

# بازیابی تصویر مبتنی بر شکل با استفاده از همبستگی بین لبه‌های تصویر

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 مهندسی برق و کامپیوتر، دانشکده فنی، دانشگاه تهران

امیرمسعود افتخاری‌مقدم  
دانشجوی دکترا  
گروه کامپیوتر، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی

## چکیده

در این مقاله یک الگوریتم جدید نمایه‌سازی تصویر مبتنی بر شکل جهت استفاده در سیستم‌های بازیابی تصویر معرفی می‌شود. این الگوریتم برای ساخت نمایه، پنجره‌ای در اطراف هر لبه تصویر در نظر می‌گیرد و با استفاده از همبستگی مکانی بین لبه‌های داخل پنجره با لبه مرکزی پنجره در لایه‌های مختلف همسایگی، بردار ویژگی تصویر را استخراج می‌نماید. بدین ترتیب اطلاعات مربوط به لبه‌های پیوسته و خطوط که مرزهای اشیاء تصویر را مشخص می‌نمایند در بردار ویژگی در نظر گرفته شده و در نتیجه این بردار از توانایی بالایی در توصیف خصوصیات شکلی برخوردار می‌گردد. نمایه حاصل به علت استفاده از همبستگی بین لبه‌ها و اعمال الگوریتم‌های هنجارسازی نسبت به تغییرات رنگ، نورپردازی، انتقال، اندازه و چرخش‌های جزئی تصویر مقاوم می‌باشد. نتایج عملی موجود در مقاله که حاصل از شبیه‌سازی روش جدید و روش‌های مشابه روی یک سیستم نمونه می‌باشد، نشان می‌دهد که معیارهای میانگین نرخ فراخوانی و میانگین میزان دقت برای این نمایه نسبت به هیستوگرام رنگ سنتی به ترتیب  $1/09$  و  $1/99$  برابر بهتر می‌باشد. همچنین معیارهای این نمایه نسبت به هیستوگرام جهت لبه به ترتیب  $1/04$  و  $1/26$  برابر بهتر می‌باشد. از لحاظ زمانی نیز از آنجاییکه این الگوریتم برای ساخت نمایه نیاز به قطعه‌بندی تصویر ندارد و قادر است با یک بار مرور تصویر عمل نمایه‌سازی را انجام دهد، روشی کارا می‌باشد.

## کلمات کلیدی

بازیابی تصویر، نمایه‌سازی تصویر، روش‌های بازیابی مبتنی بر شکل، نمایه‌سازی بدون نیاز به قطعه‌بندی، پردازش تصویر.

## Shape-Based Image Retrieval With Using Correlation Between Edges

F. Mahmoudi  
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

A.M. Eftekhari Moghadam  
Ph.D. Student  
Department of Computer Engineering  
Science and Research Center  
Islamic Azad University

H. Soltanian-zadeh  
Associate Professor  
Department of Electrical and Computer  
Engineering  
Tehran University

*This paper introduces a new algorithm for shape-based image indexing and retrieval. In order to generating index of images, this algorithm considers a window around of each kernel edge and uses correlation information between edges in window. Hence it includes information of continuous edges and lines of images and describes major shape properties of images. This scheme is effective and robustly tolerates translation, scaling, color, illumination, and viewing position variations. Experimental results show superiority of proposed scheme over several other indexing methods. Averages of precision and recall rates of this new indexing scheme for retrieval as compared with traditional color histogram are 1.99 and 1.59 times, respectively. These ratios are 1.26 and 1.04 compared to edge direction histogram. Whereas this algorithm is a one-pass process algorithm it is also efficient.*

### Keywords

*Image retrieval, Image indexing, Shape-based retrieval, Non-segmentation-based indexing, Image processing.*

## مقدمه

هیستوگرام رنگ یک جواب عمومی برای این مساله محسوب می‌شود و سیستمهای CBIR مختلفی از آن به عنوان بردار ویژگی تصویر بهره گرفته‌اند [۵-۲]. هیستوگرام رنگ یک روش کارا از لحاظ محاسباتی می‌باشد و همچنین نسبت به تغییرات جزئی در نقطه دید حساس نمی‌باشد. اما از آنجاییکه این بردار ویژگی هیچگونه اطلاعات مکانی در بر ندارد و همبستگی مکانی بین پیکسلهای مجاور را در نظر نمی‌گیرد نسبت به اشکال و اشیاء موجود در تصویر حساس نمی‌باشد. به عبارت دیگر می‌توان تصاویری یافت که از لحاظ محتوایی کاملاً با یکدیگر متفاوت باشند اما دارای هیستوگرام رنگ یکسان باشند.

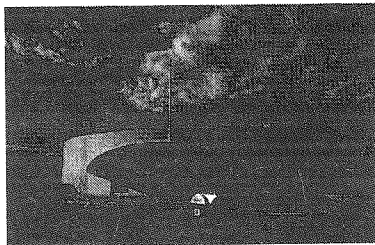
در جهت افزایش دقت هیستوگرام رنگ روشهای مختلفی سعی نمودند تا در ساخت بردار ویژگی با استفاده از همبستگی مکانی بین اجزای تصویر و افزودن آن به اطلاعات رنگ بردار ویژگی بهتری ایجاد نمایند [۱۱-۶]. این روشها اصطلاحاً روشهای رنگی-مکانی نامیده شدند. خودهمبسته‌نمای رنگ یک از روشهای نسبتاً مطلوبی است که در این دسته قرار دارد [۸، ۷]. در این روش از طریق شناسایی و شمارش پیکسلهای منسجم<sup>۷</sup> در اطراف هر پیکسل مرکزی از همبستگی مکانی بین پیکسلهای مجاور استفاده شده است. بدین ترتیب یک بردار ویژگی حاوی اطلاعات رنگی-مکانی تصویر ساخته شده و از آن به عنوان نمایه در بازیابی تصویر استفاده می‌شود. خودهمبسته‌نمای رنگ و همچنین سایر روشهای مبتنی بر اطلاعات رنگی-مکانی نسبت به هیستوگرام رنگ از دقت بازیابی بیشتری برخوردارند اما در مقابل مقداری از کارایی آنها کاسته شده است. علی‌رغم این بهبود حاصل شده در دقت بازیابی، به علت آنکه اطلاعات مندرج در بردار ویژگی وابسته به رنگ می‌باشد سیستمهای فوق نسبت به تغییر رنگ و نورپردازی<sup>۸</sup>

توسعه انفجارگونه استفاده از اینترنت از یک سو و وجود منابع بزرگ اطلاعات چندرسانه‌ای روی WWW از سوی دیگر موجب گردیده تا امروزه تقاضای فزاینده‌ای برای تکنیکهای موثر بازیابی خودکار تصویر و فیلم بوجود آید. بدین لحاظ کاربران اینترنت تمایل دارند تا به منظور یافتن تصاویر مورد نظرشان از میان حجم عظیمی از داده‌های تصویری رقمی، یک سیستم بازیابی تصویر بر اساس محتوی<sup>۱</sup> و با کیفیت مطلوب را به خدمت گیرند. در یک سیستم بازیابی تصویر بطور عام، کاربر درخواست خود را در قالب یک تصویر نمونه موسوم به تصویر پرس‌وجو<sup>۲</sup> مطرح می‌نماید و سیستم وظیفه دارد تا کلیه تصاویر مشابه به آن را از پایگاه داده تصویری شناسایی و بازیابی نماید. سیستم CBIR باید بتواند به گونه‌ای موثر<sup>۳</sup> (با دقت مطلوب) و کارا<sup>۴</sup> (با سرعت مطلوب) عمل بازیابی تصویر از پایگاه داده تصویری را انجام دهد [۱]. در این خصوص توجه به این نکته ضروریست که جستجوی تصویر در پایگاه داده از طریق مقایسه پیکسل به پیکسل تصویر پرس‌وجو با تصاویر پایگاه میسر نمی‌باشد زیرا اصولاً یک تصویر مجموعه‌ای از پیکسل‌های مجزا نمی‌باشد بلکه همبستگی این پیکسل‌ها با یکدیگر است که تصویر را معین می‌کند. به عبارت دیگر مقایسه پیکسل به پیکسل موثر نخواهد بود و دقت لازم را نخواهد داشت و علاوه بر آن کارا نیز نخواهد بود و زمان جستجو را شدیداً افزایش می‌دهد. زیرا باید در زمان جستجو برای یک تصویر با ابعاد  $m \times m$  به ازای هر تصویر در پایگاه<sup>۵</sup>  $m^2$  بار عمل مقایسه پیکسل‌ها صورت گیرد. پس لازم است برای رفع مشکلات فوق با استفاده از همبستگی بین پیکسل‌ها هر تصویر را به فرم خلاصه‌تر و موثرتری بیان نمود، که این کار از طریق الگوریتمهای نمایه‌سازی<sup>۵</sup> تصویر و استخراج بردار ویژگی تصویر<sup>۶</sup> از اطلاعات محتوی تصویر و استفاده از آن به عنوان نمایه در بازیابی انجام می‌پذیرد.

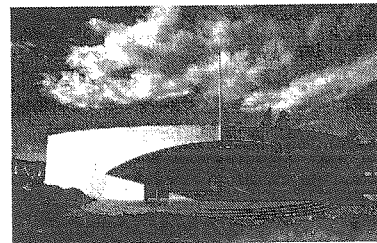
حساس می‌باشند. به عبارت دیگر حتی برای یک شی ثابت تحت نورپردازی‌های مختلف بردارهای ویژگی متفاوتی بدست می‌آید که به بروز خطا در بازیابی منجر می‌شود. بطور مثال در شکل (۱-آ) و شکل (۱-ب) تصویر یک ساختمان استوانه‌ای شکل در دو زمان مختلف از روز و با نورپردازیهای متفاوت مشاهده می‌شود. به علت تغییر نورپردازی و در نتیجه تغییر رنگ تصویر، روشهای مبتنی بر رنگ و رنگی-مکانی قادر به تشخیص شباهت بین این دو تصویر نمی‌باشند.

بدین ترتیب در جهت رفع مشکلات فوق رده دیگری از سیستمهای CBIR که مستقل از رنگ و نورپردازی می‌باشند و به آنها روشهای مبتنی بر شکل<sup>۱</sup> اطلاق می‌شود، ایجاد شدند. در این رده از سیستمهای CBIR ساخت بردار ویژگی صرفاً از روی اطلاعات مکانی و شکلی تصویر می‌باشد. به عبارت دیگر بردار ویژگی تصویر در این حالت اطلاعات مربوط به شکل اشیا موجود در تصویر را در بر دارد و شناسایی شباهتهای شکلی بین تصاویر پایگاه میسر است. تکنیکهای نمایه‌سازی مبتنی بر شکل را می‌توان به دو بخش عمده تقسیم‌بندی کرد، دسته اول تکنیکهایی که

برای ساخت بردار ویژگی نیاز به قطعه‌بندی تصویر دارند [۲۰-۱۲] و دسته دوم تکنیکهایی که بدون انجام عمل قطعه‌بندی با استخراج پاره‌ای از فاکتورهای شکلی از تصویر بردار ویژگی را می‌سازند [۲۹، ۲۶-۲۱]. روشهای مبتنی بر قطعه‌بندی تصویر ابتدا نواحی همگن تصویر را شناسایی می‌نمایند و سپس بردار ویژگی از روی اطلاعات مربوط به نواحی نظیر مساحت نواحی و یا مرزهای نواحی تصویر استخراج می‌گردند. بطور مثال انحنای<sup>۱</sup> یکی از فاکتورهای شکلی می‌باشد که پس از عمل قطعه‌بندی و استخراج مرزهای<sup>۱۱</sup> شکل اصلی در تصویری نظیر شکل (۲) با استفاده از آن می‌توان مرزهای تصویر را توصیف نمود و از روی این اطلاعات بردار ویژگی را ساخت [۱۹، ۱۸، ۱۵]. این دسته از روشها اگر چه دقت نسبتاً خوبی دارند و با ادراک انسانی سازگارند اما به دو علت زیر حیطة کاربرد آنها محدود است: (۱) قطعه‌بندی دقیق تصویر و تشخیص شیء اصلی در تصویر سربار محاسباتی زیادی دارد که کارایی سیستم را به شدت کاهش می‌دهد. (۲) قطعه‌بندی برای تصاویر فرکانس بالا امکانپذیر نیست.



ب- ساختمان استوانه‌ای با نورپردازی متفاوت



آ- ساختمان استوانه‌ای

### شکل (۱) مثالی از دو تصویر مشابه با نورپردازی متفاوت

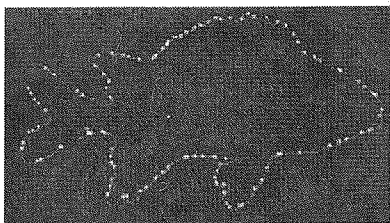
اشیاء موجود در تصویر هستند در یکدیگر ادغام می‌شوند این روش دقت مطلوبی ندارد و عملاً در پایگاه‌های داده‌ای بزرگ نرخ فراخوانی مطلوبی ندارد.

از روشهای مبتنی بر شکل دیگر که بدون استفاده از قطعه‌بندی تصویر عمل می‌نمایند می‌توان از روشهای مبتنی بر لبه یاد کرد. مطلوبیت استفاده از لبه‌ها به دو علت زیر است: اولاً حجم لبه‌های تصویر نسبت به حجم پیکسل‌های تصویر بسیار کم است. پس به علت کاهش اطلاعات تحت پردازش می‌توان سیستمی کارا با استفاده از لبه‌ها ساخت. ثانیاً لبه‌ها به علت استفاده از همبستگی بین پیکسلها حجم زیادی از اطلاعات تصویر را در بر دارند و همچنین از آنجاییکه از دیدگاه درک انسانی نیز اشکال بواسطه لبه‌هایشان از یکدیگر تمیز داده می‌شوند پس می‌توان سیستمی دقیقی با استفاده از لبه‌ها ساخت.

دسته دوم تکنیکهای مبتنی بر شکل سعی دارند با توجه به ماهیت زمانگیر بودن عمل قطعه‌بندی بدون انجام عمل قطعه‌بندی پاره‌ای از فاکتورهای شکلی را از تصویر استخراج و بردار ویژگی تصویر را از روی آن بسازند. بطور مثال در [۲۴] با نگرش فوق یک روش بازیابی تصویر مبتنی بر شکل بدون انجام عمل قطعه‌بندی کامل ارائه شده است. در این روش ابتدا تصویر باینری می‌شود و سپس دوازده فاکتور شکلی مختلف با توجه به نزدیکترین نقاط همسایه هر پیکسل از تصویر باینری استخراج می‌شوند و به عنوان بردار ویژگی از آنها استفاده می‌شود. از آنجاییکه در این روش به منظور انجام عمل قطعه‌بندی تقریبی از باینری کردن تصویر استفاده شده است و باینری کردن تصویر روش دقیقی برای شناسایی نواحی تصویر نیست و در تصویر باینری شده بسیاری از نواحی اصلی تصویر که مبین

روش به حداکثر دقت قابل حصول از این طریق دست نیافته است. نویسندگان این مقاله در جهت رفع این مشکل هیستوگرام جهت لبه‌های مشابه<sup>۱۴</sup> (DHSE) را معرفی نمودند [۲۸،۳۰،۳۷]. در این روش با استفاده از همبستگی بین لبه‌های مجاور همسایه و با استفاده از یک تابع وزنی بردار ویژگی تصویر ساخته می‌شود. این روش به علت استفاده از همبستگی بین لبه‌های مجاور از دقت بالاتری نسبت به EDH برخوردار است.

هیستوگرام جهت لبه<sup>۱۲</sup> (EDH) نمونه مناسبی از این رده از نمایه‌ها می‌باشد [۲۲،۲۶]. در این حالت با دسته‌بندی لبه‌های تصویر روی جهت لبه با یک کمیت‌دهی<sup>۱۳</sup> پنج درجه هیستوگرامی از فراوانی لبه‌ها ایجاد می‌شود و از آن به عنوان بردار ویژگی تصویر استفاده می‌شود. این روش دقت نسبتاً مطلوبی دارد و نسبت به انتقال، تغییر اندازه و چرخش تصویر مستقل عمل می‌نماید. از آنجاییکه در ساخت EDH با لبه‌ها به صورت منفرد برخورد شده و از همبستگی میان لبه‌های مجاور استفاده‌ای نشده است این



ب- استفاده از اطلاعات مرز نواحی در ایجاد بردار ویژگی



آ- تصویر حاوی دو ناحیه همگن

شکل (۲) نمونه‌ای از نمایه‌سازی مبتنی بر قطعه‌بندی (اقتباس از سایت <http://www.ee.surrey.ac.uk/Research/VSSP/imagedb/demo.html>)

### ۱- خودهمبسته‌نمای جهت لبه

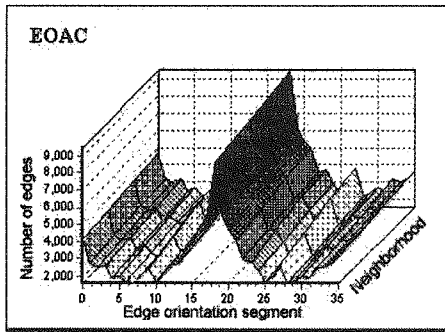
همبسته‌نما ابزار مناسبی برای ثبت همبستگی المانهای تصویر می‌باشد. ما در این مقاله از خودهمبسته‌نمای جهت لبه برای ثبت همبستگی بین لبه‌های تصویر استفاده نموده‌ایم. در این بخش ابتدا الگوریتم ایجاد خودهمبسته‌نمای جهت لبه را تشریح و سپس منحنی EOAC را برای دو تصویر نمونه رسم نموده‌ایم. الگوریتم ایجاد EOAC در پنج مرحله یافتن لبه‌های تصویر، تشخیص لبه‌های اصلی، کمیت‌دهی زاویه لبه‌ها، تعیین مجموعه فاصله و نهایتاً محاسبه مولفه‌های ماتریس خودهمبسته‌نمای جهت لبه به شرح ذیل انجام می‌پذیرد:

(۱) یافتن لبه‌های تصویر: در این مرحله برای یافتن لبه‌ها و ساختن تصویر گرادیان از عملگر سوبل<sup>۱۶</sup> استفاده نموده‌ایم زیرا این عملگر اثر نویز را تا حدی تضعیف می‌کند. عملگر سوبل برای هر پیکسل مولفه‌های بردار لبه در جهت محورهای  $X$  و  $Y$  را با نامهای  $G_x$  و  $G_y$  محاسبه می‌نماید. سپس با استفاده از معادلات (۱) و (۲) اندازه و زاویه هر لبه را که به ترتیب با  $|G|$  و  $\angle G$  نامگذاری شده‌اند بدست می‌آوریم.

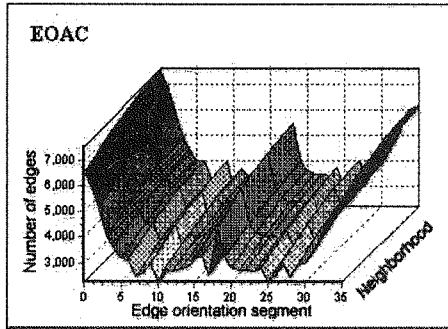
$$|G| = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \quad (1)$$

$$\angle G = \text{tg}^{-1}(G_y/G_x) \quad (2)$$

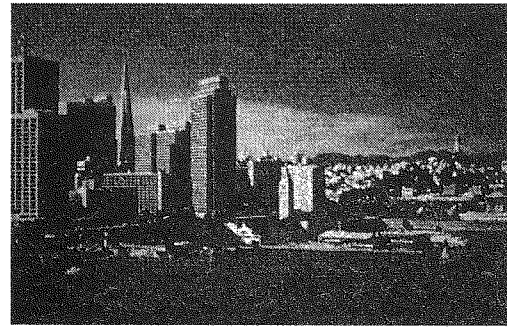
در این مقاله در جهت افزایش دقت بازیابی نسبت به روشهای قبلی بردار ویژگی جدیدی موسوم به خودهمبسته‌نمای جهت لبه<sup>۱۵</sup> (EOAC) معرفی می‌گردد. نوآوری اصلی این مقاله در ارائه الگوریتم جدیدی برای ساخت بردار ویژگی می‌باشد که در آن نه تنها از همبستگی لبه‌های همسایه استفاده می‌شود بلکه از همبستگی بین لبه‌ها در پنجره‌ای در اطراف هر لبه استفاده می‌گردد. در ادامه این مقاله نهایتاً نشان داده خواهد شد که به علت استفاده بیشتر از همبستگی بین لبه‌ها در این روش میزان دقت و نرخ فراخوانی نسبت به سایر روشهای مشابه، افزایش می‌یابد و EOAC بردار ویژگی مناسبی برای طرح پرس‌وجوهای مستقل از رنگ و نورپردازی و وابسته به شکل می‌باشد. ساختار این مقاله به این شرح است: در بخش دوم الگوریتم ساخت EOAC ارائه شده است. در بخش سوم روشهای هنجارسازی بردار ویژگی در جهت مقاوم نمودن روش در مقابل انتقال، تغییر اندازه، تغییر رنگ و نورپردازی و چرخش توضیح داده شده است. در بخش چهارم نتایج عملی بدست آمده از اعمال روشهای مختلف هنجارسازی روی بردار ویژگی در جهت گزینش روش هنجارسازی مطلوب و نهایتاً مقایسه عملکرد EOAC با برخی روشهای موجود را مورد بررسی قرار داده‌ایم و نمونه‌ای از پرس‌وجوهای پاسخ داده شده با این روش را قید نموده‌ایم و در بخش آخر نتیجه‌گیری نهایی ذکر شده است.



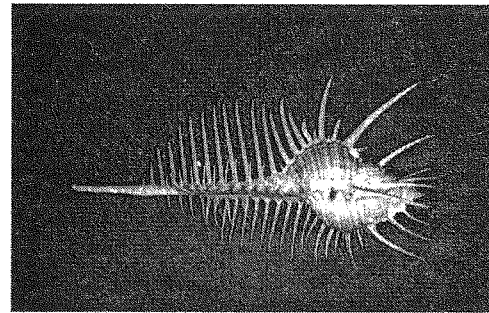
ب- منحنی EOAC برای تصویر دورنمای ساختمانها



ت- منحنی EOAC برای تصویر صدف



آ- تصویر دورنمای ساختمانها



پ- تصویر صدف

شکل (۳) نمایش منحنی EOAC برای دو تصویر نمونه

در این مجموعه فواصل زوج بدان جهت که اطلاعات ناشی از آنها تا حد زیادی در فواصل فرد همسایه وجود دارد، در نظر گرفته نشده‌اند. بطور مثال اطلاعات همبستگی مربوط به فاصله ۲ از روی اطلاعات اخذ شده مربوط به فواصل ۱ و ۳ قابل است استخراج است.

(۵) محاسبه مولفه‌های خودهمبسته‌نمای جهت لبه: خودهمبسته‌نمای جهت لبه عبارت است از یک ماتریس با  $n$  سطر و  $d$  ستون که آنرا با  $E_{n \times d}$  نمایش می‌دهیم و مولفه‌ای از این ماتریس که در سطر  $i$  و ستون  $j$  قرار دارد را با  $e_{ij}$  نمایش می‌دهیم ( $1 \leq i \leq n, j \in D$ ). بین تعداد کل لبه‌هایی از تصویر است که جهت آنها برابر با  $\angle G$  کمیت‌دهی شده باشد و در حاشیه زیپکسلی از آنها یک لبه مشابه وجود داشته باشد. دو لبه  $G$  و  $G'$  را مشابه گویند اگر دو شرط زیر در مورد آنها صادق باشد [۳۱]:

$$|G - G'| < t_2 \quad (۴)$$

$$|\angle G - \angle G'| < t_3 \quad (۵)$$

مقدار دو آستانه  $t_2$  و  $t_3$  با استفاده از یک پایگاه داده تصویری حاوی ۳۰۰ تصویر اصلی و ۲۰ تصویر پرس‌وجو به عنوان مجموعه تربیت‌کننده، به نحوی که دقت ماکزیمم

(۲) تشخیص لبه‌های اصلی: در این مرحله لبه‌های اصلی از تصویر گرادینان استخراج می‌شوند. بدین منظور لبه‌هایی را که اندازه آنها از آستانه‌ای موسوم به  $t_1$  بزرگتر باشد به عنوان لبه‌های اصلی تصویر بر می‌گزینیم. مقدار  $t_1$  برابر با ۲۵ که تقریباً معادل با ۱۰٪ بالاترین میزان روشنایی در تصویر می‌باشد، در نظر گرفته شده است [۳۱].

(۳) کمیت‌دهی زاویه لبه‌ها: در این مرحله با پله‌های پنج درجه‌ای زوایای جهت لبه‌ها بدست آمده از مرحله قبل کمیت‌دهی می‌شوند. بدین ترتیب اگر  $n=۳۶$  تعداد پله‌های زوایای جهت لبه حاصل از عمل کمیت‌دهی باشد زوایای بدست آمده را به شکل  $\angle G_1, \angle G_2, \angle G_3, \dots, \angle G_n$  نمایش می‌دهیم.

(۴) تعیین مجموعه فاصله: در این مرحله مجموعه فاصله که آنرا با  $D$  نمایش می‌دهیم معین می‌گردد. عناصر مجموعه  $D$  مبین این است که در چه فاصله‌ای از لبه جاری می‌خواهیم همبستگی را محاسبه نماییم. از آنجاییکه همبستگی بین لبه‌های نزدیکتر بیشتر است لزومی بر زیاد بودن تعداد عناصر مجموعه  $D$  وجود ندارد و در این مقاله یک مجموعه چهار عنصری به شکل زیر برای آن در نظر گرفته شده است:

$$D = \{1, 3, 5, 7\} \quad \text{و} \quad |D| = d = 4 \quad (۳)$$

انتقال نیست اما در جهت تامین استقلال نسبت به تغییر اندازه، تغییر رنگ و نورپردازی و چرخش می‌توان به شیوه زیر اقدام نمود.

## ۲-۱- هنجارسازی در مقابل تغییر اندازه

بدیهی است که تغییر اندازه تصویر تاثیر مستقیمی روی فراوانی تعداد لبه‌های تصویر خواهد داشت اما به علت ثابت بودن موقعیت نسبی نواحی تصویر در قبال تغییر اندازه تصویر، جهت و اندازه لبه‌های روی مرز نواحی ثابت می‌ماند در نتیجه تغییر فراوانی لبه‌ها با یک نسبت ثابت روی میله‌های EOAC توزیع خواهد شد. شکل (۴-آ، ب، ت، و ث) این مساله را نشان می‌دهد که در قبال تغییر اندازه تصویر منحنی EOAC دو تصویر کاملاً مشابه بوده فقط فراوانی میله‌ها با یک نسبت ثابت تغییر یافته است. بدین منظور برای هنجارسازی در قبال تغییر اندازه تصویر کافی است که فراوانی هر میله را به فراوانی مجموع کل میله‌ها تقسیم نماییم.

گردد تعیین شده‌اند. بدین ترتیب مقدار  $E_2$  برابر با  $0/35$  مقدار میانگین اندازه دو لبه مجاور، و مقدار  $E_3$  برابر با  $25$  در نظر گرفته شده است. در شکل (۳) ماتریس خودهمبسته‌نمای جهت لبه به صورت یک منحنی سه بعدی برای دو تصویر نمونه نشان داده شده است. از این منحنی می‌توان به عنوان بردار ویژگی برای توصیف محتوی تصویر و یا به عنوان نمایه برای بازیابی تصویر در یک پایگاه داده تصویری سود جست.

## ۲-2- هنجارسازی بردار ویژگی

یک روش بازیابی تصویر مطلوب روشی است که با درک انسان تطابق داشته باشد پس بدین لحاظ باید در مقابل انتقال، تغییر اندازه، تغییر رنگ و نورپردازی و چرخش مقاوم باشد. در این راستا باید تغییراتی در بردار ویژگی بدست آمده از الگوریتم EOAC اعمال نمود که به این تغییرات اصطلاحاً "هنجارسازی اطلاق می‌شود. از آنجاییکه الگوریتم EOAC ذاتاً مستقل از انتقال عمل می‌نماید نیازی به اعمال الگوریتمی برای هنجارسازی در مقابل



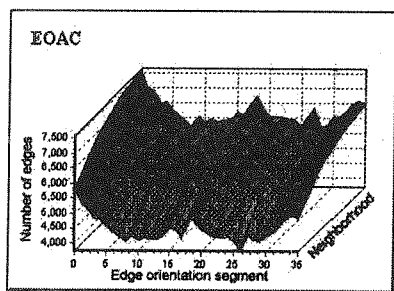
پ- تصویر جنگل با تغییر نورپردازی



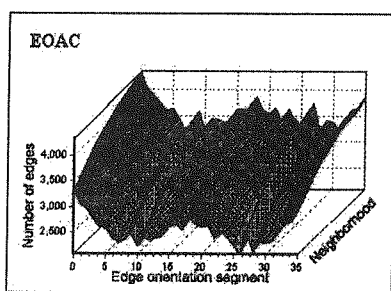
ب- تصویر جنگل پس از تغییر اندازه



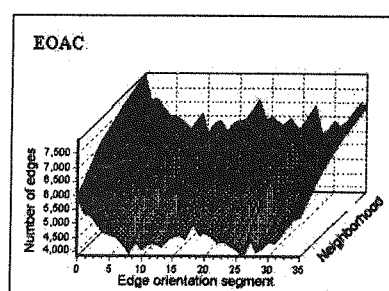
آ- تصویر جنگل با اندازه عادی



ج- منحنی EOAC برای تصویر جنگل با تغییر نورپردازی



ث- منحنی EOAC برای تصویر جنگل پس از تغییر اندازه



ت- منحنی EOAC برای تصویر جنگل با اندازه عادی

شکل (۴) مشاهده تاثیر تغییر اندازه تصویر و تغییر نورپردازی بر روی منحنی EOAC

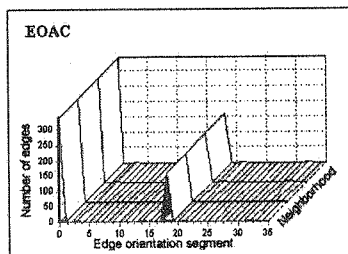
جدول (۱) بررسی تاثیر تغییر نورپردازی بر روی تعداد، اندازه و زاویه جهت لبه‌ها

تصویر جنگل با تغییر نورپردازی	تصویر جنگل	
۲۹۴,۹۳۰	۲۹۴,۹۳۰	تعداد کل پیکسلها
۱۳۰,۹۸۲	۱۷۶,۷۱۵	تعداد کل نقاط لبه پس از اعمال آستانه $t_1$
۱۸۱/۰۷	۲۱۲/۳۱	میانگین اندازه گرادیان نقاط لبه
۹۲/۲۷	۱۱۴/۴۹	انحراف معیار گرادیان نقاط لبه
۸۸/۴۰	۸۸/۹۲	میانگین زاویه گرادیان نقاط لبه
۵۳/۳۰	۵۳/۰۰	انحراف معیار زاویه گرادیان نقاط لبه

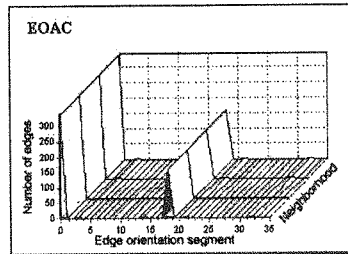
میانگین و انحراف معیار زاویه جهت گرادیان نقاط لبه تقریباً ثابت مانده است. بنابراین به علت ثابت بودن زاویه گرادیان نقاط لبه در قبال تغییر نورپردازی انتظار می‌رود که EOAC دو تصویر مشابه باشد. منحنی‌های موجود در شکل (۴-ت) و (۴-ج) این مساله را تایید می‌کند و نشان می‌دهد که EOAC این دو تصویر کاملاً مشابه بوده فقط فراوانی میله‌ها به یک نسبت تقریباً ثابت تغییر یافته است. بدیهی است که در این حالت نیز تقسیم فراوانی هر میله بر فراوانی کل میله‌های همبسته‌نما باعث هنجار شدن بردار ویژگی خواهد شد.

## ۲-۲- هنجارسازی در مقابل تغییر رنگ و نورپردازی

تغییر رنگ و یا نورپردازی یک تصویر نیز روی فراوانی تعداد نقاط لبه تاثیرگذار خواهد بود. این تغییر بدان جهت است که تغییر در رنگ یا نورپردازی تصویر سبب خواهد شد که اندازه گرادیان نقاط لبه تغییر یابد، ولی به علت ثابت بودن موقعیت نسبی نواحی تصویر در قبال تغییر رنگ و نورپردازی جهت گرادیان نقاط لبه تغییر نخواهد کرد. بطور مثال همانگونه که در جدول (۱) مشاهده می‌شود، در قبال تغییر نورپردازی تعداد نقاط لبه و همچنین میانگین و انحراف معیار اندازه گرادیان نقاط لبه تغییر یافته، ولی



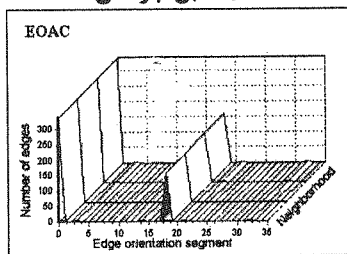
۳-آ- EOAC تصویر آ پس از هنجارسازی در مقابل چرخش



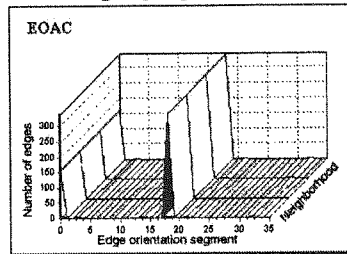
۲-آ- EOAC تصویر آ بدون هنجارسازی در مقابل چرخش



۱-آ- تصویر پرس‌وجو



۳-ب- EOAC تصویر ب پس از هنجارسازی در مقابل چرخش

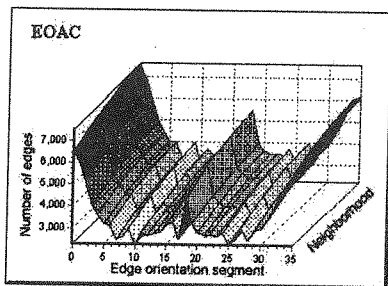


۲-ب- EOAC تصویر ب بدون هنجارسازی در مقابل چرخش

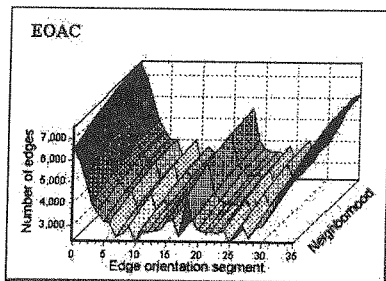


۱-ب- تصویر مرتبط با چرخش ۹۰ درجه در جهت عقربه‌های ساعت

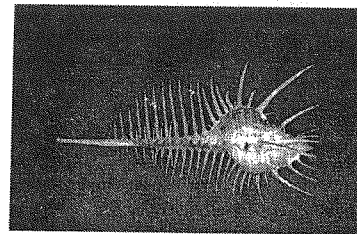
شکل (۵) نمونه‌ای از تاثیر مثبت هنجارسازی در مقابل چرخش



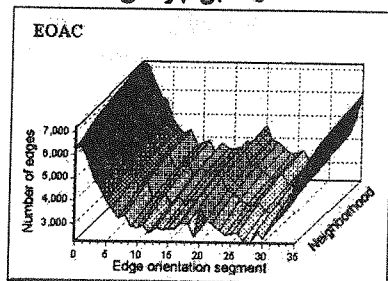
EOAC - 3-آ تصویر آ پس از هنجارسازی در مقابل چرخش



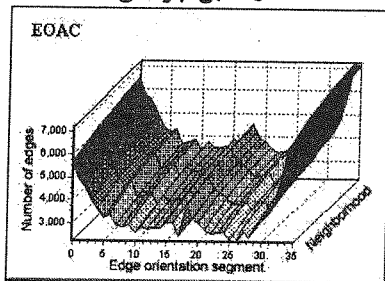
EOAC - 2-آ تصویر آ بدون هنجارسازی در مقابل چرخش



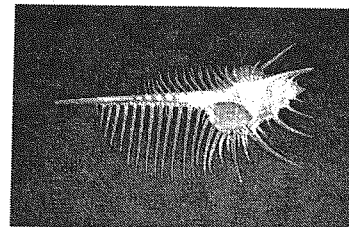
1-آ - تصویر صدف به عنوان تصویر پرس وجو



EOAC - 3-ب تصویر ب پس از هنجارسازی در مقابل چرخش



EOAC - 2-ب تصویر ب بدون هنجارسازی در مقابل چرخش



1-ب - تصویر صدف به عنوان تصویر مرتبط

شکل (۶) نمونه‌ای از تاثیر سوء هنجارسازی در مقابل چرخش

### ۳-۲- هنجارسازی در مقابل چرخش

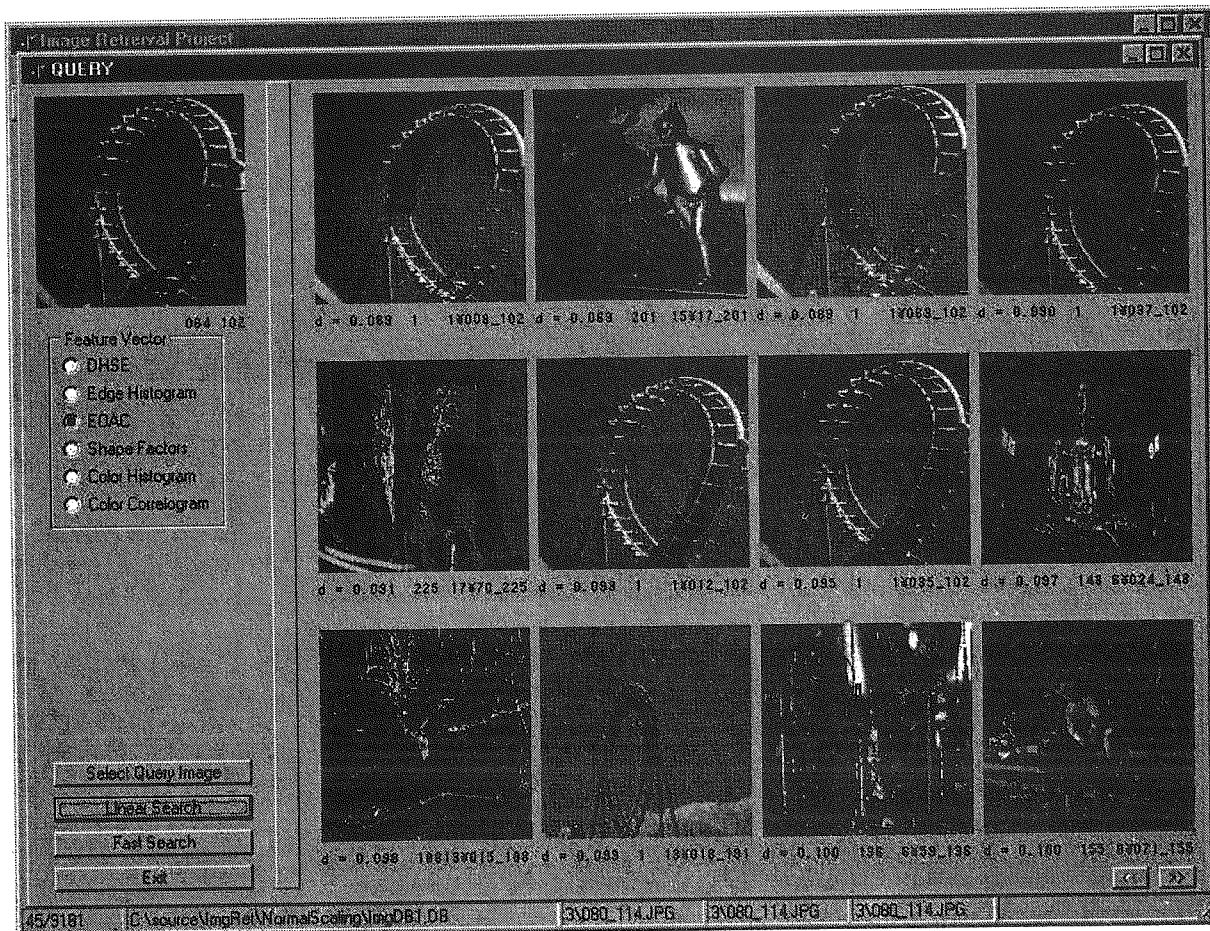
با مشاهده چرخش تصاویر ساده با زوایای بزرگ نسبت به درجه کمیت‌دهی زاویه نظیر شکل (۱-۵-آ) و (۱-۵-ب)، مشاهده می‌شود که این عمل باعث ایجاد چرخش در صفحات EOAC می‌گردد به نحوی که بزرگترین قله‌های دو همبسته‌نما نظیر شکل (۲-۵-آ) و (۲-۵-ب) با یکدیگر اختلاف فاز پیدا می‌نمایند. که می‌توان از طریق چرخش دادن صفحات EOAC به نحوی که همیشه صفحه با فراوانی ماگزیمم در ابتدای همبسته‌نما قرار گیرد نظیر شکل (۳-۵-آ) و (۳-۵-ب) عمل هنجارسازی در مقابل چرخش را انجام داد و بدین ترتیب بردار ویژگی دو تصویر چرخش یافته را دقیقاً بر یکدیگر منطبق نمود. اما هنجارسازی در مقابل چرخش روی بعضی از همبسته‌نماها می‌تواند اثر مخرب داشته باشد و مانع از شناسایی دو تصویر مشابه گردد شکل (۶) نمونه‌ای از این اثر سوء هنجارسازی در مقابل چرخش را نشان می‌دهد. شکل (۶-آ) و (۶-ب) دو تصویر مرتبط را نشان می‌دهد. همانگونه که در شکل (۲-۶-آ) مشاهده می‌گردد صفحه با فراوانی ماگزیمم برای این EOAC اولین صفحه همبسته‌نما می‌باشد. لذا عمل هنجارسازی چرخش روی آن بی‌تاثیر بوده و EOAC پس از هنجارسازی که در شکل (۳-۶-آ) نمایش داده شده همان EOAC شکل (۲-۶-آ) می‌باشد. اما

در EOAC شکل (۶-ب-۲) مشاهده می‌شود که صفحه با فراوانی ماگزیمم آخرین صفحه همبسته‌نما می‌باشد لذا عمل هنجارسازی چرخش روی آن باعث می‌شود که صفحات EOAC بنحوی چرخش یابند که صفحه با فراوانی ماگزیمم به اولین صفحه EOAC منتقل شود، حاصل این عمل در شکل (۶-ب-۳) نمایش داده شده است. در نتیجه مشاهده می‌شود که اعمال هنجارسازی چرخش روی EOAC این دو شکل مرتبط باعث می‌گردد که قله‌های غیر هم فاز دو منحنی بر هم منطبق گردد، که این اثر نامطلوبی در بازبایی تصویر خواهد داشت.

### ۳- نتایج عملی

مطالب این بخش در چهار قسمت ساماندهی شده‌اند در بخش اول نحوه عمل بازبایی تصویر و در بخش دوم مشخصات محیط ارزیابی محک شرح داده شده است. در بخش سوم نحوه ارزیابی عملکرد روش جدید، نقش الگوریتمهای هنجارسازی و تاثیر افزایش همبستگی در بهبود دقت روش جدید و مقایسه آن با سایر روش‌ها شرح داده شده است. در بخش چهارم با ذکر چند مثال نقاط قوت و ضعف روش جدید بیان شده است.





شکل (۷) نمونه از بازیابی تصویر بر اساس EOAC حاوی ۱۲ تصویر اول از ۲۴ تصویر بازیابی شده

### ۳-۱- نحوه عمل بازیابی تصویر

برای هر تصویر موجود در پایگاه داده تصویری طی یک فرایند off-line عمل ساخت و ذخیره‌سازی بردار ویژگی قبل از مرحله بازیابی تصویر انجام می‌پذیرد. سپس در هنگام بازیابی ابتدا بردار ویژگی برای تصویر پرس‌وجو ساخته می‌شود و با جستجوی خطی در پایگاه داده و محاسبه تابع فاصله L1 (فرمول ۶) بین بردار ویژگی تصاویر موجود در پایگاه و بردار ویژگی تصویر پرس‌وجو، ۲۴ تصویر از پایگاه که دارای کمترین فاصله با تصویر پرس‌وجو هستند بعنوان تصاویر مشابه با تصویر پرس‌وجو به ترتیب رتبه شباهت گزینش می‌شوند شکل (۷) یک نمونه از بازیابی تصویر حاوی ۱۲ تصویر اول از ۲۴ تصویر بازیابی شده بر اساس EOAC را نشان می‌دهد.

$$L1(X, Y) = \sum_{i=1}^n |x_i - y_i| \quad (6)$$

### ۳-۲- محیط ارزیابی محک ۱۷

از آنجاییکه برای ارزیابی کمی میزان دقت سیستمهای CBIR تا کنون محیط ارزیابی استاندارد ارایه نشده است ما برای ارزیابی دقت EOAC و مقایسه آن با سایر روشهای بازیابی تصویر، یک محیط ارزیابی حاوی پایگاه داده تصویری، مجموعه پرس‌وجوهای محک و تصاویر مرتبط و مجموعه‌ای از معیارهای ارزیابی عملکرد به شرح ذیل را مورد استفاده قرار داده‌ایم:

(آ) پایگاه داده تصویری: برای ایجاد پایگاه داده تصویری در این تحقیق از تصاویر موجود در بسته نرم‌افزاری 10K Photos محصول شرکت نرم‌افزاری Greenstreet Software Specialist استفاده شده است (www.gstsoft.com). این بسته نرم‌افزاری حاوی ۱۰۰۰۰ تصویر رنگی JPEG متعلق به مجموعه متنوعی از تصاویر ناهمگن، از کلاسها و با اندازه‌های مختلف می‌باشد. این مجموعه از تصاویر حاوی تصاویر برون محیطی<sup>۱۸</sup> و درون محیطی<sup>۱۹</sup> می‌باشند. پاره‌ای از کلاسهای مختلف تصاویر که در این پایگاه گنجانده شده‌اند به شرح زیر می‌باشند: تصاویر کشاورزی، حیوانات،

هوایماها، معماری، محیط‌های اداری، بالون‌ها، تصاویر بافت‌گونه، گیاهان، کوه‌ها و غارها، مردم، مناظر شهری و طبیعی، ابرها، صنایع، اتومبیل‌ها، قطارها، تصاویر ورزشی، گلها، میوه‌ها، دریا و تصاویر زیر دریا و...

ب) مجموعه تصاویر پرس‌وجوی محک<sup>۲۰</sup>: به منظور ارزیابی عملکرد الگوریتم‌های نمایه‌سازی ما ۶۵ تصویر از کلاس‌های مختلف و متنوع موجود در پایگاه داده را به عنوان تصاویر پرس‌وجوی محک برگزیده‌ایم و آنها را از پایگاه داده حذف نموده‌ایم. در نتیجه واکنش سیستم برای بازیابی تصاویر مرتبط به این مجموعه پرس‌وجوهاست که می‌توان دقت سیستم را ارزیابی نمود. سعی نموده‌ایم تا مجموعه تصاویر پرس‌وجوی محک نمونه‌ای از طیف گسترده تصاویر موجود در پایگاه داده تصویری باشد تا عملکرد سیستم از جنبه‌های مختلف ارزیابی شود.

پ) مجموعه تصاویر مرتبط<sup>۲۱</sup>: برای هر تصویر پرس‌وجوی محک مجموعه‌ای از یک یا چند تصویر مرتبط موجود در پایگاه داده تصویری را در نظر گرفته‌ایم. تصاویر مرتبط شباهت زیادی به تصاویر پرس‌وجو دارند و ملاک ما برای گزینش تصاویر مرتبط تطابق با ادراک انسانی بوده است و از سه گروه دو نفره برای تعیین تصاویر مرتبط و تایید شباهت بین آنها با تصویر پرس‌وجوی مربوطه بهره گرفته‌ایم. در مجموعه حاصل به هر تصویر پرس‌وجو حداقل یک و حداکثر ۹ تصویر مرتبط تخصیص داده شده است. تصاویر مرتبط و تصاویر پرس‌وجو معمولاً متعلق به یک سوژه می‌باشند و در زمانهای مختلف و با زاویه دیدهای متفاوت عکسبرداری شده‌اند. در نتیجه اختلاف تصاویر مرتبط با تصویر پرس‌وجوی مربوطه‌اشان در مواردی نظیر تغییر رنگ و نورپردازی، تغییر در اندازه اشیاء موجود در تصاویر، حذف یا اضافه شدن اشیاء فرعی در تصاویر، چرخش و انتقال اشیاء موجود در تصویر می‌باشد، که البته معمولاً در هر تصویر مرتبط ترکیبی از یک یا چند تغییر فوق نسبت به تصویر پرس‌وجوی اصلی صورت گرفته است. بدین ترتیب در قبال بازیابی یک تصویر پرس‌وجو و بررسی تصاویر مرتبط بازیابی شده، می‌توان مقاوم بودن روش نمایه‌سازی در مقابل تغییرات فوق (رنگ و نورپردازی، اندازه، ...) و تطابق با ادراک انسانی را مورد بررسی قرار داد. (ت) معیارهای ارزیابی عملکرد: هر چند که اکثر سیستم‌های CBIR برای ارزیابی عملکرد از دو معیار نرخ فراخوانی<sup>۲۲</sup> و میزان دقت<sup>۲۳</sup> استفاده نموده‌اند اما فرمول استاندارد بر این دو معیار وجود ندارد و پژوهشگران با حفظ مفهوم این دو معیار فرمول‌های مختلفی را برای آنها ارائه نموده‌اند [۲۵-۲۹، ۳۲]. نرخ فراخوانی معیاری است که با توجه به تعداد تصاویر مرتبط بازیابی شده عملکرد روش را مورد ارزیابی قرار می‌دهد و میزان دقت با توجه به رتبه

تصاویر بازیابی شده عملکرد روش را مورد ارزیابی قرار می‌دهد. ما در این مقاله با توجه به فرمول‌های ارائه شده توسط گنگ و همکاران [۹] و با انجام پاره‌ای اصلاحات در آنها به نحوی که فرمول‌های مورد استفاده هنجار گردند و به ازای هر تعداد تصویر مرتبط برای یک تصویر پرس‌وجو بازه تغییرات در محدوده صفر و یک قرار گیرد، فرمول‌های زیر را برای نرخ فراخوانی  $R(Q)$  و میزان دقت  $P(Q)$  ارائه نموده‌ایم.

$$Y(Q) = \left| \left\{ I_i \mid \text{Rank}(I_i) \leq k, I_i \in A \right\} \right| \quad (7)$$

$$R(Q) = \frac{Y(Q)}{|A|} \quad (8)$$

$$P(Q) = \frac{\sum_{i=1}^{Y(Q)} \text{fib}(\text{Rank}(I_i))}{\sum_{i=1}^{|A|} \text{fib}(i)} \quad (9)$$

در فرمول‌های فوق پارامترهای استفاده شده به شرح زیر می‌باشند:

$Q$ : یک تصویر پرس‌وجوی نمونه.

$A$ : مجموعه تصاویر مرتبط با تصویر  $Q$  در کل پایگاه.

$I_i$ :  $i$  امین تصویر مرتبط با تصویر  $Q$ .

$k$ : تعداد کل تصاویر بازیابی شده که برابر با ۲۴ فرض شده است.

$Y(Q)$ : تعداد کل تصاویر مرتبط بازیابی شده برای تصویر  $Q$ .

$\text{Rank}(I_i)$ : رتبه  $i$  امین تصویر مرتبط بازیابی شده برای

تصویر  $Q$  در میان  $k$  تصویر اول.

$\text{fib}$ : تابع فیبوناچی با تعریف زیر:

$$\begin{cases} \text{fib}(i) = \text{fib}(i+1) + \text{fib}(i+2) & \text{if } 1 \leq i \leq k-2 \\ \text{fib}(k-1) = 2 \\ \text{fib}(k) = 1 \\ \text{fib}(i) = 0 & \text{else} \end{cases} \quad (10)$$

از آنجاییکه در تابع فیبوناچی فوق با افزایش رتبه تصویر بازیابی شده مقدار تابع بطور نمایی کاهش می‌یابد، استفاده از این تابع باعث می‌گردد تا تصاویر مرتبط بازیابی شده در رتبه‌های کوچکتر دارای اهمیت بیشتری باشند. با توجه به فرمول‌های فوق بدیهی است که  $0 < R(Q) < 1$  و  $0 < P(Q) < 1$ . بنابراین در یک سیستم ایده‌آل همیشه مقدار  $R(Q)$  و  $P(Q)$  برابر با یک خواهد بود و هر چه این دو معیار به صفر نزدیکتر باشند دقت روش کمتر است.

### ۳-۳- ارزیابی عملکرد روش

ارزیابی عملکرد در سه بخش مورد بررسی قرار گرفته است. در بخش ابتدایی اثر الگوریتمهای هنجارسازی و نقش آنها را در بهبود دقت بررسی می‌نماییم و در بخش دوم دقت روش را با چند روش بازیابی تصویر دیگر در حوزه‌های مبتنی بر رنگ، رنگی-مکانی و شکلی مورد مقایسه قرار داده‌ایم و نهایتاً در بخش سوم تاثیر افزایش همبستگی را در بهبود عملکرد روشها مورد بررسی قرار داده‌ایم.

### ۳-۳-۱- بررسی نقش الگوریتمهای هنجارسازی

به منظور بررسی تاثیر الگوریتم هنجارسازی در افزایش عملکرد EOAC، برای هر ۶۵ تصویر پرس‌وجوی محک عمل بازیابی را در هر یک از چهار حالت، بدون هنجارسازی، هنجارسازی در مقابل تغییر اندازه، هنجارسازی در مقابل چرخش و نهایتاً هنجارسازی توأم در

مقابل چرخش و تغییر اندازه انجام داده‌ایم و میانگین نرخ فراخوانی و میزان دقت را برای هر یک از حالات محاسبه نموده‌ایم. این نتایج در جدول (۲) ثبت شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود بهترین نتیجه برای حالتی که فقط از هنجارسازی در مقابل تغییر اندازه استفاده شده، بدست آمده است. علت این امر نیز مشهود است زیرا استفاده از این هنجارسازی باعث می‌شود روش نسبت به تغییر اندازه تصویر مقاوم گردد، و همچنین این هنجارسازی همانگونه که در بخش ۳-۲ توضیح داده شده است، باعث مقاوم شدن روش نسبت به تغییرات رنگ و نورپردازی می‌گردد. در مقابل استفاده از هنجارسازی چرخش در اکثر موارد نظیر آنچه در شکل (۶) نشان داده شده دارای اثر سوء می‌باشد زیرا در اکثر تصاویر مرتبط واقعی زاویه چرخش به علت تغییر اندک زاویه دید دوربین اندک است.

جدول (۲) بررسی اثر الگوریتمهای هنجارسازی در بازیابی با استفاده از EOAC

میانگین نرخ فراخوانی	میانگین میزان دقت	
۰/۷۲۶	۰/۵۹۹	بدون هنجارسازی
۰/۹۱۱	۰/۷۸۰	فقط هنجارسازی در مقابل تغییر اندازه
۰/۶۶۲	۰/۵۱۹	فقط هنجارسازی در مقابل چرخش
۰/۸۳۶	۰/۶۶۴	هنجارسازی توأم در مقابل چرخش و تغییر اندازه

(EDH) [۲۲،۲۶] و هیستوگرام جهت لبه‌های مشابه (DHSE) [۲۸،۳۰،۳۷] به عنوان روشهای مبتنی بر شکل بدون استفاده از قطعه‌بندی، الگوریتمهایی هستند که عملکرد آنها را با الگوریتم EOAC مورد مقایسه قرار داده‌ایم. الگوریتم EOAC در حالت هنجار شده با روش هنجارسازی اندازه مد نظر قرار داده شده است. برای تمامی روشها ۶۵ تصویر پرس‌وجوی محک را مورد بازیابی قرار داده‌ایم، و میانگین نرخ فراخوانی و میزان دقت را محاسبه نموده و در جدول (۳) ثبت نموده‌ایم. جدول (۳) نشاندهنده برتری نرخ فراخوانی و میزان دقت EOAC بر سایر روشها می‌باشد.

### ۳-۳-۲- مقایسه عملکرد EOAC با سایر

#### روشها

در این بخش به منظور ارزیابی عملکرد EOAC و مقایسه آن با سایر روشها در حوزه‌های رنگی، رنگی-مکانی و شکلی از هر یک از حوزه‌ها الگوریتمهایی را برگزیده‌ایم و در یک محیط یکسان پیاده‌سازی و مقایسه نموده‌ایم. الگوریتم هیستوگرام رنگ (CH) به عنوان یک روش مبتنی بر رنگ [۲] الگوریتم خودهمبسته‌نمای رنگ (CAC) به عنوان یک روش رنگی-مکانی [۸]، الگوریتمهای فاکتورهای شکلی دوازده‌گانه (SF12) [۲۴]، هیستوگرام جهت لبه

جدول (۳) ارزیابی عملکرد بازیابی چند الگوریتم بازیابی تصویر در قلمرو پیکسل

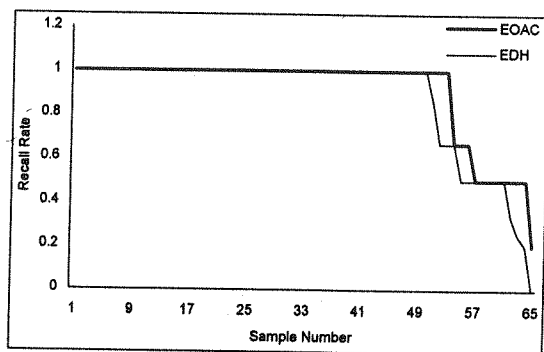
EOAC	DHSE	EDH	SF12	CAC	CH	
۰/۹۱۱	۰/۸۹۷	۰/۸۷۹	۰/۱۳	۰/۵۷۲	۰/۵۷	میانگین R(Q)
۰/۷۸۰	۰/۷۵۲	۰/۶۱۸	۰/۰۷۱	۰/۴۱۳	۰/۳۹۱	میانگین P(Q)

### ۳-۳-۳- بررسی تاثیر افزایش همبستگی در

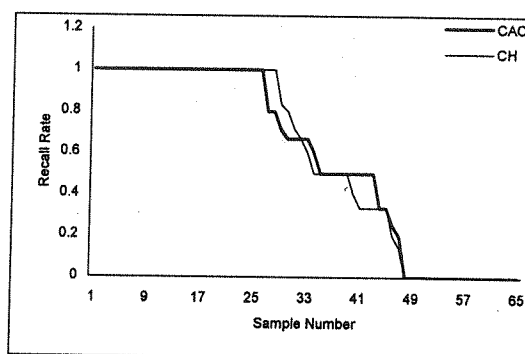
#### بهبود دقت روش

در این قسمت به منظور بررسی نقش همبستگی در افزایش دقت روش از نمودارهای شکل (۸) استفاده نموده‌ایم. در این نمودارها نرخ فراخوانی یا میزان دقت را برای یک مجموعه ۶۵ تایی از تصاویر پرس‌وجوی محک به صورت مرتب شده نمایش داده‌ایم. بدین ترتیب اگر بطور مثال منحنی شکل (۸-آ) را در نظر بگیریم و یک نقطه روی این منحنی را با  $R(n)$  نامگذاری نماییم،  $n$  که نقطه متناظر روی محور افقی می‌باشد مبین تعداد تصاویری است که نرخ فراخوانی آنها بزرگتر یا مساوی  $R(n)$  است. در شکل (۸) منحنی‌های نرخ فراخوانی و میزان دقت را برای

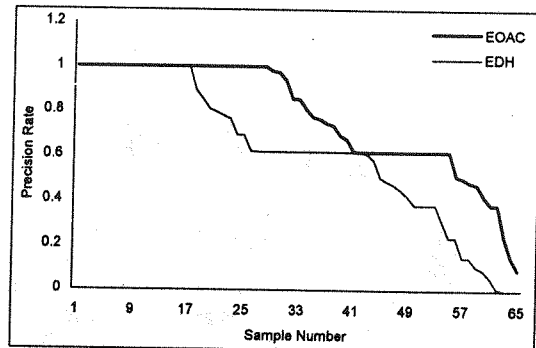
روشهای مبتنی بر رنگ CH و رنگی-مکانی CAC و دو روش مبتنی بر شکل EDH و EOAC نمایش داده‌ایم. بدیهی است که هر چه سطح زیر منحنی مربوط به یک روش بیشتر باشد دقت آن روش بیشتر می‌شود. با توجه به نکات فوق در شکل (۸-آ) و (۸-ب) مشاهده می‌شود که با افزایش میزان استفاده از همبستگی بین پیکسل‌های رنگی در CAC نسبت به CH دقت آن نیز بطور نسبی از CH بهتر شده است. همین رفتار در روشهای مبتنی بر شکل نیز تکرار شده است و در شکل (۸-ب) و (۸-ت) مشاهده می‌شود که با افزایش میزان استفاده از همبستگی بین لبه‌های تصویر در EOAC نسبت به EDH دقت آن نیز بطور محسوسی نسبت به EDH بهبود یافته است.



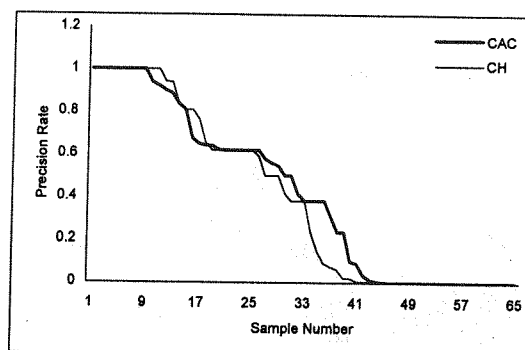
ب- مقایسه نرخ فراخوانی دو روش مبتنی بر شکل EDH و EOAC



آ- مقایسه نرخ فراخوانی دو روش مبتنی بر رنگ CH و رنگی-مکانی CAC



ت- مقایسه میزان دقت دو روش مبتنی بر شکل EDH و EOAC



پ- مقایسه میزان دقت دو روش مبتنی بر رنگ CH و رنگی-مکانی CAC

شکل (۸) مقایسه عملکرد روشهای مبتنی بر رنگ، رنگی-مکانی و مبتنی بر شکل با توجه به میزان استفاده از همبستگی

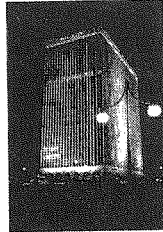
### ۳-۴- چند مثال بازیابی تصویر

نتایج عملی نشان می‌دهد که EOAC به علت عدم استفاده از اطلاعات رنگ، برای بازیابی تصاویر با تغییر رنگ و نورپردازی نظیر تصاویر ذکر شده در شکل (۹) بسیار مناسب است و همچنین برای بازیابی تصاویری که دارای اشکال با مرزهای پیوسته و واضح و خصوصا دارای خطوط

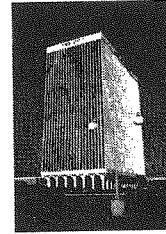
مستقیم باشند نظیر تصاویر شکل (۱۰) بسیار مطلوب عمل می‌کند زیرا از همبستگی میان لبه‌های روی یک مرز اطلاعات مناسبی را استخراج می‌نماید. در مقابل EOAC برای بازیابی تصاویر بافت‌گونه و تصاویری که لبه‌ها و مرزهای آن مخدوش شده باشد و یا تصاویری که مرزهای

پیوسته آشکاری نداشته باشند نظیر شکل (۱۱) مناسب نمی‌باشد. در این شکل یک تصویر از منظره مه‌آلود که در آن لبه‌ها مخدوش شده‌اند، به عنوان تصویر پرس‌وجو در

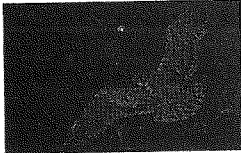
نظر گرفته شده است. که تصاویر غیر مرتبطی برای آن بازیابی شده است.



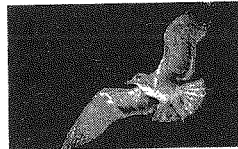
۲-آ- تصویر مرتبط بازیابی شده در رتبه ۱



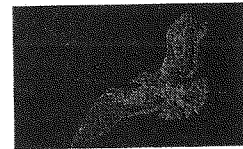
۱-آ- تصویر پرس‌وجو



۲-ب- تصویر بازیابی شده در رتبه ۲



۲-ب- تصویر بازیابی شده در رتبه ۱



۱-ب- تصویر پرس‌وجو

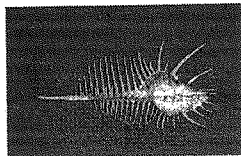


۲-پ- تصویر مرتبط بازیابی شده در رتبه ۱

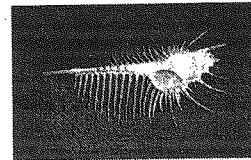


۱-پ- تصویر پرس‌وجو

شکل (۹) چند نمونه از بازیابی تصاویر با تغییرات در رنگ یا نورپردازی



۲-آ- تصویر مرتبط بازیابی شده در رتبه ۱



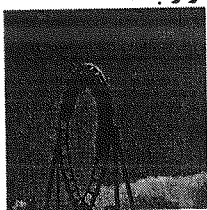
۱-آ- تصویر پرس‌وجو



۲-ب- تصویر مرتبط بازیابی شده در رتبه ۱



۱-ب- تصویر پرس‌وجو



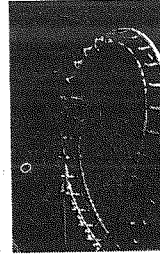
۷-پ- تصویر رتبه ۱۰



۶-پ- تصویر رتبه ۷



۵-پ- تصویر رتبه ۶



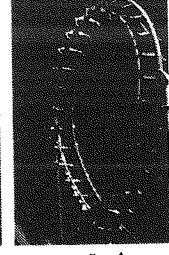
۴-پ- تصویر رتبه ۴



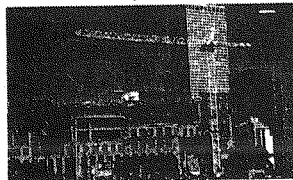
۳-پ- تصویر رتبه ۳



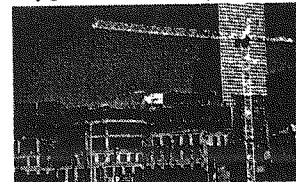
۲-پ- تصویر رتبه ۱



۱-پ- تصویر پرس‌وجو



۲-ت- تصویر مرتبط بازیابی شده در رتبه ۱



۱-ت- تصویر پرس‌وجو

شکل (۱۰) چند نمونه از بازیابی تصاویر با مرزهای پیوسته و واضح و یا دارای خطوط مستقیم

## ع- نتیجه‌گیری و کارهای آینده

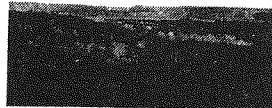
در این مقاله ما یک الگوریتم جدید نمایه‌سازی مبتنی بر شکل بدون نیاز به قطعه‌بندی موسوم به EOAC را معرفی نموده‌ایم. همانگونه که مثالهای عملی موجود در مقاله نشان می‌دهد EOAC نسبت به تغییر رنگ و نورپردازی، انتقال، تغییر اندازه و چرخش جزئی تصویر مقاوم می‌باشد و با محاسبه معیارهای ارزیابی عملکرد برای EOAC روی یک سیستم نمونه و مقایسه آن با معیارهای متناظر روشهای مختلف بازیابی تصویر نظیر هیستوگرام رنگ، خودهمبسته‌نمای رنگ، فاکتورهای شکلی دوازده‌گانه، هیستوگرام جهت لبه و هیستوگرام جهت لبه‌های مشابه که در حوزه‌های مختلف مبتنی بر رنگ، رنگی-مکانی و مبتنی بر شکل قرار دارند، برتری EOAC را نسبت به روشهای فوق نشان داده‌ایم. همچنین از آنجاییکه الگوریتم ایجاد EOAC صرفاً با یک بار مرور از

روی تصویر این عمل را انجام می‌دهد و نیاز به قطعه‌بندی تصویر ندارد، یک الگوریتم کارا از لحاظ زمان ساخت نمایه می‌باشد.

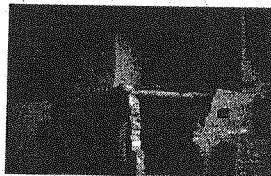
با توجه به نتایج عملی مقاله مشاهده می‌شود همانگونه که استفاده از اطلاعات همبستگی پیکسلها در حوزه رنگ منجر به برتری روش خودهمبسته‌نمای رنگ نسبت به هیستوگرام رنگ گردیده است استفاده از همبستگی بین لبه‌ها در پنجره‌ای در اطراف هر لبه که در EOAC از آن استفاده شده است موجب برتری آن نسبت به هیستوگرام جهت لبه‌ها و هیستوگرام جهت لبه‌های مشابه گردیده است و انتظار می‌رود با دنبال نمودن این روند و استفاده بیشتر از همبستگی بین لبه‌ها به روشهای با دقت بالاتر در کارهای آینده دست یافت.



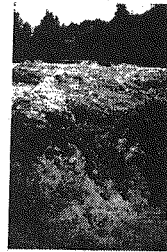
آ- تصویر پرس‌وجو



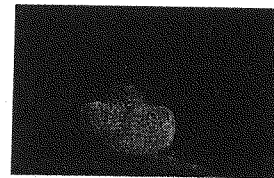
ث- تصویر رتبه ۴



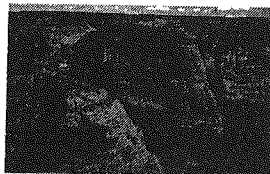
ت- تصویر رتبه ۳



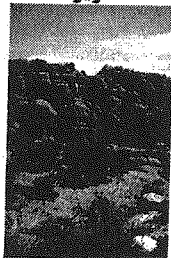
پ- تصویر رتبه ۲



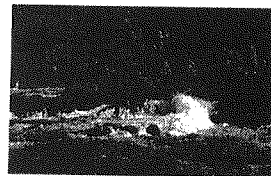
ب- تصویر رتبه ۱



خ- تصویر رتبه ۸



ح- تصویر رتبه ۷



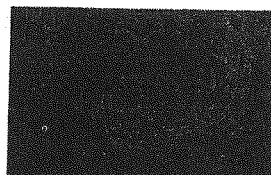
چ- تصویر رتبه ۶



ج- تصویر رتبه ۵



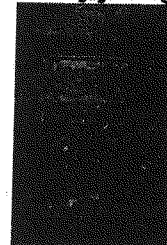
ز- تصویر رتبه ۱۲



ر- تصویر رتبه ۱۱



ذ- تصویر رتبه ۱۰



د- تصویر رتبه ۹

شکل (۱۱) نمونه‌ای از یک تصویر پرس‌وجو که EOAC در بازیابی آن مطلوب عمل نمی‌کند.

- 1- Content Based Image Retrieval (CBIR)
- 2- Query image
- 3- Effective
- 4- Efficient
- 5- Indexing
- 6- Image feature vector
- 7- Coherent
- 8- Illumination
- 9- Shape based
- 10- Curvature
- 11- Contour
- 12- Edge Direction Histogram

- 13- Quantization
- 14- Direction Histogram of Similar Edge
- 15- Edge Orientation Auto Correlogram
- 16- Sobel
- 17- Benchmark test bed
- 18- Outdoor
- 19- Indoor
- 20- Benchmark queries
- 21- Relevant image
- 22- Recall rate
- 23- Precision rate

## مراجع

- [1] Shanbehzadeh J., Eftekhari Moghadam A. M. and Mahmoudi F., "Image Indexing and Retrieval Techniques: Past, Present and Next", Proc. of SPIE: Storage and Retrieval for Multimedia Databases 2000, Vol. 3972, pp. 461-470, Jan. 2000.
- [2] Swain M., Ballard D., "Color Indexing," International Journal of Computer Vision, Vol.7, No. 1: pp. 11-32, 1991.
- [3] Flickner M. et al, "Query by Image and Video Content: The QBIC System," IEEE Computer, 28(9): pp. 23-32, Sep. 1995.
- [4] V. E. Ogle, and M. Stonebraker, "Chabot: Retrieval from a Relational Database of Images," IEEE Computer, Vol. 28(9), pp. 40-48, 1995.
- [5] A. Pentland, R. Picard, and S. Sclaroff, "Photobook: Tools for Content-Based Manipulation of Image Databases," International Journal of Computer Vision, 18(3), pp. 233-254, Jun. 1996.
- [6] Pass G., Zabih R., "Histogram Refinement for Content-Based Image Retrieval," IEEE WACV, pp. 96-102, 1996.
- [7] Huang J., Kumar S.R., Mitra M., Zhu W.J. and Zabih R., "Image indexing using color correlograms," Proceedings of IEEE computer society conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 762-768, 1997.
- [8] Huang J., Kumar S.R., Mitra M., and Zhu W.J., "Spatial Color Indexing and Applications" Proceedings of 6<sup>th</sup> IEEE International Conference on computer Vision, pp. 602-607, Jan. 1998.
- [9] Gong Y., Proietti G., Faloutsos C., "Image indexing and retrieval based on human perceptual color clustering," Proceedings of IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 578-583, 1998.
- [10] Del Bimbo A., Mugnaini M., Pala P. and Turco F., "Visual querying by color perceptible regions," Pattern Recognition, Vol. 31, pp. 1241-1253, 1998.
- [11] Jeong S.Y., Kim K., Chun B.T., Lee J.Y., Bae Y.L.J., "Entropy and color correlation features for image indexing," Proceedings of IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, Vol. 2, pp. 895 – 899, 1999.
- [12] O'Docherty M.H., "A Multimedia Information System with Automatic Content Retrieval." Technical Report Series UMCS-93-2-2, Dep. of Computer Science, Univ. of Manchester, 1993, England.
- [13] Yoshitaka A., Kishida S., Hirakawa M., and Ichikawa T., "Knowledge-Assisted Content-Based Retrieval for Multimedia Databases," Proceedings of IEEE International Conference on Multimedia Computing and systems, 1994, Boston.
- [14] Wu J.K. and Narasimhalu A.D., "Identifying Faces Using Multiple Retrievals," IEEE Multimedia, Vol. 1, No.2, summer 1994.
- [15] Mokhtarian F., "Silhouette-Based Isolated Object Recognition Through Curvature Scale Space," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 17, No.5, pp. 539-544, May 1995.
- [16] Niblack W., Yin J., "A pseudo-distance measure for 2D shapes based on turning angle," Proceedings of IEEE International Conference on Image processing, pp. 352-355, 1995.
- [17] Iannizzotto G., Puliafito A., Vita L., "Design and Implementation of a Content-Based Image Retrieval Tool," Proceedings of IEEE PDSE 97, pp. 304-310, 1997.
- [18] Abbasi S., Mokhtarian F. and Kittler J., "Curvature scale space in shape similarity retrieval," Multimedia systems, 7(6): 467-476, Nov. 1999.
- [19] Abbasi S. and Mokhtarian F., "Multi-view object representation and recognition through curvature scale space," Proceedings of 5th Annual CSI International Conference, pp. 467-476, Tehran, Iran, Mar. 2000.
- [20] Berretti S., Del Bimbo A. and Pala P., "Retrieval by shape similarity with perceptual



- distance and effective indexing," IEEE Transactions on multimedia, Vol. 2, No. 4, pp. 225-239, Dec 2000.
- [21] Bigun J., Bhattacharjee S.K., Michel S., "Orientation radiograms for image retrieval: an alternative to segmentation," Proceedings of 13th IEEE International Conference on Pattern Recognition, Vol. 3, pp. 346-350, 1996.
- [22] Jain A. K. and Vailaya A., "Image Retrieval using color and shape," Pattern Recognition, Vol. 29, No. 8, pp.1233-1244, Aug. 1996.
- [23] Kroepelien B., Vailaya A., Jain A. K., "Image databases: a case study in Norwegian silver authentication," Proceedings of 13th IEEE International Conference on Pattern Recognition, Vol. 3 pp. 370-374, 1996.
- [24] Zheng J., Leung C.H.C., "Automatic image indexing for rapid content-based retrieval," Proceedings of IEEE International Workshop on Multimedia Database Management Systems, pp. 38-45, 1996.
- [25] Shinagawa Y., Oga M., Kunii T.L., Murakami S., "Characterizing Images Based on Lines for Image Indexing," Proceedings of IEEE Computer Graphics International, pp. 94-102, 1997.
- [26] Jain A. K. and Vailaya A., "Shape-based retrieval: A case study with trademark image database," Pattern Recognition, Vol. 31, No. 9, pp. 1369-1390, Sept. 1998.
- [27] Vailaya A., Jain A. and Zhang H.J., "On Image Classification: City Vs. Landscape", Proc. of IEEE Workshop on Content-Based Access of Image and Video Libraries, pp. 3-8, June 1998.
- [28] Shanbehzadeh J., Mahmoudi F., Sarafzadeh A. and Eftekhari Moghadam A.M., "Image Retrieval Based on the Directional Edge Similarity", Proc. of SPIE: Multimedia Storage and Archiving Systems IV, pp. 267-271, Aug. 1999.
- [29] Shanbehzadeh J., Mahmoudi F., Sarafzadeh A., Eftekhari Moghadam A.M. and Asarzadeh Z., "Image Indexing Using Edge Orientation Correlogram", Proc. of SPIE: Internet Imaging, Vol. 3964, pp. 102-108, Jan. 2000.
- [۳۰] محمودی ف، شنبهزاده ج، و افتخاری مقدم ا، "یک روش مبتنی بر شکل برای بازیابی تصویر بر اساس محتوی"، مجموعه مقالات پنجمین کنفرانس بین‌المللی سالانه انجمن کامپیوتر ایران، ص ۱۱-۱۶، اسفند ۱۳۷۸.
- [31] Gonzalez R. C., and Wints P., "Digital Image Processing," Addison Wesley, 1992.
- [32] Salton G. and McGill M., "Introduction to Modern Information Retrieval," McGraw-Hill, New York, 1983.
- [33] Smith J.R., "Image Retrieval Evaluation," Proceedings of IEEE Workshop on Content-Based Access of Image and Video Libraries, pp. 112-113, Jun. 1998.
- [34] Vissac M., Dugelay J.-L., Rose K., "A novel indexing approach for multimedia image database," Proceedings of IEEE 3rd Workshop on multimedia signal processing, pp. 97-102, 1999.
- [35] Mueller H., Mueller W., Squire D.M., Marchand-Maillet M. and Pun T., "Performance evaluation in content-based image retrieval: overview and proposals," Pattern Recognition Letters, Vol. 22(5), 2001.
- [۳۶] محمودی ف، شنبهزاده ج، افتخاری مقدم ا، و سلطانیانزاده ح، "استفاده از همبستگی بین لبه‌ها در بازیابی تصویر مبتنی بر محتوی"، هفتمین کنفرانس بین‌المللی سالانه انجمن کامپیوتر ایران، ص ۴۰-۴۷، اسفند ۱۳۸۰.
- [۳۷] محمودی ف، شنبهزاده ج، افتخاری مقدم ا، و سلطانیانزاده ح، "بازیابی تصویر مستقل از رنگ و نورپردازی با استفاده از هیستوگرام جهت لبه‌های مشابه"، پذیرفته شده در دهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی برق ایران، تبریز اردیبهشت ۱۳۸۱.