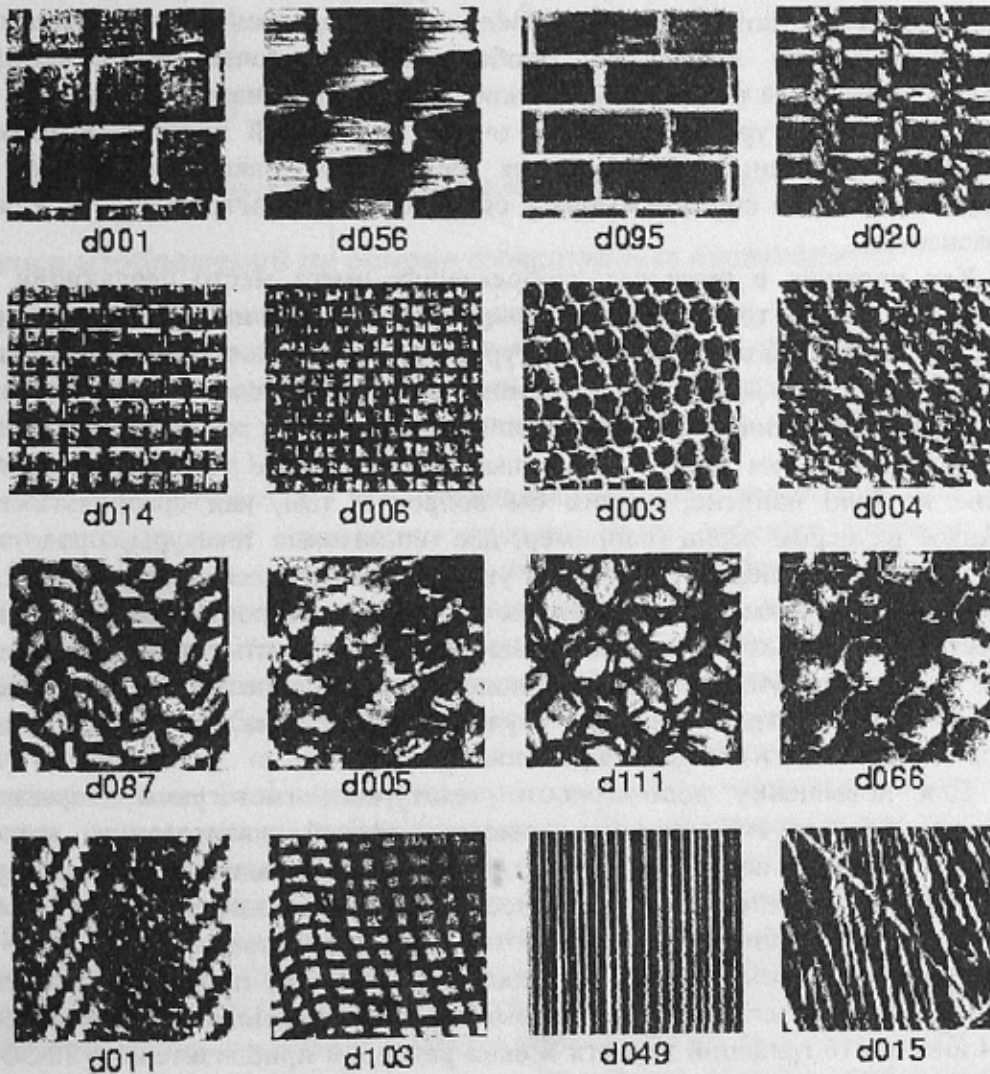


Рисунок 1 — Примеры текстур

Построение текстурной гистограммы

При построении текстурной гистограммы необходимо учитывать, что текстура-это свойство окрестности точки изображения, и, следовательно, по своей природе текстурные признаки зависят от размера окрестности, на которой они определяются. Если строить текстурную гистограмму так же, как и цветовую [2], то практически для всех изображений гистограммы будут одинаковыми, так как в основном текстурные изображения представлены в градациях серого цвета. В рамках рассматриваемого подхода текстурная гистограмма представляет собой двумерный массив $N*N$, каждый элемент которого хранит центрированное количество пикселей изображения с данным отношением яркостей (здесь N - количество уровней яркости от белого до черного). Так, например, если элемент гистограммы $H[5][2]$ содержит значение 1.534, это значит, что в процессе построения текстурной гистограммы было найдено $1.534*M$ пар пикселей, яркость которых составляла соответственно 5 и 2, где M - количество точек изображения. При таком построении текстурной гистограммы возникает вопрос о том, каким образом выбирать пары пикселей для сравнения. Для этого существует множество способов, которые зависят от размеров изображения, времени сравнения, которое можно предоставить программе на обработку данных, требуемой точности сравнения. Вообще, каждая точка изображения должна сравниваться с каждой точкой своей n -окрестности [4], а значение n зависит от размера ячейки (зерна) текстуры. Однако это очень трудоемкий процесс, который требует значительных временных затрат для реализации такого сравнения. Поэтому необходимо каким-то образом выбрать определенное количество точек в окрестности для сравнения.

Как правило, в реальных изображениях имеет место следующий факт: чем дальше расположены точки, сравниваемые с данной, тем в меньшей степени отношение их яркостей влияет на восприятие текстуры, а для окрестностей, превышающих размер зерна текстуры, учитывать данное отношение вообще не следует. Однако в настоящее время задача автоматического определения размера зерна текстуры не имеет решения, эффективного с точки зрения временных затрат. Кроме того, даже если бы такое решение и было найдено, возник бы вопрос о том, как сравнивать текстуры с различным размером зерна (например, две одинаковые текстуры, представленные в разном масштабе). Следовательно, для унификации процесса построения и сравнения текстурной гистограммы с увеличением радиуса окрестности можно не увеличивать количество точек, яркость которых сравнивается с яркостью текущей. Предлагаемый подход использует этот принцип. Топология точек окрестности, используемая при построении гистограммы в данном случае, приведена на рисунке 2 (для сравнения берется восемь точек из каждой окрестности).

Для повышения достоверности текстурных гистограмм, характеризующих изображение, следует увеличить число уровней квантования яркости либо использовать при их построении окрестности больших радиусов. Первый путь ведет к увеличению пространственной сложности алгоритма построения гистограммы, а второй порождает ошибки при обработке мелкозернистых текстур (тех, у которых размер зерна текстуры меньше размеров окрестности), и, кроме того, увеличивает время выполнения алгоритма. В [3] показано, что разумным компромиссом является использование 16 градаций яркости и окна размером приблизительно 30-50 элементов по каждому измерению.

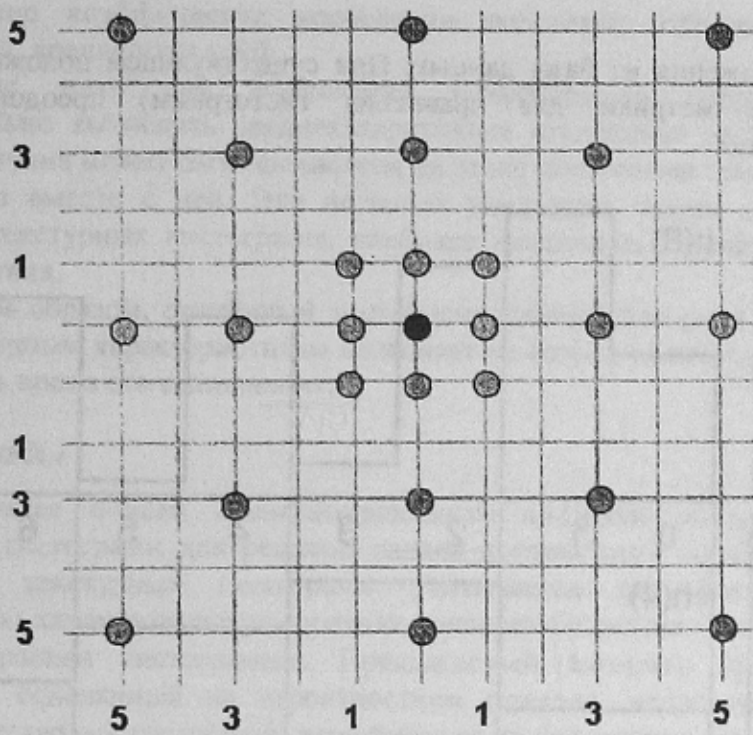


Рисунок 2 — Пиксели, сравниваемые при построении гистограммы.

Поиск изображений на основе текстурных гистограмм

Сравнение двух однородных текстурных изображений осуществляется путем вычисления расстояния между построенными для них текстурными гистограммами. При этом используются метрики, применяемые для вычисления расстояний между цветовыми гистограммами, например, конъюнкция гистограмм, евклидово, косинусное, квадратичное расстояния [1, 2].

Может так случиться, что сравниваемые гистограммы построены для различного числа уровней квантования яркости. Чтобы избежать проблем в такой ситуации, целесообразно число уровней квантования выбирать равным степени двойки. Тогда в случае сравнения текстурных гистограмм с различными порядками меньшую из них можно "растянуть" до большей. На рисунке 3 проиллюстрирован такой случай (для простоты изображены одномерные гистограммы).

Идея поиска изображений в данном случае не отличается от поиска по цветовому содержанию: по сути после вычисления расстояний между текстурными гистограммами должна быть выполнена сортировка всех изображений, хранящихся в базе данных, по возрастанию этого расстояния. Это обусловлено тем фактом, что традиционно используемые метрики для сравнения гистограммных признаков изображений (конъюнкция гистограмм, евклидово, косинусное, квадратичное расстояние [2, 4]) не ограничены сверху и имеют смысл не сами по себе, а только в сравнении с другими аналогичными величинами. В этом случае результатом контекстного визуального поиска является список изображений, который отсортирован в порядке уменьшения сходства с изображением-образцом, при этом в список будут включены и те изображения, которые совсем не похожи на изображение-запрос (они будут расположены в конце списка). Если же в базе данных нет текстуры, визуально сходной с образцом, пользователю все равно будет представлен список, содержащий

все изображения из базы данных. При существующем положении вещей (используя указанные метрики для сравнения гистограмм) преодолеть этот недостаток невозможно.

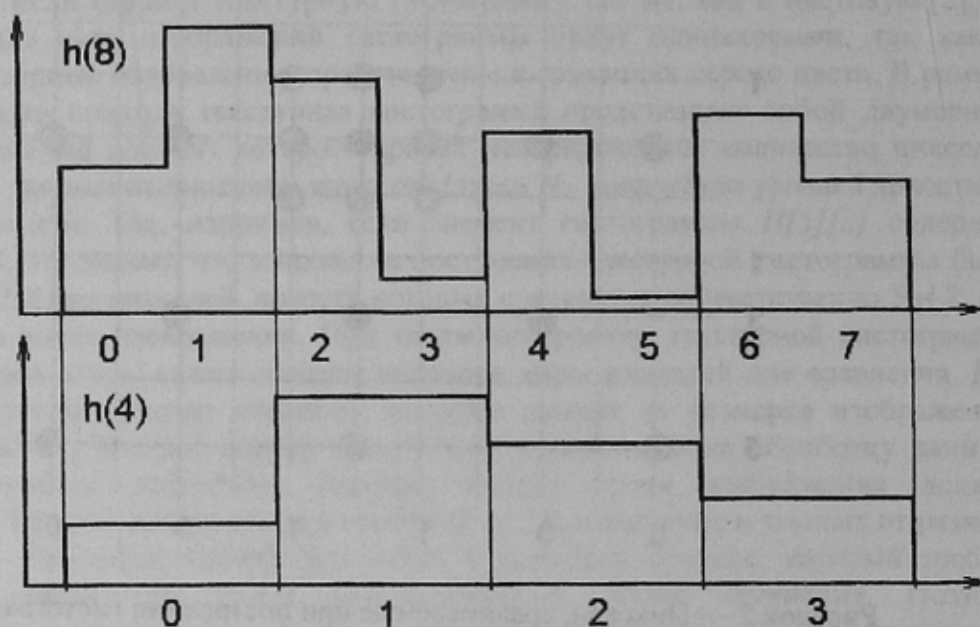


Рисунок 3 — Сравнение гистограмм различного порядка

В данной работе предлагается рассматривать текстурные гистограммы как случайные величины, и в качестве критерия для сравнения текстурных гистограмм изображений использовать коэффициент их корреляции. Коэффициент корреляции не удовлетворяет требованиям неотрицательности, идентичности и неравенства треугольника, предъявляемым к метрикам для сравнения гистограмм [4]. Однако, в отличие от этих метрик, значение коэффициента корреляции может быть проанализировано само по себе, без сравнения с другими аналогичными величинами, и этот факт свидетельствует в пользу применения коэффициента корреляции гистограмм как меры их сходства.

Подробное описание вычислений коэффициента корреляции для данного случая выходит за рамки статьи и может быть найдено в [5]. Главное преимущество использования коэффициента корреляции в рамках рассматриваемой задачи поиска заключается в возможности ограничения набора изображений, предъявляемых пользователю в качестве результата поиска: в последовательность изображений-результатов следует включать только те, для которых вычисленный коэффициент положителен, поскольку его отрицательные значения свидетельствуют об обратной корреляции элементов текстурных гистограмм [5]. Назначить другое пороговое значение для отбора найденных изображений путем теоретических исследований не представляется возможным, однако такая оценка может быть выполнена экспериментально (например, путем вычисления среднего значения коэффициента корреляции для большого числа экспериментов), что позволит дополнительно сократить список найденных изображений (так, для сравнения цветных гистограмм автором экспериментально получено пороговое значение, равное 0.8). Таким образом,

использование коэффициента корреляции позволяет избежать сортировки всех изображений, хранящихся в БД.

Кроме того, для вычисления коэффициента корреляции необходимо предварительно вычислить среднеквадратичное отклонение элементов гистограммы. Данная величина может быть вычислена на этапе построения текстурной гистограммы и сохранена вместе с ней. Это позволит уменьшить время вычислений на этапе сравнения текстурных гистограмм, наиболее критичном с точки зрения требований быстродействия.

Таким образом, описанный модифицированный алгоритм поиска изображений по их текстурным характеристикам позволяет не только повысить качество поиска, но и уменьшить время его выполнения.

Выводы

В статье описан модифицированный алгоритм построения и сравнения текстурных гистограмм для решения задачи контекстного поиска изображений. При построении текстурных гистограмм учитывается тот факт, что наибольшей зависимостью характеризуются соседние точки изображения. Это позволяет сократить время построения гистограммы. Предлагаемый алгоритм сравнения текстурных гистограмм, основанный на вероятностном подходе, использует в качестве меры различия текстурных гистограмм коэффициент их корреляции, что позволяет улучшить качество поиска изображений в больших БД.

Литература

1. R. M. Haralick. Statistical and structural approaches to texture. Proc. of the IEEE, 67(5), May 1979.
2. Башков Е.А., Шозда Н.С. Использование специализированной ЭВМ для решения задачи контекстного поиска изображений. В кн.: Наукові праці Донецького державного технічного університету. Серія: Проблеми моделювання та автоматизації проектування динамічних систем, випуск 10. Донецьк: ДонГТУ, 1999.- С. 247-252.
3. Прэтт У. Цифровая обработка изображений: Пер. с англ. – М.: Мир, 1982. – Кн. 2 - 310 с., ил.
4. John R. Smith. Integrated Spatial and Feature Image Systems: Retrieval, Compression and Analysis. Ph. D. Thesis, Graduate School of Arts and Sciences, Columbia University, February, 1997. <http://disney.ctr.columbia.edu/jrsthesis>.
5. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика.–М.: Высшая школа, 1972.