

نمایه‌سازی و بازیابی تصویری مبتنی بر رابطه نیاکانی نمایه‌های TSVQ در سطوح مختلف تفکیک‌پذیری

امیرمسعود افتخاری مقدم

دانشجوی دکترا

گروه کامپیوتر، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی

جمشید شنبه‌زاده

استادیار

گروه مهندسی کامپیوتر، دانشگاه تربیت معلم

فریبرز محمودی

دانشجوی دکترا

گروه کامپیوتر، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی

حمید سلطانیان‌زاده

دانشیار

گروه برق و کامپیوتر، دانشکده فنی، دانشگاه تهران

چکیده

در طراحی الگوریتم‌های بازیابی تصویری در قلمرو فشرده‌شده، روش فشرده‌سازی تصویری باید علاوه بر ویژگی‌های مورد نیاز برای کد کردن تصویر، قابلیت دستیابی به محتوای تصویر را نیز داشته باشد. همبستگی میان اجزاء تصویر یکی از پارامترهای مهمی است که محتوای تصویر را به خوبی بیان می‌کند. با این نگرش، ما در این مقاله از مشخصه نیاکانی نمایه‌های بدست آمده از TSVQ، برای ایجاد یک بردار ویژگی استفاده نموده و یک روش جدید نمایه‌سازی تصویری در قلمرو فشرده‌شده ارائه کرده‌ایم. این بردار ویژگی قابلیت توصیف محتوای تصویر را در تفکیک‌پذیری‌های مختلف دارد و مستقل از چرخش، انتقال و مقیاس تصویر است. در این مقاله میزان دقت و نرخ فراخوانی روش جدید که در ایجاد بردار ویژگی آن از همبستگی درون‌بلوکی و بین‌بلوکی تصویر استفاده شده است با روش بازیابی مبتنی بر VQ که در بردار ویژگی آن، صرفاً اطلاعات همبستگی درون‌بلوکی بکار رفته است و روش بازیابی مبتنی بر هیستوگرام روشی در قلمرو پیکسل که هیچگونه اطلاعات همبستگی در بردار ویژگی آن وجود ندارد مقایسه شده است. همانگونه که انتظار داشتیم نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که افزایش اطلاعات همبستگی در بردار ویژگی موجب بهبود عملکرد الگوریتم گردیده و میانگین میزان دقت روش جدید نسبت به دو روش فوق‌ترتیب $1/56$ و $4/22$ برابر و میانگین نرخ فراخوانی آن نسبت به دو روش مذکور برترتیب $1/51$ و $3/36$ برابر افزایش یافته است.

کلمات کلیدی

بازیابی تصویر، نمایه‌سازی تصویر، قلمرو فشرده‌شده، پایگاه داده تصویری، همبستگی درون‌بلوکی، همبستگی بین‌بلوکی، ساختار نیاکانی نمایه‌های TSVQ.

Image Indexing and Retrieval Based on the Genealogical Relation of Indices of TSVQ

A.M. Eftekhari Moghadam

Ph.D. Student

Department of Computer Engineering
Science and Research Center
Islamic Azad University

J. Shanbehzadeh

Assistant Professor

Department of Computer Engineering
Tarbiat Moalem University

F. Mahmoudi

Ph.D. Student

Department of Computer Engineering
Science and Research Center
Islamic Azad University

H. SoltanianZadeh

Associate Professor

Department of Electrical and Computer
Engineering
Tehran University

In Compressed domain image retrieval, the image compression methods must be selected which include image content accessibility. Image correlation is a significant feature that describes image content. With this approach, in this paper a new image-indexing scheme in compressed domain will be proposed. The new scheme exploits the genealogical relation of indices obtained from TSVQ-based compression method and generates a feature vector as index of the image. This feature vector is capable to describe image content at different resolutions and is robust against the scaling, rotation and translation variations. This paper compares the effectiveness of the new scheme with two similar methods; the VQ and the color-based schemes in the compressed and pixel domain, respectively. VQ is a compression scheme that exploits only intra-block correlation and color-based scheme avoids any image correlation for generating feature vector; whereas the TSVQ scheme exploits inter-block as well as intra-block correlation of image. In the VQ and color based methods, the role of image correlation is less than the TSVQ-based scheme, consequently TSVQ-based scheme provides better retrieval results. The experimental results show as exploiting of image correlation in generating of feature vector becomes more, the effectiveness of image retrieval scheme increases. In this regard, the experimental results show that the precision rate of the TSVQ-based scheme is 1.56 and 4.22 times better than the VQ and color based schemes, respectively. These ratios for recall rate are 1.51 and 3.36, respectively.

Keywords

Image retrieval, Image indexing, Image compression, Image databases, Intra-block correlation, Inter-block correlation, Genealogical relation of TSVQ's indices.

مقدمه

تصویر در قلمرو پیکسل بطور مؤثری استفاده می‌شوند، پس از فشرده‌زدایی^۷ تصویر فشرده‌شده، قابل دسترسی نمی‌باشند.

هدف اغلب روش‌های فشرده‌سازی تصویر، بهینه کردن سه پارامتر اعوجاج سیگنال، نرخ بیت و پیچیدگی کدکردن^۸ است. چنانچه در طراحی الگوریتم‌های فشرده‌سازی تصویر علاوه بر در نظر گرفتن سه پارامتر فوق، معیار چهارم قابلیت دستیابی محتوای تصویری^۹ [۲] مورد توجه قرار گیرد تصویر فشرده‌شده دربرگیرنده ویژگی‌هایی می‌شود که بیانگر محتوای تصویر است و می‌توان در بازیابی و نمایه‌سازی تصویر از آنها استفاده نمود [۳-۴]. به عبارت دیگر برخی روش‌های موجود فشرده‌سازی، تصویر را از قلمرو پیکسل به فضای فشرده‌شده‌ای انتقال می‌دهند که با آشکار شدن ویژگی‌هایی از تصویر که دربردارنده اطلاعاتی در مورد همبستگی میان پیکسل‌های تصویر فشرده نشده هستند میزان مؤثر بودن^{۱۰} الگوریتم‌های بازیابی تصویر نسبت به روش‌های مشابه در قلمرو پیکسل بطور قابل توجهی بهبود می‌یابد. بطور مثال همانگونه که نتایج شبیه‌سازی در این مقاله نشان می‌دهد، میزان مؤثر بودن الگوریتم بازیابی ایدریس و پانچاناتان [۵] که از تصاویر فشرده‌شده مبتنی بر VQ^{۱۱}، هیستوگرام نمایه‌ها را استخراج می‌کند نسبت به الگوریتم نمایه‌سازی رنگ سواین و بالارد [۶] در قلمرو پیکسل که از پیکسل‌های تصویر هیستوگرام رنگ را استخراج می‌کند به میزان قابل توجهی بیشتر است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در آینده‌ای نزدیک هم‌راستا

امروزه تحولات چشمگیری در توسعه سیستم‌های اطلاعاتی تصویری پدید آمده است. حجم انبوه اطلاعات تصویری در این سیستم‌ها، از طرفی ضرورت انتقال و ذخیره تصاویر در شکل‌های فشرده‌شده را مطرح می‌کند و از طرف دیگر برای دسترسی به این حجم انبوه تصاویر، لزوم بکارگیری سیستم‌های بازیابی تصویر جهت جستجوی تصاویر مورد نظر احساس می‌شود. سیستم‌های بازیابی تصویر مبتنی بر محتوای (CBIR)^۱ به دو گروه تقسیم می‌شوند. گروه اول سیستم‌های بازیابی در قلمرو پیکسل هستند که بر اساس ویژگی‌هایی از تصویر اصلی مثل رنگ، شکل و بافت تصویر عمل می‌کنند. در این سیستم‌ها تصویر اصلی از فضای پیکسل مستقیماً به فضای ویژگی منتقل و در این فضا میزان مشابهت تصاویر با هم سنجیده می‌شود. گروه دوم سیستم‌های بازیابی در قلمرو فشرده‌شده هستند که ابتدا تصویر اصلی از فضای پیکسل به یک فضای فشرده‌شده منتقل و پس از آن تصویر فشرده‌شده به فضای ویژگی نگاشت می‌شود. بنابراین با توجه به اینکه امروزه پایگاه‌های داده تصویری^۲ بصورت فشرده‌شده وجود دارند و از طرف دیگر برای رسیدن به PSNR^۳ نسبتاً بالا در نرخ بیت^۴ پایین، الگوریتم‌های فشرده‌سازی با اتلاف^۵ نسبت به بی‌اتلاف^۶ از برتری قابل توجهی برخوردارند، می‌توان نتیجه گرفت که در آینده‌ای نزدیک سیستم‌های بازیابی تصویر به سمت سیستم‌های در قلمرو فشرده‌شده حرکت می‌کنند [۱]؛ زیرا با فرض وجود پایگاه‌های داده تصویری بصورت فشرده‌شده، برخی ویژگی‌های تصویر که در بازیابی

نمودن تحقیقات در زمینه‌های فشرده‌سازی تصویر و بازیابی تصویر امری اجتناب‌ناپذیر است.

روش فشرده‌سازی VQ (کوانتیزاسیون برداری) ماهیتاً یک روش نمایه‌سازی است. VQ نگاشت یک فضای برداری k بعدی بر روی یک کتاب‌گد با تعداد محدودی عضو به نام کلمه‌گد است (فشرده‌سازی). هر کلمه‌گد بیان‌کننده یک بردار در فضای k بعدی است و با یک نمایه نشان داده می‌شود و از این نمایه برای بازسازی فضای برداری k بعدی استفاده می‌شود (فشرده‌زدایی). در VQ یک تصویر به بلوک‌های کوچک تقسیم می‌شود. به هر بلوک یک نمایه از کتاب‌گد اختصاص می‌یابد و فایلی از نمایه‌ها به عنوان تصویر فشرده‌شده در نظر گرفته می‌شود. این نمایه‌ها خصوصیات بلوک‌های تصویر را توصیف می‌کنند. از آنجاییکه این نمایه‌ها اطلاعاتی در مورد پیکسل‌های یک بلوک و همبستگی میان آنها (همبستگی درون‌بلوکی^{۱۲}) را بیان می‌کنند [۷-۸] اطلاعات دقیق‌تری از محتوای تصویر نسبت به ویژگی رنگ یک پیکسل که هیچگونه اطلاعاتی در مورد همبستگی میان پیکسل‌های یک تصویر را بیان نمی‌کند فراهم می‌کند.

ایدیس و پانچاناتان [۹-۵،۱۱] دو روش نمایه‌سازی مبتنی بر VQ در قلمرو فشرده‌شده ارائه کرده‌اند. آنها از هیستوگرام نمایه‌ها^{۱۳} و نقشه استفاده^{۱۴} به عنوان بردار ویژگی استفاده کرده‌اند. این بردارهای ویژگی صرفاً در بردارنده اطلاعات سراسری تصویر فشرده‌شده هستند و موقعیت مکانی بلوک‌های تصویر را نمایش نمی‌دهند. به عبارت دیگر این بردارهای ویژگی، اطلاعاتی در مورد همبستگی درون‌بلوکی و نه همبستگی بین‌بلوکی^{۱۵} فراهم می‌کنند. این مسئله، میزان مؤثر بودن الگوریتم‌های بازیابی تصویر را تحت تأثیر قرار می‌دهد؛ زیرا همبستگی بین بلوک‌های یک تصویر اطلاعات زیادی در باره محتوای تصویر فراهم می‌کند که در نظر گرفتن این اطلاعات در بازیابی تصویر موجب افزایش میزان مؤثر بودن بازیابی می‌شود. در [۱۲] یک روش بازیابی مبتنی بر VQ ارائه شده است که با استفاده از فقط اطلاعات رنگ تصویر و بدون بهره‌برداری از وابستگی میان بلوک‌های تصویر، میزان مؤثر بودن بازیابی را بهبود داده است. اگرچه استفاده از اطلاعات رنگ موجب بهبود الگوریتم‌های بازیابی می‌شود اما برای این منظور ویژگی‌های دیگری از تصویر، از اهمیت بیشتری برخوردارند.

جیانگ [۱۳-۱۴] با ارائه الگوریتم شمارش وزن‌دار شده کلمه‌گد^{۱۶}، تعداد کلمات گد متوالی در تصویر فشرده‌شده مبتنی بر VQ را در هیستوگرام نمایه‌ها محاسبه کرده و بطور غیرمستقیم موقعیت مکانی هر کلمه‌گد را در هیستوگرام نمایه‌ها منظور کرده است. در این الگوریتم

شمارش هر کلمه‌گد یک تابع وزنی غیرخطی از کلمات گد متوالی است. انتخاب تابع وزنی غیرخطی باید بگونه‌ای باشد که کلیه تصاویر موجود در پایگاه داده به یک فضای یک بعدی نگاشت شوند بطوری که هر دو تصویر غیرمشابه فاصله قابل قبولی از یکدیگر داشته باشد تا تطبیق اشتباه رخ ندهد. روش جیانگ به دلیل استفاده از همبستگی بین‌بلوکی نسبت به روش ایدیس و پانچاناتان از میزان مؤثر بودن بازیابی بهتری برخوردار است اما از دو مشکل برخوردار است: بار محاسباتی ایجاد بردار ویژگی زیاد است و انتخاب تابع وزنی غیرخطی بطوری که منجر به تطبیق اشتباه نشود دشوار است.

گام اول در بهبود الگوریتم‌های بازیابی تصویر در قلمرو فشرده‌شده انتخاب روش فشرده‌سازی تصویر است. با توجه به مطالبی که بیان شد روشی از عملکرد بهتر برخوردار است که در آن همبستگی میان اجزاء تصویر بیشتر در نظر گرفته شده باشد. تاکنون روش‌های متعدد فشرده‌سازی مبتنی بر VQ ارائه شده است که در آنها همبستگی بین‌بلوکی در نظر گرفته شده است [۱۵-۲۱]. یک گروه از روش‌های سریع و ساده، VQهای مبتنی بر فشرده‌سازی نمایه^{۱۷} است که توسط شنبه‌زاده و همکاران [۱۹-۲۱] ارائه شده است. این روش‌ها همانند روش اصلی VQ از مزیت سادگی گدکننده-گدگشا^{۱۸} برخوردار هستند و با بکارگیری یک روش فشرده‌سازی بی‌اتلاف بر روی نمایه‌های بدست آمده از روش اصلی VQ، نرخ فشرده‌سازی بطور قابل توجهی افزایش یافته است. روش‌های فشرده‌سازی بی‌اتلاف از همبستگی بین‌بلوکی برای فشرده‌سازی نمایه‌ها استفاده می‌کنند. یکی از روش‌های موفق این گروه فشرده‌سازی مبتنی بر رابطه نیاکانی نمایه‌های TSVQ^{۱۹} است که در نرخ‌های بیت پایین از کارایی بسیار خوبی برخوردار است [۲۱-۲۲].

نمایه‌های بدست آمده از TSVQ دو ویژگی مفید دارند. اول، آنها اطلاعاتی در باره همبستگی بین دو بلوک مجاور در یک تصویر فشرده‌شده در سطوح تفکیک‌پذیری مختلف که بستگی به عمق کتاب‌گد TSVQ دارد فراهم می‌کنند. اگر همبستگی میان دو بلوک مجاور از تصویر بسیار زیاد باشد ممکن است نمایه یکسان داشته و یا دارای نمایه‌ای باشند که نیاکان یکسان داشته باشند؛ برای مثال بسته به سطوح کوانتیزاسیون، دارای والدین یکسان یا پدربزرگ یکسان باشند. در تصاویر طبیعی بلوک‌های مجاور زیادی وجود دارد که نمایه‌های آنها نیاکان یکسانی دارند و این ناشی از وجود همبستگی بین‌بلوکی زیاد در آنها است. دوم، این نمایه‌ها خصوصیات پیکسل‌های مجاور یک بلوک از تصویر مثل هموار بودن یا لبه‌های یک ناحیه را بیان می‌کنند. ما در این مقاله با انتخاب روش فشرده‌سازی

مبتنی بر رابطه نیاکانی نمایه‌های TSVQ از همبستگی درون‌بلوکی و بین‌بلوکی تصویر فشرده‌شده جهت بهبود میزان مؤثر بودن الگوریتم‌های بازیابی مبتنی بر VQ استفاده کرده‌ایم. بنابراین نوآوری این مقاله از دو نگرش قابل بررسی است. نگرش اول انتخاب روش فشرده‌سازی است که بطور بالقوه قابلیت دستیابی محتوای تصویری را داشته باشد. نگرش دوم استخراج بردار ویژگی مبتنی بر همبستگی درون‌بلوکی و بین‌بلوکی بلوک‌های تصویر که در الگوریتم‌های بازیابی در قلمرو فشرده‌شده باید مورد توجه قرار گیرد تا نسبت به روش‌های بازیابی در قلمرو پیکسل از برتری نسبی برخوردار باشند.

در این مقاله پس از بخش اول که به مقدمه اختصاص داده شد مطالب ذیل ارائه می‌شود. در بخش دوم الگوریتم فشرده‌سازی تصویر مبتنی بر رابطه نیاکانی نمایه‌های TSVQ توضیح داده می‌شود. در بخش سوم طراحی بردار ویژگی هیستوگرام نیاکان نمایه‌های TSVQ تشریح می‌شود. این هیستوگرام از ۸ زیرهیستوگرام تشکیل شده است و هر زیرهیستوگرام محتوای تصویر را در یکی از سطوح تفکیک‌پذیری نمایش می‌دهد. در بخش چهارم بحث و بررسی نتایج بدست آمده از شبیه‌سازی‌ها مطرح می‌شود. در این بخش اجزاء یک بستر آزمایش بازیابی تصویر ارائه و سپس عملکرد روش ارائه شده در این مقاله با سایر روش‌ها از جنبه‌های مختلف مقایسه می‌شود. بخش پایانی به نتیجه‌گیری اختصاص داده شده است.

۱- فشرده‌سازی تصویر مبتنی بر رابطه نیاکانی نمایه‌های TSVQ

روش فشرده‌سازی مبتنی بر رابطه نیاکانی نمایه‌های TSVQ از یک مجموعه کتاب‌گد با ساختار TSVQ با n سطح استفاده می‌کند که اندازه کتاب‌گد سطح k ام $(1 \leq k \leq n)$ و 2^k نمایه‌های آن k بیتی است. در این روش تصویر اولیه به بلوک‌هایی تقسیم می‌شود و برای هر بلوک نمایه‌ای از کتاب‌گد سطح k ام ایجاد می‌شود. به دلیل وجود همبستگی میان اجزاء تصویر ممکن است دو بلوک مجاور دارای نمایه‌های یکسان باشند و یا در ۱، ۲، ... و $k-1$ بیت کم‌ارزش از نمایه‌شان اختلاف داشته باشند که به ترتیب دارای والدین، پدر بزرگ، ... و اجداد یکسان هستند. در این روش فشرده‌سازی برای بلوک‌های مجاور تصویر بیت‌های پرارزش یکسان از نمایه آنها که نیاکان مشترک آنها را نمایش می‌دهد فقط یک بار در فایل نمایه‌ها ذخیره می‌شود. همچنین بیت‌های کم‌ارزش از نمایه هر یک از بلوک‌ها که با بلوک مجاور آن اختلاف دارد در فایل نمایه‌ها ذخیره می‌شود. به این ترتیب در این روش فشرده‌سازی

علاوه بر استفاده از همبستگی درون‌بلوکی که ناشی از روش VQ است همبستگی بین‌بلوکی نیز به میان آمده است. ما این ویژگی روش فشرده‌سازی مبتنی بر رابطه نیاکانی نمایه‌های TSVQ را در بازیابی تصویر استفاده کرده‌ایم.

بنابراین تصویر فشرده‌شده مبتنی بر رابطه نیاکانی نمایه‌های TSVQ را در n سطح تفکیک‌پذیری می‌توان در نظر گرفت. در پایین‌ترین سطح تفکیک‌پذیری، بلوک‌های تصویر به دو کلمه‌گد متعلق به کتاب‌گد سطح اول نگاهت می‌شوند. در این صورت به دلیل همبستگی بین‌بلوکی، تصویر فشرده‌شده شامل نواحی پیوسته‌ای با نمایه‌های یک بیتی است. در بالاترین سطح تفکیک‌پذیری بلوک‌های تصویر به 2^n کلمه‌گد متعلق به کتاب‌گد سطح n ام نگاهت می‌شوند و تصویر فشرده‌شده شامل نواحی پیوسته‌ای با نمایه‌های n بیتی است. منظور از یک ناحیه پیوسته در تفکیک‌پذیری سطح k ام، بلوک‌های مجاور به هم پیوسته‌ای هستند که نیاکان نمایه‌های آنها در k بیت یکسان است. برای پیوستگی بلوک‌های مجاور در تصویر فشرده‌شده از همسایه‌های با اتصال ۴ گانه^{۲۰} و همسایه‌های با اتصال ۸ گانه^{۲۱} استفاده می‌شود.

در این روش فشرده‌سازی هر ناحیه پیوسته با نمایه یک بیتی، شامل نواحی پیوسته‌ای با نمایه‌های ۲ بیتی است و بصورت سلسله‌مراتبی هر ناحیه پیوسته با نمایه $l-1$ بیتی $(2 \leq l \leq n)$ شامل نواحی پیوسته‌ای با نمایه‌های l بیتی است. بنابراین روش فشرده‌سازی فوق از ویژگی تفکیک‌پذیری چندگانه^{۲۲} برخوردار است. شکل ۱، یک تصویر نمونه را در قلمرو پیکسل نشان می‌دهد. شکل‌های ۲-آ تا ۲-پ تصاویر بازسازی (فشرده‌زدایی) شده از کتاب‌های گد TSVQ در سطوح ۱، ۴ و ۸ را نشان می‌دهد که در واقع نمایش تصویر در سه سطح تفکیک‌پذیری مختلف است.

۲- هیستوگرام نیاکان نمایه‌های TSVQ^{۲۳}

تعداد نواحی پیوسته تصویر فشرده‌شده Q در تفکیک‌پذیری‌های مختلف، اطلاعاتی در مورد محتوای تصویر بیان می‌کنند [۲۳]. ما از این مشخصه نیاکانی نمایه‌ها برای ایجاد یک بردار ویژگی استفاده کرده‌ایم. این بردار ویژگی، هیستوگرام نیاکان نمایه‌های TSVQ نامیده می‌شود و با $TIAH(Q)$ نمایش داده می‌شود. با فرض فشرده‌سازی تصویر در ۸ سطح تفکیک‌پذیری، $TIAH(Q)$ از ۸ زیرهیستوگرام مجزا به نام $TIAH_i(Q)$ $(1 \leq i \leq 8)$ تشکیل می‌شود و هر زیرهیستوگرام محتوای تصویر را در یکی از سطوح تفکیک‌پذیری نشان می‌دهد. میله z ام از

۳-الف تا ۳-ح، زیرهیس توگرام های نیاکان نمایه های TSVQ را برای هر یک از تصاویر فشرده زدایی شده در تفکیک پذیری های ۸ گانه در شکل ۲ نشان می دهد. همانگونه که در شکل ۳ مشاهده می شود زیرهیس توگرام های نیاکان نمایه های TSVQ از مزیت تفکیک پذیری چندگانه برخوردارند و با افزایش سطح تفکیک پذیری جزئیات بیشتری از محتوای تصویر را نمایش می دهند.



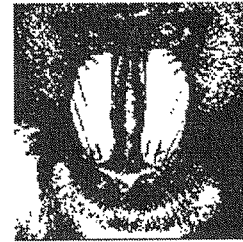
شکل (۱) تصویر اولیه Mandrill.



(پ)



(ب)



(ت)

شکل (۲) تصاویر فشرده زدایی شده Mandrill به روش TSVQ از: آ- کتاب کد سطح ۱؛ ب- کتاب کد سطح ۴؛ پ- کتاب کد سطح ۸

۳- نتایج شبیه سازی

می شوند. در سیستم های بازیابی تصویر معیار شباهت دو تصویر، فاصله بردارهای ویژگی آنها است و باید با معیارهای ادراکی انسان سازگاری داشته باشد. بنابراین برای ارزیابی یک سیستم بازیابی تصویر ایجاد یک بستر آزمایش که در آن معیار فاصله دو بردار ویژگی، پایگاه داده تصویری، مجموعه تصاویر محک پرس و جو، مجموعه تصاویر مرتبط با هر یک از تصاویر پرس و جو و معیارهای کمی ارزیابی میزان مؤثر بودن بازیابی تعریف و مشخص شده باشند ضروری است [۲۸-۲۴].

الف- معیار فاصله: در این مقاله بری تعیین فاصله دو بردار ویژگی متعلق به تصاویر Q و D از سیار خطای مطلق d_1 مطابق رابطه ذیل استفاده شده است:

$$d_1(TIAH_i(Q), TIAH_i(D)) = \sum_{j=1}^{2^i} |TIAH_{ij}(Q) - TIAH_{ij}(D)| \quad (1)$$

ب- پایگاه داده تصویری: آزمایشات ما بر روی یک پایگاه داده تصویری شامل ۱۰۰۰۰ تصویر JPEG از

زیرهیس توگرام $TIAH_i(Q)$ ($1 \leq j \leq 2^i$) تعداد نواحی پیوسته تصویر Q با نمایه z در تفکیک پذیری i ام را نشان می دهد و با $TIAH_{ij}(Q)$ نمایش داده می شود.

بدیهی است که با افزایش تفکیک پذیری تصویر، اطلاعات بیشتری از تصویر نمایان می شود و با استفاده از بردار ویژگی که قابلیت نمایش اطلاعات تصویر را در تفکیک پذیری های مختلف داشته باشد بازیابی تصویر از مزیت تفکیک پذیری چندگانه برخوردار می شود. شکل های

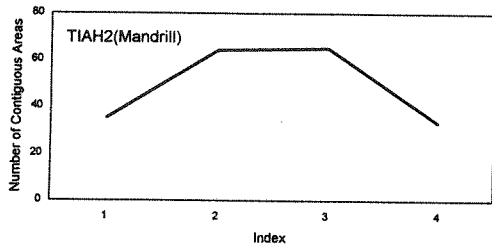
در این بخش نتایج بدست آمده از شبیه سازی ها بحث و بررسی می شود. در ابتدا اجزاء اصلی یک بستر آزمایش بازیابی تصویر را تشریح می کنیم. پس از آن روش بازیابی مبتنی بر TSVQ را از جنبه استفاده از اتصال ۴ گانه و ۸ گانه بررسی می کنیم. سپس تأثیر استفاده از همبستگی در الگوریتم های بازیابی که منجر به افزایش کارایی می شود بیان می شود. پس از آن مقایسه ای بین روش های بازیابی مبتنی بر TSVQ و VQ در نرخ های مختلف فشرده سازی انجام می شود. در بخش بعد زمان مورد نیاز جهت ساختن بردار ویژگی در روش های مختلف مقایسه می شوند و در خاتمه نقاط قوت و ضعف روش جدید بررسی می شود.

۳-۱- بستر آزمایش بازیابی تصویر

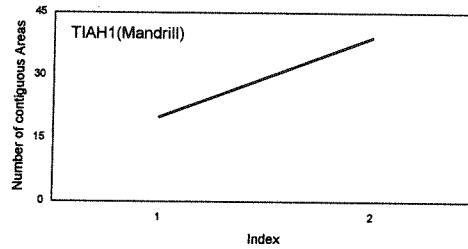
هدف یک سیستم بازیابی تصویر، بازیابی تصاویر مرتبط^{۲۴} با یک تصویر پرس و جو^{۲۵} از یک پایگاه داده تصویری با ترتیب رتبه^{۲۶} است. به عبارت دیگر در بازیابی تصویر، تصاویر مشابه با یک تصویر از پایگاه داده تصویری استخراج و از لحاظ میزان شباهت بصورت نزولی مرتب

می‌باشد. این مجموعه تصاویر با عنوان 10,000 Photos از
 شرکت Greenstreet Software Specialists (www.gstsoft.com) تهیه شده است.

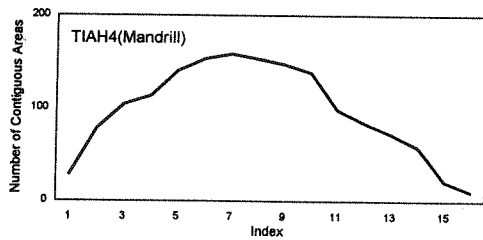
کلاس‌های مختلف انجام شده است. ابعاد اکثریت تصاویر این
 پایگاه داده 435×678 و 678×435 است. این پایگاه داده
 تصویری شامل کلاس‌های متنوعی از تصاویر حیوانات،
 مناظر، گیاهان، انسان‌ها، بافت‌ها، تصاویر صورت، نقاشی و ...



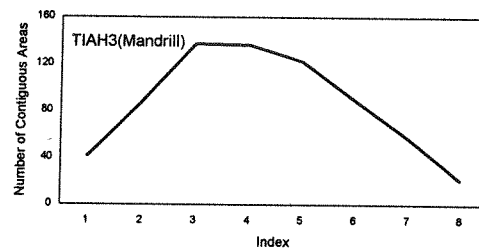
ب- سطح ۲ تفکیک پذیری



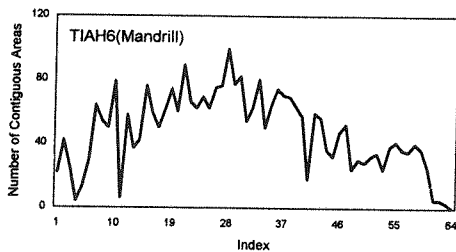
آ- سطح ۱ تفکیک پذیری



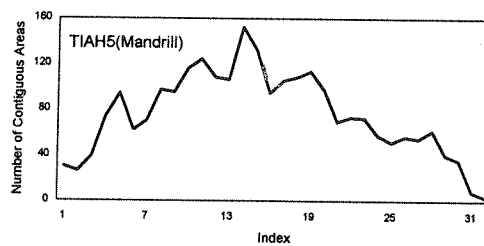
ت- سطح ۴ تفکیک پذیری



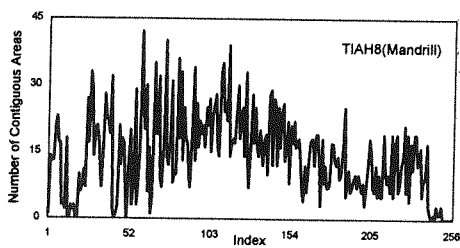
پ- سطح ۳ تفکیک پذیری



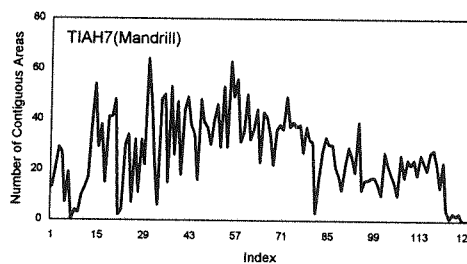
ج- سطح ۶ تفکیک پذیری



ث- سطح ۵ تفکیک پذیری



ح- سطح ۸ تفکیک پذیری



چ- سطح ۷ تفکیک پذیری

شکل (۳) زیرهستوگرام‌های نیاکان نمایه‌های TSVQ برای تصویر فشرده‌زدايي شده Mandrill در ۸ سطح تفکیک پذیری.

پ- مجموعه تصاویر محک پرسوجو و مجموعه

تصاویر مرتبط: تصویر پرسوجو تصویری است که به سیستم بازیابی تصویر ارائه می‌شود و سیستم، تصاویر مرتبط با آن را در پایگاه داده تصویری جستجو نموده و در خروجی نمایش می‌دهد. تصویر مرتبط با یک تصویر پرسوجو، تصویری است که بر اساس معیارهای ادراکی انسان، مشابه تصویر پرسوجو باشد. بنابراین هر تصویر پرسوجو، یک مجموعه تصاویر مرتبط با خود دارد. در انتخاب مجموعه تصاویر پرسوجو و تصاویر مرتبط با آنها باید معیارهای زیر مورد توجه قرار گیرد: (۱) حداقل یک تصویر مرتبط با هر تصویر پرسوجو در پایگاه داده وجود داشته باشد که مجموعه تصاویر مرتبط با آن تهی نشود؛ (۲) حتی‌الامکان از هر کلاس مختلف تصویری در پایگاه داده، یک تصویر پرسوجو انتخاب شود؛ (۳) مجموعه تصاویر پرسوجو و تصاویر مرتبط با آنها بگونه‌ای انتخاب شود که قابلیت‌های الگوریتم‌های بازیابی تصویر نظیر مستقل بودن از چرخش، انتقال و مقیاس را آشکار و نقاط قوت و ضعف سیستم بازیابی را بیان کند؛ (۴) در این تحقیق تصاویر پرسوجو و تصاویر مرتبط با هر یک توسط سه گروه دو نفره انتخاب شده است و تصاویر انتخابی توسط هر گروه، توسط دو گروه دیگر مورد تأیید قرار گرفته است. با در نظر گرفتن موارد فوق، از میان تصاویر پایگاه داده ۵۲ تصویر به عنوان تصویر پرسوجو انتخاب و از پایگاه داده تصویری حذف شده‌اند. در این بستر آزمایش تعداد تصاویر مرتبط با هر تصویر پرسوجو بین ۱ تا ۶ تصویر است.

ت- معیارهای کمی ارزیابی میزان مؤثر بودن: در

فرآیند بازیابی ابتدا یک تصویر پرسوجو Q به سیستم اعمال می‌شود. سیستم k تصویر را به ترتیب رتبه بازیابی نموده و نمایش می‌دهد. برای ارزیابی میزان مؤثر بودن بازیابی نسبت به تصویر پرسوجوی Q از دو معیار نرخ فراخوانی^{۲۷} و میزان دقت^{۲۸} که به ترتیب با R و P نمایش داده می‌شود استفاده شده است. نرخ فراخوانی تصویر Q ، تعداد تصاویر مرتبط Q موجود در k تصویر بازیابی شده نسبت به تعداد تصاویر مرتبط Q موجود در پایگاه داده تصویری است و بوسیله فرمول زیر محاسبه می‌شود [۲۷]:

$$R(Q) = \frac{|\{I_m | Rank(I_m) \leq k, 1 \leq m \leq n\}|}{n} \quad (۲)$$

I_m تصویر مرتبط m ام تصویر پرسوجوی Q است. n تعداد تصاویر مرتبط تصویر Q است که در پایگاه داده تصویری موجود است. چنانچه n تصویر مرتبط با تصویر Q

در میان k تصویر بازیابی شده باشد نرخ فراخوانی برابر یک و چنانچه هیچ تصویر مرتبط با تصویر Q در میان k تصویر بازیابی شده نباشد نرخ فراخوانی برابر صفر است. میزان دقت تصویر Q ، رتبه تصاویر مرتبط بازیابی شده با تصویر Q را نشان می‌دهد. چنانچه در فرآیند بازیابی n تصویر مرتبط تصویر Q به ترتیب در رتبه ۱ تا n قرار گرفته باشند میزان دقت برابر یک و چنانچه هیچ تصویر مرتبط با تصویر Q در میان k تصویر بازیابی شده نباشد میزان دقت برابر صفر می‌شود. میزان دقت مطابق فرمول زیر و بر مبنای سری کلاسیک فیبوناچی که معمولاً در ارزیابی مسایل رتبه‌بندی استفاده می‌شود محاسبه می‌شود [۲۸]:

$$P(Q) = \frac{\sum_{m=1}^n fib(Rank(I_m))}{\sum_{m=1}^n fib(m)} \quad (۳)$$

تابع $fib(i)$ مطابق فرمول زیر تعریف می‌شود:

$$fib(i) = \begin{cases} 0 & i > k \\ 1 & i = k \\ 2 & i = k - 1 \\ fib(i+1) + fib(i+2) & 1 \leq i \leq k - 2 \end{cases} \quad (۴)$$

در این شبیه‌سازی $k=24$ در نظر گرفته شده است.

برای هر یک از تصاویر پرسوجو، نرخ فراخوانی و میزان دقت بطور مجزا محاسبه می‌شود و سپس با محاسبه میانگین آنها برای ۵۲ تصویر پرسوجو، میانگین نرخ فراخوانی و میانگین میزان دقت الگوریتم بازیابی تصویر تعیین می‌شود.

۳-۲- ارزیابی روش بازیابی مبتنی بر TSVQ با

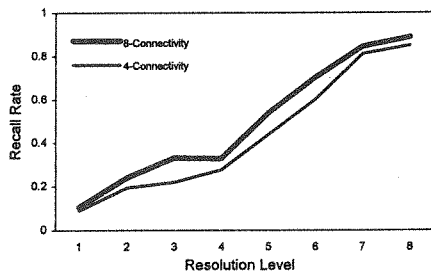
استفاده از اتصال ۸ گانه و اتصال ۴ گانه

شکل‌های ۴ و ۵ بترتیب منحنی میانگین میزان دقت و نرخ فراخوانی روش بازیابی مبتنی TSVQ را در کلیه سطوح تفکیک‌پذیری نمایش می‌دهد. از این اشکال نتایج زیر حاصل می‌شود: (۱) با افزایش سطح تفکیک‌پذیری تصویر و کاهش نرخ فشردگی تصویر، ابعاد بردار ویژگی افزایش یافته و اطلاعات بیشتری از محتوای تصویر در آن پدیدار می‌شود و نتیجتاً عملکرد روش بازیابی مبتنی بر TSVQ بطور قابل توجهی بهبود می‌یابد؛ (۲) استفاده از اتصال ۸ گانه نسبت به اتصال ۴ گانه در ایجاد بردار ویژگی، به دلیل بهره‌برداری بیشتر از همبستگی میان نواحی تصویر، عملکرد الگوریتم بازیابی را بهبود می‌بخشد.

۳-۳- مقایسه چهار روش بازیابی تصویر از

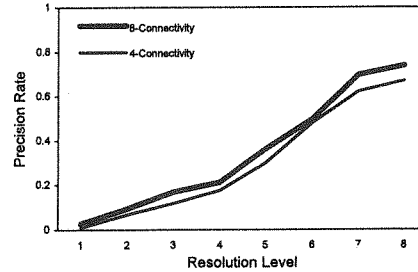
جنبه میزان استفاده از همبستگی

در این بخش چهار روش بازیابی تصویر که در یک بستر آزمایش یکسان شبیه‌سازی شده‌اند با یکدیگر مقایسه می‌شوند. در این شبیه‌سازی اطلاعات رنگ تصویر استفاده نشده است و فقط اطلاعات سطح روشنایی تصویر بکار رفته است. در این مقایسه تأثیر استفاده از همبستگی بین اجزاء تصویر در بردار ویژگی برای افزایش کارایی الگوریتم‌های بازیابی تصویر نشان داده می‌شود. به عبارت دیگر هر چه اطلاعات همبستگی میان اجزاء تصویر در بردار ویژگی بیشتر در نظر گرفته شود میزان دقت و نرخ فراخوانی بازیابی تصویر افزایش خواهد یافت. در پایان این بخش تأثیر استفاده از اطلاعات رنگ به جای اطلاعات روشنایی در یکی از الگوریتم‌های مذکور بررسی می‌شود.



شکل (۵) منحنی میانگین نرخ فراخوانی الگوریتم مبتنی بر TSVQ در سطوح تفکیک پذیری ۸ گانه.

در واقع نتایج فوق از قبل هم قابل پیش‌بینی بوده‌اند. اما سؤالی که مطرح می‌شود این است که: روش بازیابی مبتنی بر TSVQ تا چه میزان قادر است از اطلاعات سطوح تفکیک‌پذیری بالاتر و همچنین اطلاعات همبستگی میان اجزاء تصویر جهت بهبود عملکرد بازیابی، بهره‌برداری نماید. این منحنی‌ها که نتایج شبیه‌سازی‌های انجام شده است نشان می‌دهند که روش بازیابی مبتنی بر TSVQ از اطلاعات سطوح تفکیک‌پذیری بالاتر و همچنین اطلاعات همبستگی میان نواحی و اجزاء تصویر بسیار خوب بهره‌برداری کرده است و نتایج حاصل شده است که با مبانی تئوری کاملاً سازگار است. در بخش بعد نیز نتایجی ارائه می‌شود که نشان می‌دهند روش جدید توانایی قابل توجهی در استفاده بهینه از اطلاعات همبستگی، جهت بهبود عملکرد بازیابی تصویر را دارد.



شکل (۶) منحنی میانگین میزان دقت الگوریتم مبتنی بر TSVQ در سطوح تفکیک‌پذیری ۸ گانه.

$$I = \frac{1}{3}(R + G + B) \quad (5)$$

که R ، G و B بترتیب مؤلفه‌های رنگ قرمز، سبز و آبی هر پیکسل در فضای رنگ RGB و I میزان روشنایی آن پیکسل است. هیستوگرام روشنایی تصویر، تعداد پیکسل‌های هر یک از سطوح روشنایی در تصویر را نمایش می‌دهد که هیچگونه اطلاعاتی از همبستگی میان پیکسل‌های تصویر در آن وجود ندارد.

الگوریتم اول که انتخاب شده است الگوریتم نمایه‌سازی رنگ [۶] است که در قلمرو پیکسل از هیستوگرام روشنایی^{۲۹} برای بازیابی استفاده می‌کند. ما در این شبیه‌سازی تصویر را به روش کوانتیزاسیون یکنواخت^{۳۰} از فضای رنگ RGB ^{۲۴} بعدی، به یک فضای روشنایی^۶ بعدی انتقال می‌دهیم. میزان روشنایی هر پیکسل طبق فرمول زیر محاسبه می‌شود [۵] و در واقع تصویر رنگی به یک تصویر خاکستری تبدیل می‌شود.

جدول (۱) مقایسه میانگین میزان دقت و میانگین نرخ فراخوانی چهار روش بازیابی تصویر.

روش مبتنی بر هیستوگرام روشنایی	روش مبتنی بر VQ با استفاده از کتاب‌کُد با اندازه ۲۵۶	روش مبتنی بر TSVQ در سطح ۸ تفکیک‌پذیری با استفاده از اتصال ۸ گانه	روش مبتنی بر TSVQ در سطح ۸ تفکیک‌پذیری با استفاده از اتصال ۸ گانه	
۰/۱۱۷۵	۰/۴۷۴	۰/۱۶۶۹	۰/۷۳۸	میانگین میزان دقت
۰/۲۶۴	۰/۵۹۰	۰/۱۸۵۰	۰/۱۸۸۸	میانگین نرخ فراخوانی

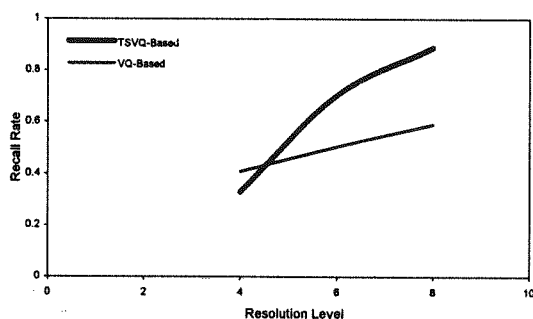
بازایی مبتنی بر هیستوگرام رنگ	بازایی مبتنی بر هیستوگرام روشنایی	
۰/۵۵۷	۰/۱۷۵	میانگین میزان دقت
۰/۷۱۶	۰/۲۶۴	میانگین نرخ فراخوانی

و میانگین نرخ فراخوانی چهار روش فوق با یکدیگر مقایسه شده است. همانطور که انتظار داشتیم با بهره‌گیری بیشتر از همبستگی میان اجزاء تصویر در چهار روش که در جدول ۱ از راست به چپ مشخص شده است، میانگین میزان دقت و میانگین نرخ فراخوانی بازایی تصویر بطور قابل توجهی افزایش یافته است.

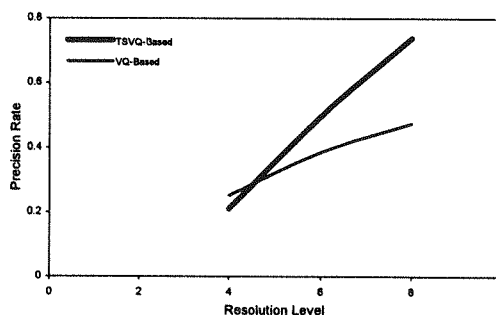
در الگوریتم‌های بازایی تصویر تأثیر دادن اطلاعات رنگ تصویر در بردار ویژگی، افزایش میزان دقت و نرخ فراخوانی را به همراه دارد. برای این منظور الگوریتم نمایه‌سازی رنگ [۶] در قلمرو پیکسل را با استفاده از هیستوگرام رنگ^{۳۱} نیز شبیه‌سازی نموده‌ایم. در این مرحله تصویر را توسط کوانتیزاسیون یکنواخت از فضای رنگ RGB^{۲۴} بعدی به فضای رنگ RGB^۲ بعدی انتقال داده و تعداد پیکسل‌های هر یک از رنگ‌های تصویر را بوسیله هیستوگرام رنگ نمایش داده‌ایم. جدول ۲ میانگین میزان دقت و میانگین نرخ فراخوانی الگوریتم‌های نمایه‌سازی رنگ مبتنی بر هیستوگرام روشنایی و هیستوگرام رنگ را نشان می‌دهد. در هر یک از این دو روش هیچگونه اطلاعات همبستگی در بردار ویژگی وجود ندارد. ولی در روش مبتنی بر هیستوگرام رنگ، به دلیل استفاده از اطلاعات رنگ در فرآیند بازایی، میزان دقت و نرخ فراخوانی بطور قابل توجهی افزایش یافته است.

روش دوم، الگوریتم بازایی مبتنی بر VQ [۵] است که در قلمرو فشرده‌شده از هیستوگرام نمایه‌ها برای بازایی استفاده می‌کند. در این روش ابتدا تصویر به بلوک‌های ۴×۴ تقسیم شده و سپس با استفاده از روش اصلی VQ فشرده می‌شود. در سطوح مختلف فشرده‌سازی، کتاب‌های کُد با اندازه‌های مختلف با استفاده از اطلاعات سطح روشنایی پیکسل‌ها که بین ۰ تا ۲۵۵ است ایجاد شده است. هیستوگرام نمایه‌ها، تعداد بلوک‌های هر یک از کلمات کُد موجود در تصویر را نمایش می‌دهد که در بردارنده اطلاعات همبستگی درون‌بلوکی می‌باشد.

روش‌های سوم و چهارم، الگوریتم‌های ارائه شده در این مقاله با استفاده از اتصال ۴ گانه و اتصال ۸ گانه هستند. در این الگوریتم‌ها نیز تصویر به بلوک‌های ۴×۴ تقسیم شده و برای ایجاد کتاب‌های کُد TSVQ از اطلاعات روشنایی پیکسل‌ها که بین ۰ تا ۲۵۵ است استفاده می‌شود. همانگونه که قبلاً توضیح داده شد، در این دو روش علاوه بر استفاده از همبستگی درون‌بلوکی، از همبستگی بین‌بلوکی نیز در ایجاد بردار ویژگی بهره‌برداری شده است. شبیه‌سازی‌ها در هر چهار روش در یک بستر آزمایش انجام شده است. در ساختن بردار ویژگی، اطلاعات رنگ تصاویر بکار نرفته است و فقط از اطلاعات سطح روشنایی تصاویر استفاده شده است. در جدول ۱ میانگین میزان دقت



شکل (۷) منحنی میانگین نرخ فراخوانی الگوریتم‌های بازایی مبتنی بر TSVQ و VQ.



شکل (۸) منحنی میانگین میزان دقت الگوریتم‌های بازایی مبتنی بر TSVQ و VQ.

جدول (۳) مقایسه میانگین زمان مورد نیاز برای ساختن بردار ویژگی توسط روش‌های مختلف بازایی تصویر. (واحد زمان بر حسب میلی ثانیه است.)

روش مبتنی بر TSVQ در سطح تفکیک‌پذیری								روش مبتنی بر هیستوگرام روشنایی	میانگین زمان ساختن بردار ویژگی
هشتم	هفتم	ششم	پنجم	چهارم	سوم	دوم	اول		
۳۹۸	۳۱۲	۲۵۵	۱۹۴	۱۳۶	۹۶	۵۹	۳۲	۵	۱۱۰



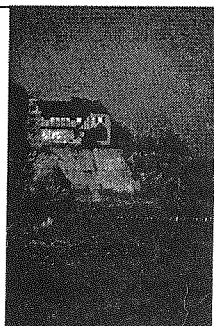
تصویر مرتبط ۳

تصویر مرتبط ۲

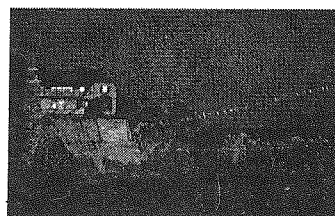
تصویر مرتبط ۱

تصویر پرس‌وجو

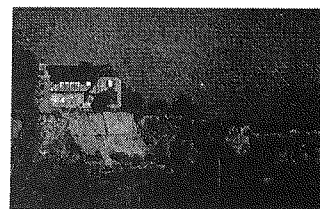
آ- تصویر گوریل



تصویر مرتبط ۲



تصویر مرتبط ۱

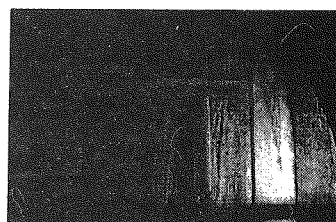


تصویر پرس‌وجو

ب- تصویر ساحل سنگی

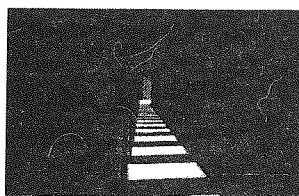


تصویر مرتبط ۱

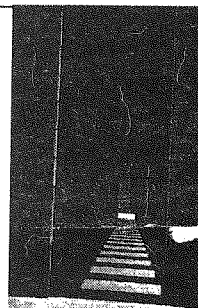


تصویر پرس‌وجو

پ- تصویر صلیب چوبی



تصویر مرتبط ۱



تصویر پرس‌وجو

ت- تصویر کوریدور ساختمان

شکل (۸) تصاویر انتخاب شده از مجموعه تصاویر پرس‌وجوی محکم و تصاویر مرتبط با آنها که نقاط قوت روش بازایی مبتنی بر TSVQ را نشان می‌دهند.

۳-۴- مقایسه روش‌های بازیابی مبتنی بر

TSVQ و VQ در نرخ‌های مختلف

فشرده‌سازی

در شکل‌های ۶ و ۷ به ترتیب منحنی میانگین میزان دقت و میانگین نرخ فراخوانی الگوریتم بازیابی مبتنی بر TSVQ با اتصال ۸ گانه در تفکیک‌پذیری‌های مختلف و الگوریتم بازیابی مبتنی بر VQ در نرخ‌های مختلف فشرده‌سازی نمایش داده و با یکدیگر مقایسه شده‌اند. همانگونه که قبلاً توضیح داده شد به دلیل استفاده از همبستگی بین‌بلوکی در الگوریتم بازیابی مبتنی بر TSVQ، میزان دقت و نرخ فراخوانی این الگوریتم نسبت به الگوریتم مبتنی بر VQ از برتری قابل توجهی برخوردار است.

۳-۵- مقایسه روش‌های بازیابی از جنبه زمان

لازم جهت ساختن بردار ویژگی

در این بخش زمان مورد نیاز برای ساختن بردار ویژگی در روش‌های بازیابی مبتنی بر هیستوگرام روشنایی، VQ و TSVQ را در یک محیط سخت‌افزاری و نرم‌افزاری یکسان با هم‌دیگر مقایسه می‌کنیم. بدیهی است زمان مورد نیاز برای ایجاد بردار ویژگی در روش‌هایی که در هر یک از بندهای ذیل آمده است برابر است: (۱) روش بازیابی مبتنی بر هیستوگرام روشنایی و هیستوگرام رنگ؛ (۲) روش‌های بازیابی مبتنی بر VQ با استفاده از کتاب‌کُد با اندازه‌های متفاوت؛ (۳) روش بازیابی مبتنی بر TSVQ با استفاده از اتصال ۴ گانه و اتصال ۸ گانه.

در جدول ۳ زمان مورد نیاز جهت ایجاد بردار ویژگی در سه روش بازیابی تصویر با یکدیگر مقایسه شده است. مقایسه زمان لازم برای ساختن بردار ویژگی در روش‌های مبتنی بر هیستوگرام روشنایی و VQ، مزیت بازیابی تصویر در قلمرو فشرده‌شده نسبت به قلمرو پیکسل را نشان می‌دهد. با توجه به اینکه در آزمایشات انجام شده، جهت فشرده‌سازی VQ تصویر به بلوک‌های 4×4 تقسیم شده است و از طرف دیگر نگرش مشابهی جهت ساختن بردار ویژگی در روش‌های بازیابی مبتنی بر هیستوگرام روشنایی و VQ وجود دارد، می‌توان نتیجه گرفت که حجم محاسبات در روش بازیابی مبتنی بر هیستوگرام روشنایی نسبت به VQ حداقل ۱۶ برابر است. علاوه بر این در روش بازیابی مبتنی بر هیستوگرام روشنایی برای کوانتیزاسیون فضای رنگ، سربرار زمانی مورد نیاز است. آزمایشات انجام شده، زمان لازم جهت ساختن بردار ویژگی در روش مبتنی بر هیستوگرام روشنایی و VQ را به ترتیب ۱۱۰ و ۵ میلی ثانیه نشان می‌دهد که موارد فوق را تأیید می‌کند. از طرف دیگر

با فرض اینکه در آینده‌ای نزدیک پایگاه‌های داده تصویری فقط به شکل فشرده شده وجود دارند، روش بازیابی مبتنی بر هیستوگرام روشنایی از سربرار زمانی دیگری برای فشرده‌زدایی تصاویر برخوردار است که با فرض بکارگیری روش VQ، آزمایشات انجام شده این سربرار زمانی را ۶۰ میلی ثانیه نشان می‌دهند.

ساختن بردار ویژگی در روش مبتنی بر TSVQ از پیچیدگی خاصی برخوردار است و زمان مورد نیاز آن بر خلاف دو روش قبل به محتوای تصویر بستگی دارد. هر چه همبستگی میان اجزاء تصویر بیشتر باشد زمان کمتری برای ساختن هیستوگرام نیاکان نمایه‌های TSVQ لازم است. در جدول ۳ میانگین زمان لازم برای ساختن زیرهیستوگرام‌های نیاکان نمایه‌های TSVQ برای ۲۰ تصویر پرس‌وجو در سطوح مختلف تفکیک‌پذیری محاسبه و نشان داده شده است. اگرچه میزان دقت و نرخ فراخوانی روش بازیابی مبتنی بر TSVQ در سطح تفکیک‌پذیری هشتم نسبت به VQ به ترتیب $1/56$ و $1/51$ برابر بهبود یافته است ولی زمان مورد نیاز برای ساختن بردار ویژگی بطور قابل توجهی افزایش یافته است. البته لازم به ذکر است که محاسبه بردار ویژگی تصاویر پایگاه داده بصورت برون‌خطی^{۳۳} انجام می‌شود و فقط محاسبه بردار ویژگی تصویر پرس‌وجو بصورت درون‌خطی^{۳۳} انجام می‌شود.

۳-۶- بررسی نقاط قوت و ضعف الگوریتم

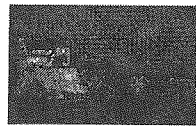

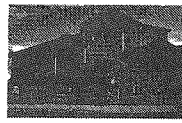









بازیابی مبتنی بر TSVQ

روش ارائه شده در این مقاله قابلیت بازیابی حوزه وسیعی از تصاویر مختلف را دارد. هیستوگرام نیاکان نمایه‌های TSVQ، مستقل از مقیاس، انتقال و چرخش تصویر است و قابلیت بازیابی در تفکیک‌پذیری‌های مختلف را فراهم می‌کند. اما از آنجاییکه روش فشرده‌سازی TSVQ، فرکانس‌های بالای تصویر را حذف و مشابه فیلتر پایین‌گذر عمل می‌کند تصویر را مات^{۳۴} می‌کند و بازیابی مبتنی بر TSVQ بر روی تصاویر مات که منجر به مات شدن بیشتر تصویر می‌شود عملکرد مطلوبی نشان نمی‌دهد و از نقاط ضعف این روش بشمار می‌رود. همچنین این روش نسبت به تغییرات نورپردازی محیط مقاوم نیست، زیرا تغییرات نورپردازی، نمایه‌های بلوک‌های تصویر فشرده‌شده را تغییر می‌دهد و این موجب کاهش شباهت دو تصویر می‌شود.

شکل ۸ چند تصویر پرس‌وجوی نمونه را نشان می‌دهد که روش مبتنی بر TSVQ تصاویر مرتبط با آنها را در رتبه‌های پایین بازیابی می‌کند. شکل ۹، تصویر پرس‌وجوی ساحل سنگی و ۱۲ تصویر از پایگاه داده را نشان می‌دهد که با روش بازیابی مبتنی بر TSVQ با استفاد

جدول (۴) رتبه تصاویر مرتبط بازیابی شده در شکل (۴) توسط چهار روش مختلف بازیابی.

روش مبتنی بر TSVQ با استفاده از اتصال ۸ گانه	روش مبتنی بر TSVQ با استفاده از اتصال ۴ گانه	روش مبتنی بر VQ	روش مبتنی بر هیستوگرام روشنایی	تصویر مرتبط ۱	تصویر گوریل
۷	۶۲	۷۷	۷۱۲	تصویر مرتبط ۲	
۸	۱	۱۹۲	۳۶۱	تصویر مرتبط ۳	
۱۶	۳۱	۱۳۹	۳۷۶	تصویر مرتبط ۱	تصویر ساحل سنگی
۱	۱	۳	۳۱	تصویر مرتبط ۲	
۲	۱۴	۶۷۵	۳۸۶	تصویر مرتبط ۱	تصویر صلیب چوبی
۱	۱	۹۸	۱۰۷	تصویر مرتبط ۱	
۱	۱	۸۲۲	۱۲۴۳	تصویر مرتبط ۱	تصویر کوریدور ساختمان

تصویر پرس و جو؛ ساحل سنگی			
 رتبه ۱ فاصله = ۱۵۲۰	 رتبه ۲ فاصله = ۱۶۹۰	 رتبه ۳ فاصله = ۱۶۹۵	 رتبه ۴ فاصله = ۱۹۰۴
 رتبه ۵ فاصله = ۱۹۰۵	 رتبه ۶ فاصله = ۱۹۲۵	 رتبه ۷ فاصله = ۱۹۳۹	 رتبه ۸ فاصله = ۱۹۷۷
 رتبه ۹ فاصله = ۲۰۱۴	 رتبه ۱۰ فاصله = ۲۰۲۱	 رتبه ۱۱ فاصله = ۲۰۲۶	 رتبه ۱۲ فاصله = ۲۰۳۴

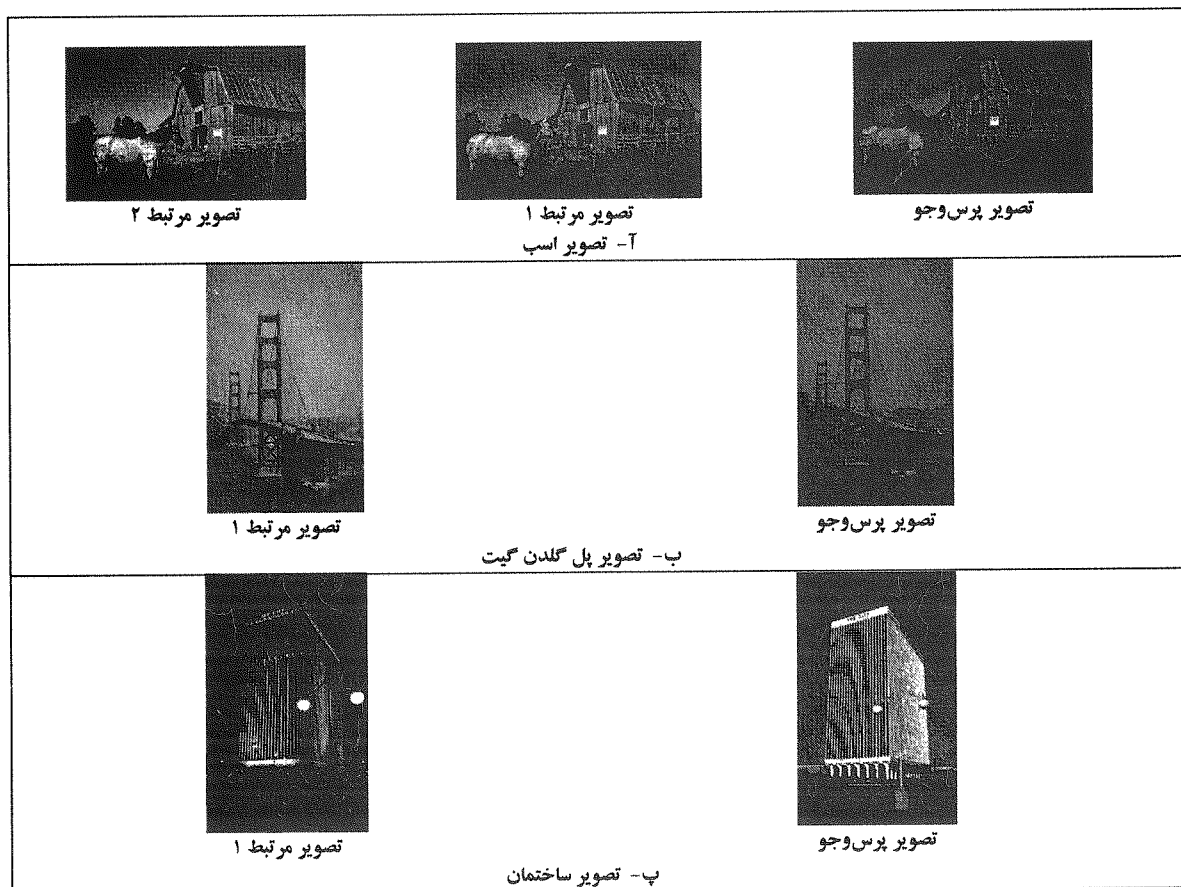
شکل (۹) تصویر ساحل سنگی و ۱۲ تصویر بازیابی شده در رتبه ۱ تا ۱۲ بوسیله روش مبتنی بر TSVQ با استفاده از اتصال ۸ گانه. در ذیل هر تصویر، فاصله بردار ویژگی تصویر بازیابی شده با تصویر پرس و جو مشخص شده است.

از کمترین فاصله برخوردارند در رتبه‌های ۳ تا ۱۲ قرار گرفته‌اند. در فرآیند بازیابی این تصویر پرس و جو، به سایر تصاویر پایگاه داده بر اساس فاصله بردار ویژگی‌هایشان، رتبه‌های ۱۳ تا ۱۰۰۰۰ اختصاص داده شده است. در جدول ۴ رتبه تصاویر مرتبط بازیابی شده در شکل ۸، بوسیله روش بازیابی مبتنی بر TSVQ در سطح تفکیک‌پذیری هشتم با استفاده از اتصال ۸ گانه و اتصال ۴ گانه، روش بازیابی مبتنی بر VQ با استفاده از کتاب‌کُد با اندازه ۲۵۶ و روش بازیابی مبتنی بر هیستوگرام روشنایی مقایسه شده است. کلیه تصاویر مرتبط موجود در این شکل توسط روش بازیابی مبتنی بر TSVQ از رتبه‌های پایینی

از اتصال ۸ گانه، شبیه‌ترین تصاویر موجود به تصویر پرس و جو ساحل سنگی تشخیص داده شده و در رتبه ۱ تا ۱۲ بازیابی شده‌اند. در این شکل همچنین فاصله بردار ویژگی هر تصویر با تصویر پرس و جو مشخص شده است. همانطور که مشاهده می‌شود فاصله بردارهای ویژگی تصاویر مرتبط با تصویر پرس و جو در میان تصاویر پایگاه داده می‌نیم است و از این جهت در رتبه‌های ۱ و ۲ بازیابی شده‌اند. ۱۰ تصویر دیگری که در شکل نشان داده شده است تصاویری از پایگاه داده هستند که به دلیل آنکه تعداد نواحی پیوسته آنها و تصویر پرس و جو در سطح هشتم تفکیک‌پذیری مشابه هستند و در میان تصاویر پایگاه داده

نشان می‌دهند. تصویر مرتبط ۲ ساحل سنگی و تصویر مرتبط ۲ گوریل بترتیب مستقل بودن روش فوق را نسبت به انتقال و چرخش نشان می‌دهند.

برخودار هستند. تصویر مرتبط ۱ گوریل، تصویر مرتبط صلیب چوبی و تصویر مرتبط کوریدور ساختمان مستقل بودن روش مبتنی بر TSVQ را نسبت به مقیاس تصویر



شکل ۱۰) تصاویر انتخاب شده از مجموعه تصاویر پرس‌وجوی محک و تصاویر مرتبط با آنها که نقاط ضعف روش بازیابی مبتنی بر TSVQ را نشان می‌دهند.

جدول (۵) رتبه تصاویر مرتبط بازیابی شده در شکل ۱۰ توسط چهار روش بازیابی.

روش مبتنی بر TSVQ با استفاده از اتصال ۸ گانه	روش مبتنی بر TSVQ با استفاده از اتصال ۴ گانه	روش مبتنی بر VQ	روش مبتنی بر هیستوگرام روشنایی	تصویر مرتبط ۱	تصویر اسب
۴۹۲	۳۱۴	۲۳۴	۱۲۶۹	تصویر مرتبط ۱	تصویر اسب
۲۵۱۸	۳۱۱۲	۱۵۲۰	۲۹۳۶	تصویر مرتبط ۲	تصویر اسب
۲۸۵	۴۱۵	۴۲۸۳	۵۸۹۰	تصویر مرتبط ۱	تصویر پل گلدن گیت
۳۵۹۲	۳۷۱۵	۸۳۰۵	۸۳۹۸	تصویر مرتبط ۱	تصویر ساختمان

شده است. حائز اهمیت است که با مقایسه رتبه‌های موجود در این جدول، در بیشتر حالت‌ها روش مبتنی بر TSVQ نسبت به روش‌های دیگر از عملکرد بهتری برخوردار است. در جدول ۶ رتبه تصاویر مرتبط بازیابی شده در شکل ۱۰ بوسیله روش بازیابی مبتنی بر TSVQ با استفاده از اتصال ۸ گانه در ۸ سطح تفکیک‌پذیری با یکدیگر مقایسه شده است. همانطور که این جدول نشان می‌دهد با افزایش سطح تفکیک‌پذیری، ابعاد بردار ویژگی افزایش می‌یابد و میزان مؤثر بودن بازیابی تصویر بهبود می‌یابد و رتبه تصاویر مرتبط بازیابی شده برای هر تصویر پرس‌وجو پایین‌تر

شکل ۱۰ چند تصویر پرس‌وجوی نمونه را نشان می‌دهد که نقاط ضعف روش بازیابی مبتنی بر TSVQ را بیان می‌کند. در جدول ۵ رتبه تصاویر مرتبط بازیابی شده در شکل ۱۰ توسط چهار روش بازیابی مقایسه شده است. نورپردازی تصاویر پرس‌وجوی اسب و ساختمان، متفاوت از تصاویر مرتبط با آنها است و از این جهت، رتبه بازیابی مطلوبی حاصل نشده است. زمینه تصویر پل گلدن گیت مات است و علاوه بر این نورپردازی تصاویر مرتبط و پرس‌وجو متفاوت با یکدیگر هستند و از این جهت در بازیابی به روش مبتنی بر TSVQ از رتبه بالایی برخوردار

می‌رود. در سطوح تفکیک‌پذیری اول، دوم، سوم و چهارم، محتوای هر تصویر توسط یک بردار ویژگی که بترتیب ۲، ۴، ۸ و ۱۶ بعد دارد توصیف می‌شود. بدیهی است الگوریتم بازیابی هر چند هم که کارآمد باشد با این تعداد ویژگی، محتوای یک تصویر را به خوبی نمی‌تواند توصیف کند و قابلیت متمایز نمودن تصویر مرتبط با آن را در میان ۱۰۰۰۰ تصویر ندارد. از این جهت رتبه‌های بدست آمده در سطوح تفکیک‌پذیری پایین، از دقت بالایی برخوردار نیستند. بنابراین با افزایش سطح تفکیک‌پذیری در میان سطوح اول تا چهارم، رتبه‌های بدست آمده برای برخی از تصاویر مرتبط از جمله تصویر ساحل سنگی از سیر نزولی منظمی برخوردار نیستند. در مقابل در سطوح تفکیک‌پذیری پنجم به بعد، ابعاد بردار ویژگی افزایش می‌یابد و موجب بهبود میزان مؤثر بودن بازیابی تصویر می‌شود. بنابراین با افزایش سطح تفکیک‌پذیری در میان سطوح پنجم تا هشتم، رتبه‌های بدست آمده برای کلیه تصاویر مرتبط از سیر نزولی منظمی برخوردار هستند.

۴- نتیجه‌گیری

از آنجاییکه امروزه پایگاه‌های داده تصویری بصورت فشرده‌شده وجود دارند و در تصاویر فشرده‌شده از اطلاعات همبستگی میان اجزاء تصویر برای فشرده‌سازی استفاده می‌شود و بکارگیری اطلاعات همبستگی در بازیابی تصویر

موجب بهبود عملکرد این الگوریتم‌ها می‌شود، می‌توان نتیجه گرفت که در آینده‌ای نزدیک تمایل سیستم‌های بازیابی تصویر به سمت سیستم‌های بازیابی در قلمرو فشرده‌شده اجتناب‌ناپذیر است.

در این مقاله یک روش جدید نمایه‌سازی تصویر در قلمرو فشرده‌شده ارائه شده است که بر اساس رابطه نیاکانی نمایه‌های TSVQ برای هر تصویر یک بردار ویژگی ایجاد، که قابلیت توصیف محتوای تصویر را در تفکیک‌پذیری‌های مختلف دارد و مستقل از چرخش، انتقال و مقیاس تصویر است. از آنجاییکه با افزایش استفاده از اطلاعات همبستگی میان اجزاء تصویر در فرآیند نمایه‌سازی، میزان مؤثر بودن الگوریتم‌های بازیابی تصویر بطور قابل توجهی بهبود می‌یابد در روش ارائه شده در این مقاله از اطلاعات همبستگی درون‌بلوکی و بین‌بلوکی تصویر فشرده‌شده برای ایجاد هیستوگرام نمایه‌های TSVQ استفاده شده است. ما در این مقاله، روش جدید را با الگوریتم بازیابی مبتنی بر VQ که صرفاً اطلاعات همبستگی درون‌بلوکی در بردار ویژگی آن استفاده شده است و الگوریتم بازیابی مبتنی بر هیستوگرام روشنایی که هیچگونه اطلاعات همبستگی در بردار ویژگی آن بکار نرفته است مقایسه کرده‌ایم. میانگین میزان دقت روش جدید نسبت به دو روش فوق بترتیب ۱/۵۶ و ۴/۲۲ برابر افزایش و میانگین نرخ فراخوانی این روش نسبت به دو روش مذکور بترتیب ۱/۵۱ و ۳/۳۶ برابر بهبود یافته است.

جدول (۶) رتبه تصاویر مرتبط بازیابی شده توسط روش مبتنی بر TSVQ در سطوح تفکیک‌پذیری ۳۸ گانه.

روش مبتنی بر TSVQ در سطح تفکیک‌پذیری								اول	دوم	سوم	چهارم	پنجم	ششم	هفتم	هشتم
تصویر مرتبط ۱	تصویر مرتبط ۲	تصویر مرتبط ۳	تصویر مرتبط ۱	تصویر مرتبط ۲	تصویر مرتبط ۱	تصویر مرتبط ۱	تصویر مرتبط ۱								
تصویر گوریل	۴۷۸۳	۱۵۴۰	۵۳۵	۱۴۵	۵۱	۱۸	۱۱	۷							
تصویر مرتبط ۲	۵۸۰۹	۳۴۴۱	۴۷۴	۱۶۴	۴۶	۳۳	۱۵	۸							
تصویر مرتبط ۳	۵۲۸۸	۱۹۱۶	۷۹۱	۲۸۷	۱۰۴	۹۰	۴۴	۱۶							
تصویر ساحل سنگی	۹۶۹	۶۱	۵	۳۳	۱۱	۳	۱	۱							
تصویر مرتبط ۲	۱۶۵۷	۱	۱۸۳	۱۹۱	۷۰	۲۴	۱۰	۲							
تصویر صلیب چوبی	۳۳	۴۰	۱۲	۲	۱	۲	۱	۱							
تصویر کوریدور ساختمان	۱۸۵۱	۱۲۵۹	۸۲۸	۲۱۴	۹	۱	۱	۱							

زیر نویس‌ها

- 1- Content Based Image Retrieval
- 2- Image databases
- 3- Peak Signal to Noise Ratio
- 4- Bit rate
- 5- Lossy
- 6- Lossless
- 7- Decompression
- 8- Coding
- 9- Visual content accessibility

- 10- Effectiveness
- 11- Vector Quantization
- 12- Intra-block correlation
- 13- Histogram og labels
- 14- Usage map
- 15- Inter-block correlation
- 16- Weighted codeword counting
- 17- Index compressed VQ
- 18- Codec

19- Tree Structured Vector Quantization
 20- 4-Connectivity
 21- 8-Connectivity
 22- Multiresolution
 23- TSVQ Indices' Ancestors Histogram
 24- Relevant images
 25- Query image
 26- Rank order

27- Recall rate
 28- Precision rate
 29- Intensity histogram
 30- Uniform quantization
 31- Color histogram
 32- Off-line
 33- On-line
 34- Blur

مراجع

- [1] J. Shanbehzadeh, A.M. Eftekhari Moghadam and F. Mahmoudi, "Image Indexing and Retrieval Techniques: Past, Present and Next", *Proc. of SPIE: Storage and Retrieval for Media Databases 2000*, Vol. 3972, pp. 461-470, Jan. 2000.
- [2] R.W. Picard, "Content Access for Image/Video Coding: The Fourth Criterion", *MIT Media Lab. Perceptual Computing Section Technical Report*, No. 295.
- [3] S.F. Chang, "Compressed Domain Techniques for Image/Video Indexing and Manipulation", *Proc. of IEEE Int'l Conf. on Image Processing*, Vol. 1, pp. 314- 317, Oct. 1995.
- [4] W.B. Seales, C.J. Yuan and M. Brown, "Efficient Content Extraction in Compressed Images", *IEEE Workshop on Content-Based access of Image and Video Libraries*, pp. 52-58, June 1997.
- [5] F. Idris and S. Panchanathan, "Image Indexing Using Vector Quantization", *Proc. of SPIE: Storage and Retrieval for Image and Video Databases*, Vol. 2420, pp. 373-380, Feb. 1995.
- [6] M.J. Swain and D.H. Ballard, "Color Indexing", *Int'l Journal of Computer Vision*, Vol.7, No. 1, pp. 11-32, Nov. 1991.
- [7] R.M. Gray, "Vector Quantization", *IEEE ASSP Mag.*, pp. 4-29, Apr. 1984.
- [8] J. Makhoul, S. Roucos and H. Gish, "Vector Quantization in Speech Coding", *Proc. IEEE*, Vol. 73, pp. 1551-1588, Nov. 1985.
- [9] F. Idris and S. Panchanathan, "Storage and Retrieval of Compressed Images", *IEEE Transactions on Computer Electronics*, Vol. 41, No. 3, pp. 937-941, Aug. 1995.
- [10] F. Idris and S. Panchanathan, "Algorithms for Indexing of Compressed Images", *Proc. of Visual'96: Int'l Conf. on Visual Systems*, 1996.
- [11] F. Idris and S. Panchanathan, "Image/Video Indexing in the Compressed Domain", *Proc. of CCECE'96*, Vol. 2, pp. 903-906, May 1996.
- [12] S. Panchanathan and C. Huang, "Indexing and Retrieval of Color Images Using Vector Quantization", *Proc. of SPIE : Application of Digital Image Processing XXII*, Vol. 3808, pp. 558-568, 1999.
- [13] J. Jiang, "Compressed Image Processing – A New Research Area and Challenge", *Proc. of IEE Int'l Broadcasting Conf.*, pp. 314-319, Sept. 1997.
- [14] J. Jiang, "Design of a LVQ Neural Network for Compressed Image Indexing", *IEEE Proc. of 5'th Int'l Conf. on Artificial Neural Networks*, July 1997.
- [15] T. Lookabaugh, E.E. Riskin, P.A. Chou and R.M. Gray, "Variable Rate Vector Quantization for Speech, Image and Video Compression", *IEEE Transactions on Communication*, Vol. 41, No. 1, Jan. 1993.
- [16] R. Aravind and A. Gersho, "Low-Rate Image Coding with Finite-State Vector Quantization", *ICASSP*, pp. 137-140, 1986.
- [17] N.M. Nasrabadi and Y. Feng, "A Multilayer Address Vector Quantization Technique", *IEEE Transactions on Circuits and Systems*, Vol. 37, No. 7, pp. 912-921, July 1990.
- [18] N.M. Nasrabadi and Y. Feng, "Image Compression Using Address-Vector Quantization", *IEEE Transactions on Communication*, Vol. 38, pp. 2166-2173, Dec. 1990.
- [19] J. Shanbehzadeh and P.O. Ogunbona, "Index Compressed Image Adaptive Vector Quantization", *Signal Processing: Image Communication*, Vol. 8, pp. 421-432, 1996.
- [20] J. Shanbehzadeh and P.O. Ogunbona, "Index-Compressed Vector Quantization Based on Index Mapping", *IEE Proc.-Visual Image Signal Processing*, Vol. 144, No. 1, pp. 31-38, Feb. 1997.
- [21] J. Shanbehzadeh, P.O. Ogunbona and A. Sarafzadeh, "Image Compression Based on Genealogical Relation of TSVQ Indices", *Proc. of SPIE: Multimedia Storage and Archiving systems III*, Vol. 3527, pp. 476-483, Boston, April 1998.

- [22] J. Shanbehzadeh, *Index Compressed Vector Quantization*, Ph.D. Thesis, University of Wollongong, Australia, March 1996.
- [23] J. Shanbehzadeh, A.M. Eftekhari Moghadam, A. Sarafzadeh, F. Mahmoudi and N. Mashatan, "Image Indexing Based on the Genealogical Relation of TSVQ Indices", *Proc. of SPIE: Internet Imaging*, Vol. 3964, pp. 155-159, Jan. 2000.
- [24] H. Muller, W. Muller, D.M. Squire, S.M. Maillet and T. Pun, "Performance Evaluation in Content-Based Image Retrieval: Overview and Proposals", *Pattern recognition Letters*, Vol. 22, No. 5, pp. 593-601, May 2001.
- [25] C. Jorgenson and R.K. Srihari, "Creating a Web-Based Image Database for Benchmarking Image Retrieval systems", *Proc. of SPIE: Human Vision and Electronic Imaging IV*, Vol. 3644, pp. 534-541, May 1999.
- [26] J.S. Payne, L. Hepplewhite and T.J. Stonham, "Evaluating Content-Based Image Retrieval Techniques Using Perceptually Based Metrics", *Proc. of SPIE: Applications of Artificial Neural Networks in Image Processing IV*, Vol. 3647, pp. 122-133, March 1999.
- [27] J.R. Jmih, "Image Retrieval Evaluation", *Proc. of IEEE Workshop on Content-Based Access of Image and Video Libraries*, pp. 112-113, June 1998.
- [28] Y.Gong, G. Proietti and C. Faloutsos, "Image Indexing and Retrieval Based on Human Perceptual Color Clustering", *Proc. of IEEE Computer Societies Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 578-583, June 1998.
- [29] R.C. Gonzalez and R.E. Woods, *Digital Image Processing*, Third Edition, Addison-Wesely Publishing Co., 1992.