بازیابی تصویر مبتنی بر شکل بدون نیاز به قطعه‌بندی با هیستوگرام جهت لبه‌های مشابه

فریبرز محمودی: مرکز تحقیقات مخابرات ایران
جمشید شنبه‌زاده: دانشگاه تربیت معلم
امیرمسعود افتخاری‌مقدم: مرکز تحقیقات مخابرات ایران
حمید سلطانیان‌زاده: دانشگاه تهران

چکیده

در این مقاله الگوریتمی جدید از نمایه‌سازی تصویر مبتنی بر شکل، برای استفاده در سیستم‌های بازیابی تصویر معرفی می‌شود. این الگوریتم بدان جهت که برای ساخت نمایه از تصویر، نیاز به قطعه‌بندی تصویر ندارد قادر است با یک بار مرور تصویر و بدون محاسبات زمان‌گیر، کار نمایه‌سازی را انجام دهد. چون این الگوریتم برای ساخت نمایه در دو مرحلهٔ استفاده از اطلاعات موجود در لبه‌های تصویر و استفاده از اطلاعات موجود در لبه‌های مشابه همسایه، به گونه‌ای مضاعف از همبستگی میان پیکسل‌های تصویر سود می‌جوید، نسبت به روش‌های مشابه بسیار دقیق‌تر است. در این مقاله با مثال‌ها و معیارهای ارزیابی که برگرفته از پیاده‌سازی عملی الگوریتم روی سیستمی نمونه است، نشان داده می‌شود که نمایه حاصل از این الگوریتم، مستقل از رنگ، نورپردازی، انتقال، تغییر اندازه و چرخش‌های جزیی عمل می‌کند و معیارهای میانگین نرخ فراخوانی و میانگین میزان دقت برای این نمایه به ترتیب از ۱/۰۲ الی ۶/۹ برابر و ۱/۲۲ الی ۱۰/۵۹ برابر نسبت به روش‌های مشابه دارای برتری‌هایی است.

مقدمه

رشد روز افزون تکنولوژی چندرسانه‌ای و اینترنت در دهه‌های اخیر باعث شده است که نیاز گسترده‌ای به سیستم‌های بازیابی تصویر مبتنی بر محتوا[۱] ایجاد شود. یک سیستم CBIR باید به گونه‌ای مؤثر[۲] و کارا[۳] عمل بازیابی تصویر پرس‌وجو[۴] از پایگاه داده تصویری را انجام دهد[۱]. منظور از موثر بودن داشتن دقت لازم در یافتن تصویر پرس‌وجو و تصاویر مشابه به آن از پایگاه است ومنظور از کارا بودن، نداشتن محاسبات زمان‌گیر و در نتیجه داشتن سرعت لازم در ساخت بردار ویژگی تصویر[۵] و عمل جستجو در پایگاه است. یکی از تکنیک‌های مقدماتی و پایه که در سیستم‌های CBIR ابداع شده تکنیک نمایه‌سازی[۶] رنگ است که سواین و بالارد

کلمات کلیدی: بازیابی تصویر، نمایه‌سازی تصویر، روش‌های مبتنی بر شکل، هیستوگرام لبه‌ها، پردازش تصویر

۱-Content Based Image Retrieval (CBIR) ۲-Effective ۳-Efficient
۴-Query image ۵-Image feature vector ۶-Indexing

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

ارائه کرده‌اند[۲].

در این روش بردار ویژگی تصویر همان هیستوگرام رنگ است و از آن به عنوان نمایه‌ای برای بازیابی تصویر در پایگاه داده تصویری استفاده شده است. این روش اگر چه روشی کارا است، ولی چندان مؤثر نیست وفاقد دقت مطلوب است؛ زیرا هیستوگرام رنگ اطلاعات مربوط به همبستگی مکانی پیکسل‌ها را در بر ندارد و تنها خصیصه‌ای عمومی از تصویر است. از این رو روش‌های گوناگونی برای افزودن اطلاعات مکانی به هیستوگرام رنگ و ساخت بردار ویژگی حاوی اطلاعات رنگی- مکانی ابداع شده‌اند[۳]،[٤]،[٥]،[٦]،[۷]،[۸] به عنوان نمونه هوانگ و همکاران طرح همبستگی‌نمای رنگ را پیشنهاد و تکمیل کردند[٤]،[٥].در این روش با استفاده از همبستگی رنگی میان پیکسل‌های مجاور در همسایگی‌های{۷، ٥، ۳، ۱} هر پیکسل، بردار ویژگی حاوی اطلاعات رنگی-مکانی تصویر ساخته می‌شود و از آن برای بازیابی تصویر استفاده می‌شود. روش‌های مبتنی بر اطلاعات رنگی-مکانی نسبت به نمایه‌سازی رنگ[۲] از میزان موثر بودن بیشتری برخوردارند، امّا مقداری از کارایی آن‌ها کاسته شده است. علی‌رغم بهبود در میزان مؤثر بودن، چون اطلاعات مندرج در بردار ویژگی به رنگ وابسطه است این سیستم‌ها نسبت به تغییر رنگ و نورپردازی[۱] حساس‌اند. به عبارت دیگر حتی برای شییء ثابت تحت نورپردازی‌های مختلف بردارهای ویژگی متفاوتی به دست می‌آید که به بروز خطا در بازیابی منجر می‌شود. به طور مثال در شکل۱-آ تصویر ساختمانی را در روز و در شکل۱-ب تصویر همان ساختمان در شب مشاهده می‌شود. به علت تغییر نورپردازی و رنگ در تصویر، روش‌های مبتنی بر رنگ و رنگی-مکانی قادر به تشخیص شباهت بین دو تصویر نیستند. بدین جهت رده دیگری از سیستم‌های CBIR و مستقل از رنگ و نورپردازی که به آن‌ها سیستم‌های مبتنی بر شکل[۲] اطلاق می‌شود، ایجاد شدند.

طرح اساسی در سیستم‌های مبتنی بر شکل، به دست آوردن تخمینی از شکل اشیاء موجود در تصویر است که براساس این اطلاعات، بردار ویژگی تصویر ساخته می‌شود. تکنیک‌های نمایه‌سازی مبتنی بر شکل را می‌توان به دو بخش عمده تقیسم‌بندی کرد: دسته اول تکنیک‌هایی که برای ساخت بردار ویژگی نیاز به قطعه‌بندی تصویر دارند[۹]،[۱۰]،[۱۱]،[۱۲]،[۱۳]،[۱٤]،[۱٥]،[۱٦]،[۱۷] ودسته دوم تکنیک‌هایی که بدون قطعه‌بندی با استخراج پاره‌ای از فاکتورهای شکلی از تصویر بردار ویژگی را می‌سازند[۱۸]،[۱۹]،[۲۰]،[۲۱]،[۲۲]، [۲۳]،[۲٤]،[۲٥]،[۲٦]. روش‌های مبتنی بر قطعه‌بندی تصویر ابتدا نواحی همگن تصویر را شناسایی می‌کنند و سپس بردار ویژگی از روی اطلاعات مربوط به نواحی نظیر مساحت نواحی و یا مرزهای نواحی تصویر استخراج می‌گردند. برای نمونه مختاریان و همکاران[۱۲]،[۱٥]،[۱٦] با استخراج مرزهای شکل اصلی در تصویری نظیر شکل ۲ و به کارگیری فاکتور انحنا[۳] به عنوان بردار ویژگی روی مرزهای[٤] تصویر عمل بازیابی تصویر را انجام داده‌اند این دسته از روش‌ها اگرچه دقت نسبتاً خوبی دارند و با ادراک انسانی سازگارند

۱-Illumination ۲-Shape based ۳-Curvature ٤-Contour

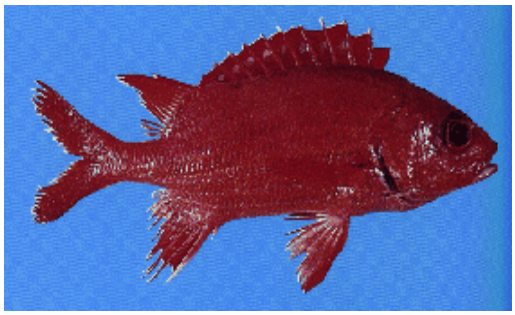
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

اما به دوعلت حیطه کاربرد آن‌ها محدود است: قطعه‌بندی دقیق تصویر و تشخیص شیء اصلی در تصویر سربار محاسباتی زیادی دارد که کارایی سیستم را به شدت کاهش می‌دهد، قطعه‌بندی برای تصاویر فرکانس بالا امکان‌پذیر نیست.

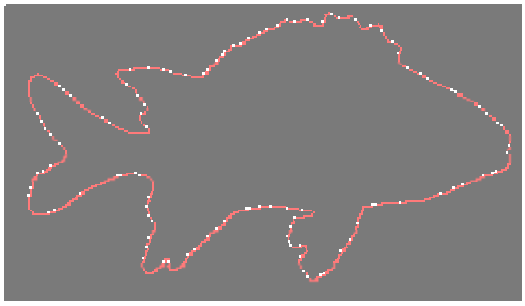
آ- ساختمان در روز

ب- ساختمان در شب

شکل ۱ - مثالی از دو تصویر مشابه با نورپردازی متفاوت



آ- تصویر حاوی دو ناحیه همگن



ب- استفاده از اطلاعات مرز نواحی در ایجاد بردار ویژگی

شکل ۲- نمونه‌ای از نمایه‌سازی مبتنی بر قطعه‌بندی

دسته دوم تکنیک‌های مبتنی بر شکل سعی دارند با توجه به ماهیت زمان‌گیر بودن کار قطعه‌بندی بدون آن پاره‌ای از فاکتورهای شکلی را از تصویر استخراج و بردار ویژگی تصویر را از روی آن بسازند. به طور مثال ژنگ و لیونگ[۲۱] با این نگرش روشی برای بازیابی تصویر مبتنی بر شکل و بدون قطعه‌بندی کامل ارایه کرده‌اند. دراین 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 مورد استفاده قرار می‌گیرد. چون در این روش برای قطعه‌بندی تقریبی از باینری کردن تصویر استفاده شده است و این کار روش دقیقی برای شناسایی نواحی تصویر نیست، به علاوه در اینجا بسیاری از نواحی اصلی تصویر که مبین اشیاء

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

موجود در تصویرند در یکدیگر ادغام می‌شوند، این روش دقت مطلوبی ندارد و عملاً در پایگاه‌های داده‌ای بزرگ میزان فراخوانی مطلوبی ندارد.

از روش‌های مبتنی بر شکل دیگر که بدون استفاده از قطعه‌بندی تصویر عمل می‌کنند می‌توان از روش‌های مبتنی بر لبه یاد کرد. مطلوبیت استفاده از لبه‌ها به دوعلت است: اولا حجم لبه‌های تصویر نسبت به حجم پیکسل‌های تصویر بسیار کم است، بنابراین به علت کاهش اطلاعات تحت پردازش می‌توان سیستمی کارا با استفاده از لبه‌ها ساخت. ثانیاً لبه‌ها به علت استفاده از همبستگی میان پیکسل‌ها حجم زیادی از اطلاعات تصویر را در بر دارند و همچنین از آنجایی که از دیدگاه درک انسانی نیز، اشکال به واسطه لبه‌هایشان از یکدیگر تمیز داده می‌شوند، پس می‌توان سیستمی دقیق با استفاده از لبه‌ها ساخت. براین اساس جین و وایلا[۱۹]،[۲۳] هیستوگرام جهت لبه[۱] EDH را ابداع کرده‌اند که در این حال با دسته‌بندی لبه‌های تصویر روی جهت لبه با یک کمیت‌دهی[۲] پنج درجه هیستوگرامی از فراوانی لبه‌ها ایجاد می‌شود و از آن به عنوان بردار ویژگی تصویر استفاده می‌گردد. این روش دقت نسبتاً مطلوبی دارد و نسبت به انتقال، تغییر اندازه و چرخش تصویر مستقل عمل می‌کند. چون در ساخت EDH با لبه‌ها به صورت منفرد برخورد شده و از همبستگی میان لبه‌های مجاور استفاده‌ای نشده است این روش از حداکثر دقت قابل حصول برخوردار نیست. به طور مثال شکل مبین دو تصویر متفاوت است که EDH آن‌ها تقریباً یکسان است. در این مقاله برای رفع این مشکل هیستوگرام جهت لبه‌های مشابه[۳](DHSE) معرفی می‌گردد. نوآوری اصلی این مقاله استفاده از همبستگی میان لبه‌های مجاور تصویر در ساخت بردار ویژگی تصویر است و در پایان نشان خواهیم داد که به سبب استفاده از همبستگی میان لبه‌های مجاور در این روش میزان دقت و درجه فراخوانی نسبت به سایر روش‌های مشابه، افزایش می‌یابد و DHSE بردار ویژگی مناسبی برای طرح پرس‌وجوهای مستقل از رنگ و نورپردازی و وابسته به شکل است.

ساختار این مقاله به این شرح است: در بخش دوم الگوریتم ساخت DHSE ارائه شده است. در بخش سوم روش‌های هنجارسازی بردار ویژگی در جهت مقاوم کردن روش در مقابل انتقال، تغییر اندازه، تغییر رنگ و نورپردازی و چرخش توضیح داده شده است. در بخش چهارم نتایج عملی به دست آمده از اعمال روش‌های مختلف هنجارسازی روی بردار ویژگی در جهت گزینش روش هنجارسازی مطلوب و مقایسه عملکرد DHSE با برخی روش‌های موجود را مورد بررسی قرار داده‌ایم و نمونه‌ای از پرس‌وجوهای پاسخ داده شده با این روش را قید کرده‌ایم و در بخش آخر نتیجه‌گیری نهایی ذکر شده است.

هیستوگرام جهت لبه‌های مشابه

در این بخش ابتدا الگوریتم ایجاد DHSE را تشریح میکنیم و سپس منحنی‌های DHSE و EDH را برای

۱-Edge Direction Histogram ۲-Quantization ۳-Direction Histogram of Similar Edge

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

آ- تصویر هواپیما

ب- تصویر ساحل در غروب

شکل۳- نمونه‌ای از دو تصویر غیرمشابه با هیستوگرام جهت لبه یکسان

دو نمونه تصویر مرتبط می‌سنجیم. الگوریتم ساخت DHSE در چهار مرحله یافتن لبه‌های تصویر، یافتن لبه‌های اصلی تصویر، یافتن لبه‌های مشابه در تصویر و سرانجام محاسبه مؤلفه‌های بردار DHSE به شرح ذیل انجام می‌پذیرد:

۱- یافتن لبه‌های تصویر

در این مرحله از عملگر سوبل[۱] برای یافتن لبه‌ها استفاده کرده‌ایم، 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 می‌کند. سپس با استفاده از معادلات (۱و۲) اندازه و زاویه هر لبه را، که به ترتیب با $|G|$ و $\angle G$ نامگذاری شده‌اند، به دست می‌آوریم. آنگاه پیکسل‌هایی را که $|G|$ آن‌ها از آستانه‌ای موسوم به t_1 بزرگتر باشد به عنوان لبه‌های تصویر بر می‌گزینیم. مقدار t_1 برابر با ۲۵ در نظر گرفته شده است[۳].

$$|G| = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \qquad (۱)$$

$$\angle G = tg^{-1}\left(G_y / G_x\right) \qquad (۲)$$

۲- یافتن لبه‌های اصلی تصویر

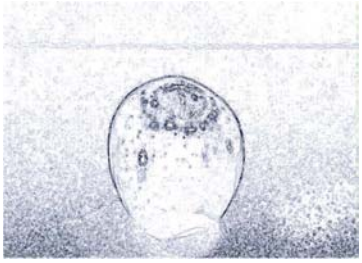
منظور از لبه‌های اصلی تصویر لبه‌هایی است که نسبت به سایر لبه‌های تصویر دارای شدت روشنایی بیشتری باشند، به عبارت دیگر این لبه‌ها حاصل اختلاف رنگ شدید میان دو سطح مجاور در تصویر می‌باشند و معمولاً مبین لبه‌های شی اصلی موجود در تصویر هستند. برای تشخیص لبه‌های اصلی تصویر، لبه‌های به دست آمده از مرحله قبل را از زیر آستانه‌ای موسوم به t_2 می‌گذرانیم($t_1<t_2$). لبه‌هایی که اندازه آن‌ها از آستانه t_2 بزرگتر باشد، لبه‌های اصلی تصویرند. آستانه t_2 با استفاده از نظرسنجی از بیست دانشجو روی مجموعه‌ای از تصاویر متنوع به نحوی که بهترین تفکیک در مرزهای نواحی اصلی تصاویر به دست

۱-Sobel

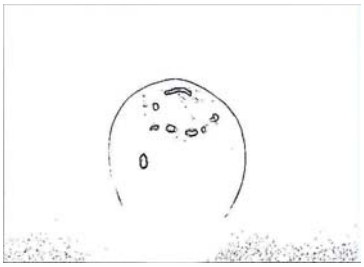
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

آید گزینش شده و میزان آن برابر با ۹۰ است. شکل لبه‌های تصویر حاصل از مرحله قبل و لبه‌های اصلی حاصل از این مرحله را برای تصویر نمونه نشان می‌دهد.

آ- تصویر اصلی



ب- لبه‌های تصویر مبتنی بر عملگر سوبل



پ- لبه‌های اصلی تصویر

شکل ٤- مقایسه بین لبه‌های مبتنی بر عملگر سوبل و اصلی یک تصویر نمونه

۳- یافتن لبه‌های مشابه

دو لبه را مشابه گوییم اگر دو شرط ذیل در مورد آنها صادق باشد: اولا دو لبه در همسایگی یکدیگر قرار داشته باشند، ثانیا اختلاف اندازه‌های دو لبه از آستانه‌ای موسوم به t_3 و همچنین اختلاف زاویه‌های جهت دو لبه از آستانه دیگری موسوم به t_4 کوچکتر باشد[۳]. شرط اول با مفهوم همبستگی تصویر در ارتباط است، زیرا همبستگی در پیکسل‌های همسایه حداکثر است. شرط دوم نیز معیاری برای در نظر گرفتن لبه‌هایی که از دیدگاه درک انسانی حاوی اطلاعات بیشتری هستند به دست می‌دهد؛ از این رو در این مرحله با اعمال دو شرط فوق روی لبه‌های اصلی حاصل از مرحله قبل، لبه‌های مشابه را می‌یابیم. با توجه به این‌که مرز نواحی یک شکل از لبه‌های همسایه مشابه تشکیل می‌شود[۳] و معمولا در همسایگی لبه‌های نویزی لبه مشابهی وجود ندارد. تأکید بیشتر روی این لبه‌ها در ساخت بردار ویژگی باعث افزایش دقت روش در پاسخگویی به پرس‌وجوهای مبتنی بر شکل می‌گردد.

٤- محاسبه مولفه‌های بردار DHSE

دراین مرحله با پله‌های پنج درجه‌ای زوایای جهت لبه‌ها کمیت‌دهی[۱] می‌شوند. سپس بردار DHSE با n مولفه تعریف می‌گردد. n تعداد پله‌های زوایای جهت لبه حاصل از عمل کمیت‌دهی است و به عبارت دیگر n تعداد میله‌های هیستوگرام را مشخص می‌کند. در این مرحله جمعیت مربوط به هر میله هیستوگرام محاسبه می‌شود و هیستوگرام عملا ساخته می‌شود. بدین منظور کل تصویر را جاروب می‌کنیم و به ازای هر لبه یک واحد به میله مربوطه در هیستوگرام می‌افزاییم و برای لبه‌های اصلی مشروط به آن که لبه مشابه‌ای در همسایگی آن وجود داشته باشد و بسته به تعداد لبه‌های مشابه، میله مربوط از هیستوگرام متناسبا با وزن w جمع می‌گردد.

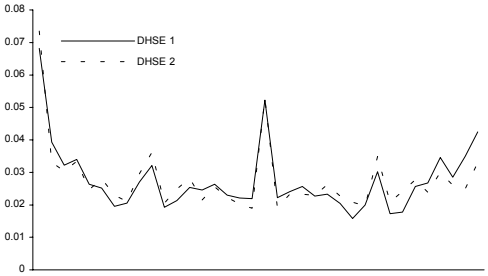
۱-Quantization

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

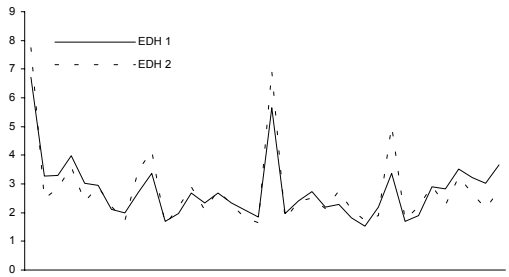
شکل ۵ منحنی DHSE و EDH را برای دو تصویر مرتبط نشان می‌دهد. همانگونه که در شکل مشخص است برای این دو تصویر مرتبط منحنی‌هایDHSE به هم قرابت بیشتری نسبت به EDH دارند این قرابت خصوصا در قله‌های هیستوگرام مشهودتر است بدیهی است که این پدیده در اثر استفاده از تابع وزنی که از همبستگی بین لبه‌ها سود می‌جوید ایجاد شده است و این شباهت بین بردارهای ویژگی دو تصویر مرتبط نهایتا منجر به بازیابی بهتر می‌گردد. در بخش چهار طی یک ارزیابی جامع‌تر برتری DHSE را نسبت به EDH نشان خواهیم داد.

آ- تصویر پرس‌وجو

ب- تصویر مرتبط



پ- منحنی DHSE برای دو تصویر



ت- منحنی EDH برای دو تصویر

شکل۵- مقایسه منحنی‌های DHSE وEDH برای دو تصویر مرتبط

هنجارسازی بردار ویژگی

روش بازیابی تصویر مطلوب روشی است که با درک انسان تطابق داشته باشد و از این رو باید در مقابل انتقال، تغییر اندازه، تغییر رنگ و نورپردازی و چرخش مقاوم باشد. در این زمینه باید تغییراتی در بردار ویژگی به دست آمده از الگوریتم DHSE اعمال کرد که به این تغییرات اصطلاحاً هنجارسازی اطلاق می‌شود. از آنجایی که الگوریتم DHSE ذاتاً مستقل از انتقال عمل می‌کند، نیازی به اعمال الگوریتمی برای هنجارسازی در مقابل انتقال نیست؛ اما برای تأمین استقلال نسبت به تغییر اندازه، تغییر رنگ و نورپردازی و چرخش می‌توان به شیوه زیر اقدام کرد:.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

۱- هنجارسازی در مقابل تغییر اندازه

بدیهی است که تغییر اندازه تصویر، تاثیر مستقیمی روی فراوانی تعداد لبه‌های تصویر خواهد داشت؛ امّا به علت ثابت بودن موقعیت نسبی نواحی تصویر در قبال تغییر اندازه تصویر، جهت و اندازه لبه‌های روی مرز نواحی ثابت می‌ماند. درنتیجه تغییر فراوانی لبه‌ها با نسبت ثابتی روی میله‌های DHSE توزیع خواهد شد شکل ٦ این مسأله را نشان می‌دهد که در قبال تغییر اندازه تصویر منحنی DHSE دو تصویر کاملاً مشابه‌اند و تنها 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 کنیم.

۲- هنجارسازی در مقابل تغییر رنگ و نورپردازی

تغییر رنگ و یا نورپردازی یک تصویر نیز روی فراوانی تعداد لبه‌ها تاثیرگذار خواهد بود این تغییر بدان جهت است که تغییر در رنگ یا نورپردازی تصویر سبب خواهد شد که اندازه لبه‌ها تغییر یابد ولی به علت ثابت بودن موقعیت نسبی نواحی تصویر در قبال تغییر رنگ و نورپردازی جهت لبه‌ها تغییر نخواهد کرد. بطور مثال همانگونه که در جدول۱ مشاهده می‌شود در قبال تغییر نورپردازی تعداد لبه‌ها و همچنین میانگین و انحراف معیار اندازه لبه‌های تغییر یافته ولی میانگین و انحراف معیار زاویه جهت لبه‌ها تقریبا" ثابت مانده است. بنابراین به علت ثابت بودن زاویه لبه‌ها در قبال تغییر نورپردازی انتظار می‌رود که DHSE دو تصویر مشابه باشد. منحنی موجود در شکل ۷ این مساله را تایید می‌کند و نشان می‌دهد که DHSE 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 هیستوگرام باعث هنجار شدن بردار ویژگی خواهد شد.

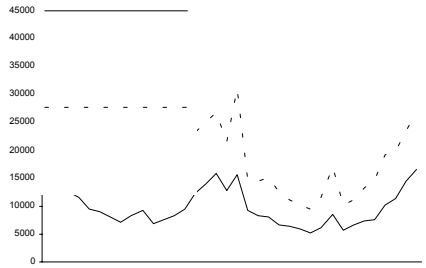
جدول۱- بررسی تاثیر تغییر نورپردازی بر روی تعداد، اندازه و زاویه جهت لبه‌ها

	تصویر پل	تصویر پل با تغییر نورپردازی
تعداد کل پیکسل‌ها	۲۹۴,۹۳۰	۲۹۴,۹۳۰
تعداد کل لبه‌ها	۱۰۱,۳۴۹	۱۱۱,۱۵۰
میانگین اندازه لبه‌ها	۸۱/۱۹	۹۴/۸۸
انحراف معیار اندازه لبه‌ها	۶۴/۱۹	۸۰/۸۴
میانگین زاویه لبه‌ها	۸۷/۷۳	۸۸/۰۶
انحراف معیار زاویه لبه‌ها	۵۷/۰۱	۵۶/.۸۳

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

آ- تصویر افراد با اندازه عادی

ب- تصویر افراد پس از تغییر اندازه

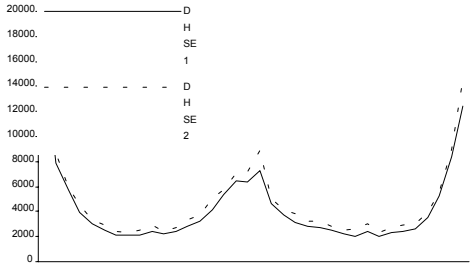


پ- منحنی DHSE برای دو تصویر آ و ب

شکل۶- مشاهده اثرتغییر اندازه تصویر روی منحنی DHSE

آ- تصویر پل

ب- تصویر پل با تغییر نورپردازی



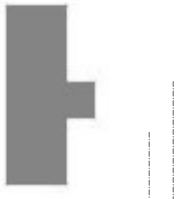
پ- منحنی DHSE برای دو تصویر آ و ب

شکل۷- بررسی تاثیر تغییر نورپردازی بر روی منحنی DHSE

۳- هنجارسازی در مقابل چرخش

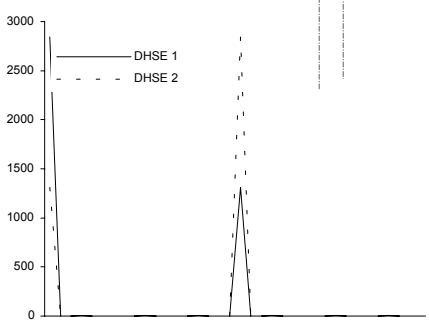
با مشاهده چرخش تصاویر ساده با زوایای بزرگ نسبت به درجه کمیت‌دهی زاویه نظیر شکل ۸(آ و ب)، مشاهده می‌شود که این عمل باعث ایجاد چرخش در میله‌های DHSE می‌گردد، به نحوی که بزرگترین قله‌های دو هیستوگرام نظیرشکل ۸ پ با یکدیگر اختلاف فاز پیدا می‌کنند. که می‌توان از طریق چرخش دادن میله‌های DHSE، به نحوی که همیشه بزرگترین میله در ابتدای هیستوگرام قرار گیرد، نظیرشکل ۸ ت عمل هنجارسازی در مقابل چرخش را انجام داد وبدین ترتیب بردار ویژگی دو تصویر چرخش یافته را دقیقا بر یکدیگر منطبق نمود. اما هنجارسازی در مقابل چرخش روی بعضی از هیستوگرام‌ها می‌تواند اثر مخرب داشته باشد و مانع از شناسایی دو تصویر مشابه گردد. شکل ۹ نمونه‌ای از این اثر سوء هنجارسازی در مقابل چرخش را نشان می‌دهد. شکل ۹(آ و ب) نیز دو تصویر مرتبط را نشان می‌دهد. اعمال هنجارسازی چرخش روی DHSE این دو شکل باعث می‌گردد که قله‌های غیر هم فاز دو منحنی بر هم منطبق گردد که این اثر نامطلوبی در بازیابی تصویر خواهد داشت.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

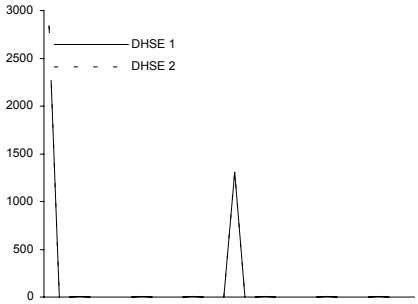


آ- تصویر پرس‌وجو

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



پ- منحنی DHSE دو تصویر آ و ب بدون هنجارسازی در مقابل چرخش

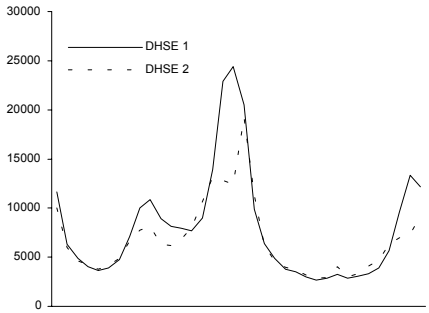


ت- منحنی DHSE دو تصویر آ و ب پس از هنجارسازی در مقابل چرخش

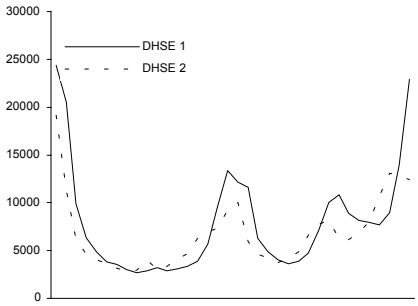
شکل ۸- نمونه‌ای از تاثیر مثبت هنجارسازی در مقابل چرخش

آ- تصویر مجتمع ساختمانی به عنوان تصویر پرس‌وجو

ب- تصویر دورنمای مجتمع ساختمانی به عنوان تصویر مرتبط



پ- منحنی DHSE دو تصویر آ و ب بدون هنجارسازی در مقابل چرخش



ت- منحنی DHSE دو تصویر آ و ب پس از هنجارسازی در مقابل چرخش

شکل ۹- نمونه‌ای از تاثیر سوء هنجارسازی در مقابل چرخش

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

نتایج عملی

مطالب این بخش در چهار قسمت ساماندهی شده‌اند: در بخش اول نحوه عمل بازیابی تصویر، در بخش دوم مشخصات محیط ارزیابی محک است و در بخش سوم نحوه ارزیابی عملکرد روش شرح داده شده است، در بخش چهارم نیز با ذکر چند مثال نقاط قوت و ضعف روش جدید در مقایسه با سایر روش‌ها قید شده است.

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 L۱ (فرمول ۳) بین بردار ویژگی تصاویر موجود در پایگاه و بردار ویژگی تصویر پرس‌وجو، ۲٤ تصویر از پایگاه که دارای کمترین فاصله با تصویر پرس‌وجو هستند به عنوان تصاویر مشابه با تصویر پرس‌وجو به ترتیب رتبه شباهت گزینش می‌شوند. شکل۱۰ نمونه‌ای از بازیابی تصویر حاوی ۱۲ تصویر اول از ۲٤ تصویر بازیابی شده بر اساس DHSE را نشان می‌دهد.

$$L1(X,Y)=\sum_{i=1}^{n}|x_i-y_i| \qquad (۳)$$

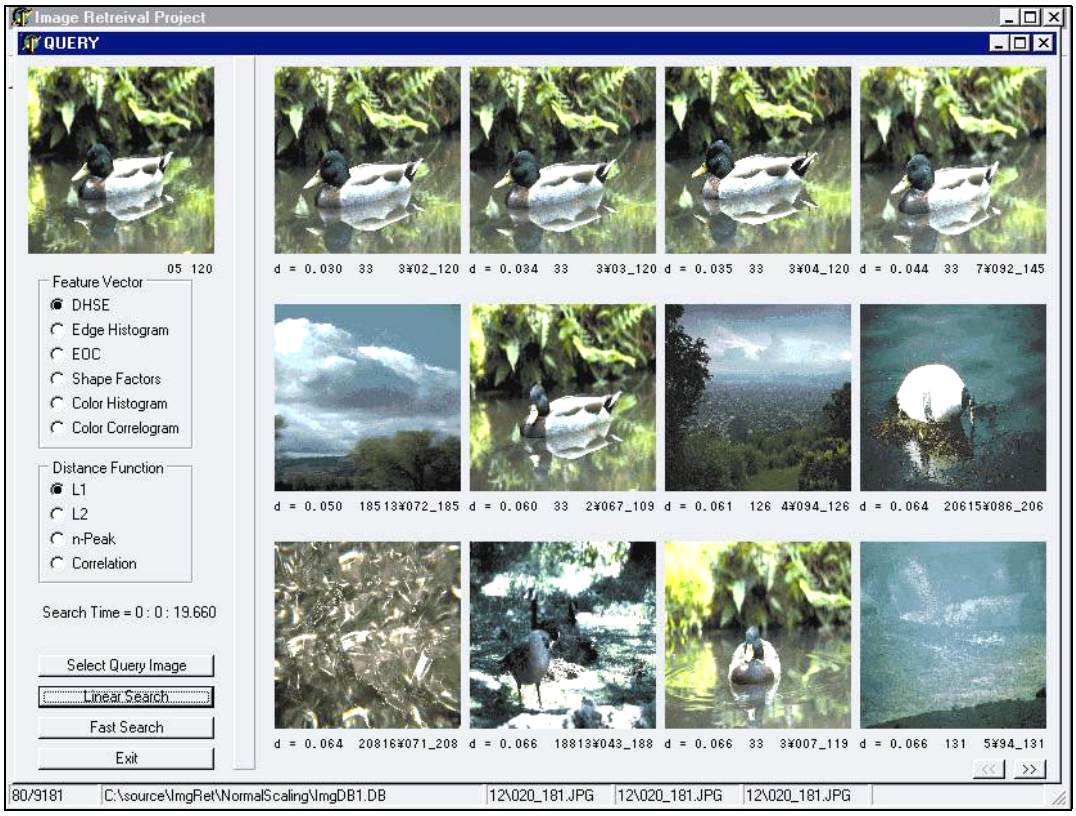
۲- محیط ارزیابی محک[۱]

از آنجایی‌که برای ارزیابی کمی میزان دقت سیستمهای CBIR تا کنون محیط ارزیابی استانداردی ارائه نشده است ما برای ارزیابی دقت DHSE 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: با استفاده از ۹۱۸۱ تصویر JPEG که حاوی مجموعه متنوعی از تصاویر کلاس‌های مختلف و با اندازه‌های مختلف است، یک پایگاه داده تصویری ایجاد کرده‌ایم. این مجموعه از تصاویر حاوی تصاویر برون محیطی[۲] و درون محیطی[۳] هستند. پاره‌ای از کلاس‌های مختلف تصاویر که در پایگاه گنجانده شده‌اند، به شرح زیرند: تصاویر کشاورزی، حیوانات، هواپیماها، 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....

۱-Benchmark test bed ۲- Outdoor ۳-Indoor

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]



شکل ۱۰- نمونه از بازیابی تصویر بر اساس DHSE حاوی ۱۲ تصویر اول از ۲۴ تصویر بازیابی شده

ب) مجموعه تصاویر پرس‌وجوی محک[۱] و تصاویر مرتبط[۲]: به منظور ارزیابی عملکرد روش‌ها ما ٦٥ تصویر از کلاس‌های مختلف و متنوع را به عنوان تصاویر پرس‌وجوی محک برگزیده‌ایم و برای هر تصویر پرس‌وجوی محک، مجموعه‌ای از یک یا چند تصویر مرتبط را در نظر گرفته‌ایم و آن‌ها را به پایگاه افزوده‌ایم. تصاویر مرتبط شباهت زیادی به تصاویر پرس‌وجو دارند و اختلاف آن‌ها با تصاویر پرس‌وجو در مواردی نظیر تغییر رنگ و نورپردازی، تغییر زاویه دوربین، تغییر در اندازه تصاویر، چرخش و انتقال در تصویر است.

پ) معیارهای ارزیابی عملکرد: هر چند که اکثر سیستم‌های CBIR برای ارزیابی عملکرد از دو معیار درجه فراخوانی[۳] و میزان دقت[۴] استفاده کرده‌اند، اما فرمول استانداردی بر این دو معیار وجود ندارد و پژوهشگران با حفظ مفهوم این دو معیار فرمول‌های مختلفی را برای آن‌ها ارائه کرده‌اند[۳]،[۶]،[۲۸]،[۲۹]. درجه 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

۱-Benchmark queries ۲-.Relevant image ۳-Recall rate ٤-Precision rate

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

توجه به فرمول‌های ارائه شده توسط گنگ و همکاران[٦] و با 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 درجه فراخوانی R(Q) و میزان دقت P(Q) ارائه کرده‌ایم.

$$Y(Q)=\left|\ \{I_i | Rank(I_i)\le k, I_i\in A\}\ \right| \qquad (۴)$$

$$R(Q)=\frac{Y(Q)}{|A|} \qquad (۵)$$

$$P(Q)=\frac{\sum_{i=1}^{Y(Q)} fib(Rank\ (I_i))}{\sum_{i=1}^{|A|} fib(i)} \qquad (۶)$$

در فرمول‌های فوق پارامترهای استفاده شده به شرح زیرند:

Q : 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.

$Rank(I_i)$: رتبه iامین تصویر مرتبط بازیابی شده برای تصویر Q در میان k تصویر اول.

fib: تابع فیبوناچی با تعریف زیر:

$$\begin{cases} fib(i)=fib(i+1)+fib(i+2) & if\quad 1\le i\le k-2 \\ fib(k-1)=2 & \\ fib(k)=1 & \\ fib(i)=0 & else \end{cases} \qquad (۷)$$

استفاده از تابع فیبوناچی فوق باعث میشود تا تصاویر مرتبط بازیابی شده در رتبه‌های کوچکتر دارای اهمیت بیشتری باشند. با توجه به فرمول‌های فوق بدیهی است که $0\le R(Q)\le 1$ و $0\le P(Q)\le 1$. بنابراین در یک سیستم مطلوب 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- ارزیابی عملکرد روش

ارزیابی عملکرد در دو بخش مورد بررسی قرار گرفته است. در بخش ابتدایی اثر الگوریتم‌های هنجارسازی و نقش آن‌ها را در بهبود دقت بررسی کرده‌ایم 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.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

۳-۱- بررسی نقش الگوریتم‌های هنجارسازی

به منظور بررسی تاثیر الگوریتم هنجارسازی در افزایش عملکرد DHSE، برای هر ٦٥ تصویر پرس‌وجوی محک عمل بازیابی را در هر یک از چهار حالت، بدون هنجارسازی، هنجارسازی در مقابل تغییر اندازه، هنجارسازی در مقابل چرخش و هنجارسازی توأم در مقابل چرخش و تغییر اندازه انجام داده‌ایم و میانگین درجه فراخوانی و میزان دقت را برای هر یک از حالات محاسبه کرده‌ایم. این نتایج در **Error! Reference source not found.** ثبت شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود بهترین نتیجه برای حالتی که فقط از هنجارسازی در مقابل تغییر اندازه استفاده شده، به دست آمده است. علت این امر نیز مشهود است؛ زیرا استفاده از هنجارسازی در مقابل تغییر اندازه همان گونه که در شکل٦ و شکل٧ نشان داده شده، باعث مقاوم شدن روش نسبت به تغییر اندازه تصویر و همچنین تغییرات رنگ و نورپردازی در آن می‌گردد و در مقابل استفاده از هنجارسازی چرخش در اکثر موارد، نظیر آنچه در شکل ۹ نشان داده شده، دارای اثر نامطلوب است؛ زیرا در اکثر تصاویر مرتبط واقعی زاویه چرخش به علت تغییر اندک زاویه دید دوربین اندک است.

جدول۲- بررسی اثر الگوریتم‌های هنجارسازی در بازیابی با استفاده از DHSE

	میانگین میزان دقت	میانگین نرخ فراخوانی
بدون هنجارسازی	۰/٦۰٦	۰/٧٤٦
فقط هنجارسازی در مقابل تغییر اندازه	۰/٧٥٢	۰/٨٩٧
فقط هنجارسازی در مقابل چرخش	۰/٥٣٦	۰/٦٦٨
هنجارسازی توام در مقابل چرخش و تغییر اندازه	۰/٦٨٨	۰/٨۰١

۳-۲- مقایسه عملکرد DHSE با سایر روشها

در این بخش به منظور ارزیابی عملکرد DHSE و مقایسه آن با سایر روش‌ها در حوزه‌های رنگی، رنگی-مکانی و شکلی از هر یک از حوزه‌ها الگوریتم‌هایی را برگزیده‌ایم و در محیطی یکسان پیاده‌سازی و مقایسه کرده‌ایم. الگوریتم هیستوگرام رنگ (CH) به عنوان یک روش مبتنی بر رنگ[۲] الگوریتم خودهمبسته‌نمای رنگ (ACC) به عنوان یک روش رنگی-مکانی[٥]، الگوریتم‌های فاکتورهای شکلی دوازده‌گانه (SF12) و هیستوگرام جهت لبه(EDH) به عنوان روش‌های مبتنی بر شکل بدون استفاده از قطعه‌بندی[۱۹]،[۲۱]،[۲۳]، الگوریتم‌هایی هستند که عملکرد آن‌ها را با الگوریتم DHSE مورد مقایسه قرار داده‌ایم. الگوریتم DHSE در

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

حالت هنجار شده با روش هنجارسازی اندازه مد نظر قرار داده شده است. برای تمامی روش‌ها ٦٥ تصویر پرس و جوی محک را مورد بازیابی قرار داده‌ایم و میانگین درجه فراخوانی و میزان دقت را محاسبه کرده و در جدول۳ ثبت کرده‌ایم. جدول۳ نشان دهنده برتری درجه فراخوانی و میزان دقت DHSE بر سایر روش‌ها است.

جدول۳- ارزیابی عملکرد بازیابی چند الگوریتم بازیابی تصویر در قلمرو پیکسل

	هیستوگرام جهت لبه‌های مشابه (DHSE)	هیستوگرام جهت لبه (EDH)	فاکتورهای شکلی (SF12)	خودهمبسته‌نمای رنگ (ACC)	هیستوگرام رنگ (CH)
میانگین نرخ فراخوانی	۰/۸۹۷	۰/۸۷۹	۰/۱۳	۰/۵۷۲	۰/۵۷
میانگین میزان دقت	۰/۷۵۲	۰/۶۱۸	۰/۰۷۱	۰/۴۱۳	۰/۳۹۱

٤- چند مثال بازیابی تصویر

نتایج عملی نشان می‌دهد که DHSE به علت عدم استفاده از اطلاعات رنگ، برای بازیابی تصاویر با تغییر رنگ و نورپردازی نظیر تصاویر ذکر شده در شکل۱۱ بسیار مناسب است و همچنین برای بازیابی تصاویری که دارای اشکال با مرزهای پیوسته و واضح و خصوصاً دارای خطوط مستقیم باشند، نظیر تصاویر شکل۱۲، بسیار مطلوب عمل می‌کند؛ زیرا از همبستگی میان لبه‌های روی یک مرز اطلاعات مناسبی را استخراج می‌نماید. در مقابل DHSE برای بازیابی تصاویر بافت‌گونه و تصاویری که لبه‌ها و مرزهای آن مخدوش شده باشد و یا تصاویری که مرزهای پیوسته آشکاری نداشته باشند، نظیر شکل۱۳ مناسب نیست.

نتیجه‌گیری و کارهای آینده

در این مقاله ما الگوریتم جدید نمایه‌سازی مبتنی بر شکل بدون نیاز به قطعه‌بندی موسوم به DHSE را معرفی کرده‌ایم. این نمایه به جهت آن که بدون نیاز به قطعه‌بندی تصویر، و صرفاً با یک بار مرور از روی تصویر ساخته می‌شود الگوریتمی کارا از لحاظ زمان ساخت نمایه است. همان گونه که مثال‌های عملی موجود در مقاله نشان می‌دهد، DHSE نسبت به تغییر رنگ و نورپردازی، انتقال، تغییر اندازه و چرخش جزیی تصویر مقاوم است و با محاسبه معیارهای ارزیابی عملکرد برای DHSE روی یک سیستم نمونه و مقایسه آن با معیارهای متناظر روش‌های مختلف بازیابی تصویر نظیر هیستوگرام رنگ، خودهمبسته‌نمای رنگ، فاکتورهای

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

شکلی دوازده‌گانه و هیستوگرام جهت لبه که در حوزه‌های مختلف مبتنی بر رنگ، رنگی-مکانی و مبتنی بر شکل قرار دارند، برتری DHSE را نسبت به روش‌های فوق نشان داده‌ایم.

با توجه به نتایج عملی مقاله مشاهده می‌شود همان گونه 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 لبه‌های مجاور در DHSE موجب برتری آن نسبت به هیستوگرام جهت لبه‌ها است و انتظار می‌رود با دنبال کردن این روند و استفاده بیشتر از همبستگی بین لبه‌های مجاور، به روش‌هایی با دقتی به مراتب بالاتر بتوان دست یافت.

آ-۱- تصویر پرس‌وجو

آ-۲- تصویر مرتبط بازیابی شده در رتبه ۱

ب-۱- تصویر پرس‌وجو

ب-۲- تصویر مرتبط بازیابی شده در رتبه ۱

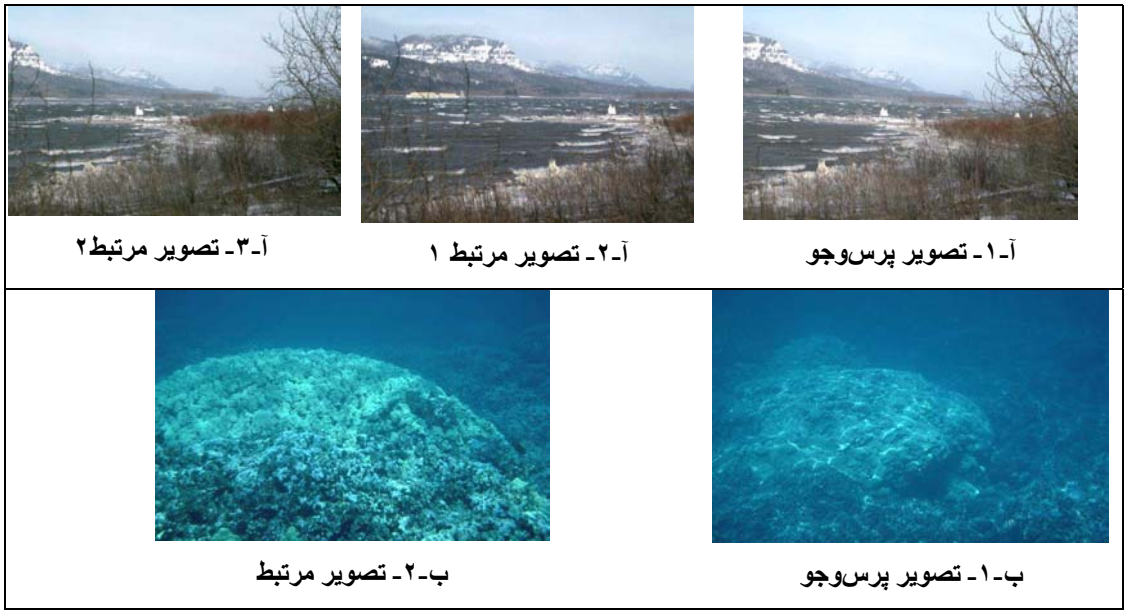
پ-۱- تصویر پرس‌وجو

پ-۲- تصویر مرتبط بازیابی شده در رتبه ۱

شکل۱۱- چند نمونه از بازیابی تصاویر با تغییرات در رنگ یا نورپردازی

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

شکل۱۲- چند نمونه از بازیابی تصاویر با مرزهای پیوسته و واضح و یا دارای خطوط مستقیم



شکل۱۳- نمونه‌ای از تصاویر مرتبطی که DHSE در بازیابی آنها مطلوب عمل نمی‌کند

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

منابع

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 Multimedia Databases,* Vol. 3972(*2000)* 461-470.
2. M. Swain, D. Ballard, "Color Indexing," *International Journal of Computer Vision*, Vol.7, No. 1(1991)11-32.
3. G. Pass, R. Zabih, "Histogram Refinement for Content-Based Image Retrieval*," IEEE WACV*(1996) 96-102.
4. J. Huang, S.R. Kumar, M. Mitra, W.J. Zhu and R. Zabih, "Image indexing using color correlograms," *Proceedings of IEEE computer society conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (1997) 762-768.
5. J. Huang, S.R. Kumar, M. Mitra, and W.J. Zhu," Spatial Color Indexing and Applications" *Proceedings of 6th IEEE International Conference on computer Vision,* (1998) 602-607.
6. Y. Gong, G. Proietti, C. Faloutsos, "Image indexing and retrieval based on human perceptual color clustering," *Proceedings of IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (1998) 578-583.
7. A. Del Bimbo, M. Mugnaini, P. Pala and F. Turco,"Visual querying by color perceptive regions," *Pattern Recognition*, Vol. 31(1998) 1241-1253.
8. S.Y. Jeong, K. Kim, B.T. Chun, J.Y.Lee, Y.L.J. Bae,"Entropy and color correlation features for image indexing," *Proceedings of IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, Vol. 2(1999) 895 – 899.
9. M.H. O'Docherty,"A Multimedia Information System with Automatic Content Retrieval." *Technical Report Series UMCS-93-2-2, Dep. of Computer Science, Univ. of Manchester*, England(1993).
10. A.Yoshitaka, S. Kishida, M. Hirakawa, and T. Ichikawa,"Knowledge-Assisted Content-Based Retrieval for Multimedia Databases," *Proceedings of IEEE International Conference on Multimedia Computing and systems*, Boston(1994).

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

11. J.K. Wu and A.D. Narasimhalu, " Identifying Faces Using Multiple Retrievals," *IEEE Multimedia*, Vol. 1, No.2 (summer1994).
12. F. Mokhtarian," Silhouette-Based Isolated Object Recognition Through Curvature Scale Space," *In IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.17, No.5(May 1995) 539-544.
13. W. Niblack, J. Yin, "A pseudo-distance measure for 2D shapes based on turning angle," *Proceedings of IEEE International Conference on Image processing* (1995)352-355.
14. G. Iannizzotto, A. Puliafito, L. Vita, " Design and Implementation of a Content-Based Image Retrieval Tool," *Proceedings of IEEE PDSE 97* (1997)304-310.
15. S. Abbasi, F. Mokhtarian and J. Kittler,"Curvature scale space in shape similarity retrieval," *Multimedia systems,* 7(6)(Nov. 1999) 467-476.
16. S. Abbasi and F. Mokhtarian "Multi-view object representation and recognition through curvature scale space," *Proceedings of 5th Annual CSI International Conference* (Mar. 2000)467-476, Tehran, Iran.
17. S. Berretti, A. Del Bimbo and P. Pala" Retrieval by shape similarity with perceptual distance and effective indexing," *IEEE Transactions on multimedia*, Vol. 2, No. 4 (Dec 2000)225-239.
18. J. Bigun, S.K. Bhattacharjee, S. Michel "Orientation radiograms for image retrieval: an alternative to segmentation," *Proceedings of 13th IEEE International Conference on Pattern Recognition*, Vol. 3,(1996) 346-350.
19. A. K Jain and A. Vailaya" Image Retrieval using color and shape,"*Pattern Recognition*, Vol. 29, No. 8(Aug.1996)1233-1244.
20. B. Kroepelien, A.Vailaya, A.K. Jain " Image databases: a case study in Norwegian silver authentication," *Proceedings of 13th IEEE International Conference on Pattern Recognition*, Vol.3 (1996)370-374.
21. J. Zheng, C.H.C Leung " Automatic image indexing for rapid content-based retrieval," *Proceedings of IEEE International Workshop on Multimedia Database Management Systems*(1996)38-45.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

22. Y. Shinagawa, M. Oga, T.L. Kuni, S. Murakami " Characterizing Images Based on Lines for Image Indexing," *Proceedings of IEEE Computer Graphics International (1997)* 94-102.
23. A.K. Jain and A. Vailaya "Shape-based retrieval: A case study with trademark image database," *Pattern recognition*, Vol. 31, No. 9(Sept. 1998) 1369-1390.
24. A. Vailaya, A. Jain and H.J. Zhang "On Image Classification: City Vs. Landscape", *Proc. of IEEE Workshop on Content-Based Access of Image and Video Libraries(*June 1998) 3-8.
25. J. Shanbehzadeh, F. Mahmoudi, A. Sarafzadeh and A.M. Eftekhari Moghadam "Image Retrieval Based on the Directional Edge Similarity", *Proc. of SPIE: Multimedia Storage and Archiving Systems IV* (Aug. 1999) 267-271.
26. J. Shanbehzadeh, F. Mahmoudi, A. Sarafzadeh, A.M. Eftekhari Moghadam and Z. Asarzadeh "Image Indexing Using Edge Orientation Correlogram", *Proc. of SPIE: Internet Imaging,* Vol. 3964(Jan. 2000) 102-108.
27. R.C. Gonzalez, andP. Wints, "Digital Image Processing," *Addison Wesley(*1992).
28. G. Salton and M. McGill "Introduction to Modern Information Retrieval," *McGraw-Hill*, New York (1983).
29. J.R. Smith " Image Retrieval Evaluation," *Proceedings of IEEE Workshop on Content-Based Access of Image and Video Libraries* (Jun. 1998) 112-113.
30. H. Mueller, W. Mueller,D.M. Squire, M. Marchand-Maillet and T. Pun" Performance evaluation in content-based image retrieval: overview and proposals," *Pattern Recognition Letters*, Vol. 22(5)(2001).

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]