

ارزیابی معیارهای عدم شباهت در بازیابی و طبقه‌بندی تصویر

حسین نظام‌آبادی پور^۱، احسان‌اله کبیر^{۲*}

۱- دانش‌آموخته دکتری الکترونیک، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس

۲- دانشیار بخش مهندسی برق، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس

* تهران، صندوق پستی ۱۴۳-۱۴۱۵

kabir@modares.ac.ir

چکیده- در این مقاله کارایی یازده فاصله متفاوت در بازیابی و طبقه‌بندی تصویر، بر اساس رنگ، شکل و بافت، ارزیابی شده است. از معیارهای دقت فراخوانی و نرخ طبقه‌بندی درست در روش k همسایه نزدیکتر به ترتیب برای ارزیابی بازیابی و طبقه‌بندی استفاده شده است. نتایج آزمایش بر روی پایگاه داده ۱۰۰۰ تصویری شامل ده گروه معنایی، بر اساس هیستوگرام رنگ، هیستوگرام راستای لبه‌ها و ویژگیهای گابور، ارائه و بررسی شده است.

کلید واژگان: بازیابی تصویر بر اساس محتوا، معیار عدم شباهت، ویژگی سطح پایین، ویژگی معنایی، طبقه‌بندی.

۱- مقدمه

بازیابی تصویر بر اساس محتوا^۱، یکی از مباحث مهم در زمینه بینایی ماشین است. تحقیقات در این زمینه از اوایل دهه ۹۰ آغاز شد [۱]. مطالعات اولیه، روی استخراج ویژگیهای کارآمد برای نمایه‌سازی تصویر متمرکز بود و ویژگیهای مفیدی ارائه شد [۲-۶]. تحقیقات نشان داد که در یک سامانه عمومی بازیابی تصویر، استفاده از فقط یک نوع ویژگی کافی نیست و کارایی ویژگیهای به کار رفته، به حجم پایگاه تصویر و نوع تصاویر آن بستگی دارد. از این رو جهت تحقیقات به سمت ترکیب ویژگیها تغییر کرد [۷-۹]. اما این موضوع نیز نتوانست به حل مسأله بازیابی تصویر کمک قابل توجهی بکند.

به‌طور کلی ساختن یک سامانه بازیابی تصویر که توانایی کار با پایگاههای بزرگ تصویری، را آن‌هم فقط با اتکا به

ویژگیهای تصویری سطح پایین^۲ داشته باشد، دشوار است. معضل اصلی، رسیدن به معنای موجود در تصویر با توجه به ویژگیهای سطح پایینی مانند رنگ، شکل و بافت است. فاصله میان ویژگیهای سطح پایین و ویژگیهای معنایی^۳ تصویر، به فاصله معنایی^۴ مشهور است [۱۰]. بتازگی محققان برآن شده‌اند تا برای ساختن سامانه‌های کارآمد بازیابی تصویر، این فاصله معنایی را پرکرده و بازیابی تصویر را بر پایه ویژگیهای معنایی انجام دهند. در راستای هدف ذکر شده، از موضوعاتی مانند یادگیری ماشینی، بازخورد ارتباط^۵ و طبقه‌بندی تصویر استفاده می‌شود.

انتخاب معیاری که عدم شباهت بین دو تصویر را بر پایه ادراک^۶ انسان ارائه کند، به میزان قابل توجهی فاصله

2. Low-level feature

3. Semantic feature

4. Semantic gap

5 - Relevance feedback

6. Perceptually-based dissimilarity measure

1. Content-based image retrieval

معنایی را کاهش داده و رسیدن به هدف بازیابی بر اساس معنا را افزایش خواهد داد. برای تعیین میزان عدم شباهت دو تصویر، فاصله میان بردارهای ویژگی آنها از یکدیگر محاسبه می‌شود. استفاده از معیارهای متفاوت در تعیین میزان عدم شباهت دو تصویر، جوابهای متفاوتی خواهد داشت. ممکن است در حالی که ویژگیهای سطح پایین دو تصویر به یکدیگر نزدیک هستند، ویژگیهای معنایی آنها کاملاً متفاوت باشند. همچنین ممکن است دو تصویر یک معنا را داشته باشند، اما ویژگیهای سطح پایین آنها همخوانی چندانی نداشته باشند. بنابراین معیاری که بتواند فاصله بین دو تصویر را با توجه به تفاوت ویژگیهای سطح بالا یا ویژگیهای معنایی آنها ارائه کند، معیار ارزشمندی در بازیابی تصویر محسوب می‌شود.

در این زمینه تاکنون تحقیقات کمی انجام شده است [۱۳، ۱۲]. در [۱۲]، ۹ فاصله عدم شباهت برای ویژگیهای موجکهای گابور و هیستوگرام رنگ بررسی و مقایسه شده است. این فواصل عبارتند از: حالت‌های خاص فاصله مینکوسکی^۱، WMV^۲، CvM^۳، KS^۴، χ^2 ، KL^۵، JD^۶ و EMD^۷. علاوه بر آن، اثر تعداد عناصر هیستوگرام رنگ و اندازه بلوکهای استفاده شده برای استخراج ویژگیهای موجک گابور، مطالعه شده است. تحقیق [۱۳]، فاصله جدیدی را بر اساس فاصله زاویه‌ای^۸ برای بازیابی بر پایه رنگ ارائه می‌کند. از فواصل زاویه‌ای، مینکوسکی و کانبرا^۹ برای مقایسه با فاصله جدید استفاده شده است.

در این تحقیق، ۱۱ فاصله متفاوت برای ویژگیهای رنگ، شکل و بافت در یک پایگاه داده شامل ۱۰۰۰ تصویر برای دو منظور بازیابی و طبقه‌بندی تصویر، مقایسه و ارزیابی

شده است [۱۴]. تعدادی از فواصل از مراجع [۱۳، ۱۲] انتخاب شده‌اند تا بتوان فواصل مطالعه شده در این تحقیق را با فواصل معرفی شده در آن مراجع مقایسه کرد. در این مقاله ارزیابی فواصل برای اولین بار برای ویژگی هیستوگرام راستای لبه‌ها انجام شده است. برای ارزیابی کارایی فواصل، از معیار دقت-فراخوانی برای بازیابی تصویر و نرخ طبقه‌بندی k همسایه نزدیکتر برای طبقه‌بندی تصویر استفاده شده است. علاوه بر آن، مقدار بهینه k برای بهترین طبقه‌بندی تعیین شده است.

ادامه مقاله به صورت زیر سازماندهی شده است: بخش دوم به توصیف ویژگیهایی می‌پردازد که تصاویر با آنها نمایه‌سازی می‌شود. در بخش سوم، فواصل تعیین‌کننده عدم شباهت معرفی می‌شود. بخش چهارم روش ارزیابی کارایی معیارهای عدم شباهت را بیان می‌کند. نتایج این ارزیابی و تفسیر آن در بخش پنجم آورده شده است. در بخش آخر، جمع‌بندی نتایج مقاله ارائه شده است.

۲- توصیف ویژگیها

در این مطالعه از سه نوع ویژگی رنگ، شکل و بافت استفاده شده است. هیستوگرام رنگ و هیستوگرام راستای لبه‌ها به ترتیب به عنوان ویژگیهای رنگ و شکل انتخاب شده است. برای استخراج ویژگی بافت از فیلترهای گابور استفاده شده است. در ادامه به توصیف این ویژگیها می‌پردازیم.

۲-۱- هیستوگرام رنگ

رنگ ویژگی است که بیشتر محققان در بازیابی تصویر بر اساس محتوا از آن استفاده کرده‌اند. فوایدی مانند پایداری، مؤثر بودن، سادگی پیاده‌سازی، سادگی محاسباتی و حجم کم بردار حاصل برای نمایه‌سازی، استفاده از هیستوگرام رنگ را توجیه می‌کند.

فضای رنگ RGB با سیستم بینایی انسان همخوانی ندارد و برای نمایش تصویر در مانیتور و تلویزیون مناسب

1. Minkowski
2. Weighted-Mean-Variance (WMV)
3. Cramer von Mises (CvM)
4. Kolomogorov-Smirnov (KS)
5. Kullback-Leibler (KL)
6. Jeffrey Divergence (JD)
7. Earth Movers Distance (EMD)
8. Angular distance
9. Canberra

بنابراین بردار حاصل از نمایه‌سازی هر تصویر با استفاده از ویژگی راستای لبه‌ها، برداری ۳۶ بعدی است.

۲-۳- ویژگی بافت

فیلترهای گابور به علت خاصیت تفکیک پذیری خوب و چندگانه در حوزه‌های مکان و فرکانس، به عنوان ابزاری قوی در تحلیل بافت استفاده می‌شوند. در این تحقیق در مجموع از ۲۴ فیلتر گابور در ۴ مقیاس^۴ و ۶ جهت^۵ استفاده شده است. فرکانس مرکزی حداکثر، بنا بر پیشنهاد مرجع [۱۸]، برابر $2\sqrt{128}$ سیکل بر پهنای تصویر و فرکانس مرکزی حداقل، برابر $2\sqrt{16}$ سیکل بر پهنای تصویر انتخاب شده است. بنابراین ضریب مقیاس، برابر ۲ است. این فیلترها در ابعاد 256×256 پیکسل طراحی شده است. برای نمایه‌سازی تصویر، در مرحله پیش‌پردازش از روی تصویر رنگی، تصویری خاکستری ساخته شده و این تصویر به ابعاد 256×256 نرمالیزه می‌شود. سپس زیر تصویرهای فیلتر شده، محاسبه می‌شوند. از هر زیر تصویر، دو پارامتر میانگین و انحراف معیار به عنوان ویژگی استخراج می‌شود. برای مطالعه جزئیات الگوریتم مربوط به طراحی فیلترهای گابور برای استخراج ویژگی، مرجع [۱۷] مفید و کافی است.

۳- معیارهای عدم شباهت

از هر معیاری که عدم شباهت بین دو بردار را با مقداری حقیقی بیان کند، می‌توان برای تعیین فاصله بین دو تصویر در بازیابی استفاده کرد. فرض کنیم بردارهای $\underline{X} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ و $\underline{Y} = (y_1, y_2, \dots, y_n)$ بردارهایی n بعدی هستند و $D(\underline{X}, \underline{Y})$ فاصله آنها است. هرچه D کوچکتر باشد، دو بردار به یکدیگر نزدیکتر هستند. در این مطالعه از ۱۱ فاصله استفاده شده که در ادامه تعریف می‌شود.

فاصله مینکوسکی یکی از مشهورترین فواصلی است

است. فاصله اقلیدسی بین دو نقطه در این فضا، تفاوت بین دو رنگ را به شکلی که برای انسان معنادار باشد، بیان نمی‌کند. در این تحقیق از فضای رنگ HSV استفاده کرده‌ایم. از این فضای رنگ در تحقیقات مشابه، بارها استفاده شده است [۷، ۸، ۱۵، ۱۶]. مزایای این فضای رنگ را می‌توان به طور خلاصه چنین بیان کرد.

تناسب زیاد با نحوه ادراک رنگ توسط انسان دارد. مؤلفه‌های لومینانس^۱ و کرومینانس^۲ از یکدیگر جدا هستند و امکان استفاده از یک مؤلفه رنگ یا برتری دادن یک مؤلفه نسبت به سایر مؤلفه‌ها به شکل معناداری وجود دارد.

برای تشکیل هیستوگرام رنگ، فضای HSV به طور خطی چندی‌سازی می‌شود. در این فضا مؤلفه H بنا بر اهمیتی که نسبت به سایر مؤلفه‌ها دارد، به ۶ بازه و دو مؤلفه دیگر هر یک به ۳ بازه چندی‌سازی می‌شوند [۷، ۸]. هیستوگرام رنگ تصویر با شمارش نقاطی که در هر بازه قرار می‌گیرند محاسبه و به تعداد کل نقاط تصویر نرمالیزه می‌شود. بردار حاصل از نمایه‌سازی هر تصویر با استفاده از ویژگی رنگ، برداری ۵۴ بعدی است.

۲-۲- هیستوگرام راستای لبه‌ها

بسیاری از محققان برای توصیف یا بازنمایش ویژگی شکل تصویر از هیستوگرام راستای لبه‌های آن استفاده کرده‌اند [۹]. علت انتخاب این ویژگی، توانایی لبه‌ها در ارائه اطلاعاتی مفید برای نمایش شکل است. هیستوگرام راستای لبه‌ها از روی تصویر خاکستری ساخته می‌شود. در این تحقیق زاویه گرادیان برای هر نقطه لبه در تصویر خاکستری با استفاده از لبه‌یاب سوبل^۳ محاسبه و هیستوگرام راستای لبه با ۳۶۰ عنصر تشکیل می‌شود. این هیستوگرام بعد از هموارسازی و چندی‌سازی خطی به ۳۶ عنصر، به تعداد نقاط لبه در تصویر نرمالیزه می‌شود.

4.Scale
5.Orientation

1. Luminance
2. Chrominance
3. Sobel

کل پایگاه داده است.

$$D(\underline{X}, \underline{Y}) = L_M(\underline{X}, \underline{Y}) = \left(\sum_{i=1}^n |x_i - y_i|^M \right)^{\frac{1}{M}} \quad (1)$$

$$1 \leq M \leq \infty$$

$$D(\underline{X}, \underline{Y}) = \frac{2}{\pi} \cos^{-1} \left(\frac{\underline{X}^T \underline{Y}}{\|\underline{X}\| \|\underline{Y}\|} \right) \quad (2)$$

$$D(\underline{X}, \underline{Y}) = \sum_{i=1}^n \frac{|x_i - y_i|}{|x_i + y_i|} \quad (3)$$

$$D(\underline{X}, \underline{Y}) = 1 - \frac{2 \sum_{i=1}^n \min(x_i, y_i)}{\sum_{i=1}^n (x_i + y_i)} \quad (4)$$

$$D(\underline{X}, \underline{Y}) = \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i - y_i}{x_i + y_i} \right)^2 \quad (5)$$

$$D(\underline{X}, \underline{Y}) = 1 - \frac{\underline{X}^T \underline{Y}}{\|\underline{X}\| \|\underline{Y}\|} \quad (6)$$

$$D(\underline{X}, \underline{Y}) = \frac{L_2(\underline{X}, \underline{Y})}{\|\underline{X}\| + \|\underline{Y}\|} \quad (7)$$

$$D(\underline{X}, \underline{Y}) = \sqrt{(\underline{X} - \underline{Y})^T A (\underline{X} - \underline{Y})} \quad (8)$$

$$D(\underline{X}, \underline{Y}) = \sum_{i=1}^n \frac{|x_i - y_i|}{\sigma_i} \quad (9)$$

۴- ارزیابی کارایی معیارهای عدم شباهت

برای ارزیابی کارایی فواصل تعریف شده، از پایگاه داده شامل ۱۰۰۰ تصویر استفاده شد. فرض شد که ویژگیهای معنایی تصاویر مشخص است. این پایگاه از ۱۰ کلاس معنایی ۱۰۰ تصویری تشکیل شده است. تمام تصاویر هر کلاس، ویژگی معنایی واحدی دارند، اگرچه ممکن است ویژگیهای سطح پایین آنها متفاوت باشند. تصاویر این پایگاه دارای فرمت JPEG و در اندازه های ۳۸۴×۲۵۶ یا ۲۵۶×۳۸۴ هستند. این تصاویر از دو پایگاه تصویر کورل^۴ و سیمپلیسیتی^۵ انتخاب شده است [۱۱]. گروههای معنایی استفاده شده عبارتند از: مردم، شیرها، ساختمانها، اتوبوسها، داخل خانه، فیلهها، گلها، اسبها، کوهستان و غذاها. شکل ۱ یک تصویر از هر گروه معنایی را برای مثال نشان می‌دهد. برای ارزیابی کارایی معیارهای عدم

که در بسیاری از کاربردها استفاده می‌شود. این فاصله از رابطه ۱ به دست می‌آید [۱۹]. سه گونه مشهور از فاصله مینکوسکی - که به ازای $M=1$ ، $M=2$ و $M=\infty$ استخراج می‌شوند - به ترتیب فاصله قدر مطلق یا L_1 ، فاصله اقلیدسی یا L_2 و فاصله نرم ماکزیمم یا L_∞ نام دارند. در این تحقیق از این سه فاصله استفاده شده است. فاصله زاویه ای دو بردار $\underline{X}$ و $\underline{Y}$ با رابطه ۲ تعریف می‌شود [۱۳]. اگر $\underline{X}=\underline{Y}$ ، این فاصله مقدار کمینه خود یعنی صفر و اگر $\underline{X}=-\underline{Y}$ باشد، مقدار بیشینه خود یعنی ۲ را برمی‌گرداند.

فواصل کانیر [۱۳] و زکانوسکی^۱ [۱۹] به ترتیب با روابط ۳ و ۴ تعریف می‌شوند. این فواصل فقط به بردارهایی اعمال می‌شوند که عناصری غیرمنفی دارند. فاصله χ^2 ، فاصله دو بردار $\underline{X}$ و $\underline{Y}$ را با رابطه ۵ تعیین می‌کند [۲۰]. برای ساختن تابعی مبتنی بر ضرب داخلی به گونه‌ای که برای تعیین عدم شباهت دو بردار به کار رود، می‌توان از رابطه ۶ استفاده کرد [۱۹].

در این تحقیق از فاصله دیگری نیز استفاده شده که از رابطه ۷ حاصل می‌شود [۲۱]. این فاصله را در اینجا فاصله فو^۲ می‌نامیم. این فاصله برای $\underline{X}=\underline{Y}$ ، مقدار کمینه خود یعنی صفر و برای $\underline{X}=-\underline{Y}$ ، مقدار بیشینه خود یعنی ۱ را برمی‌گرداند.

فاصله اقلیدسی وزندار بر طبق رابطه ۸ تعریف می‌شود [۱۲]. در حالت خاص، ماتریس A می‌تواند ماتریس معکوس کوواریانس ویژگیها بر روی کل پایگاه داده باشد. در این صورت به آن فاصله ماهالانوبیس^۳ گفته می‌شود که در این تحقیق از آن استفاده شده است.

فاصله WMV برای ارزیابی تصاویر بر پایه بافت، برای ویژگیهای گابور، ارائه شده است [۱۷]. این فاصله برای دو بردار $\underline{X}$ و $\underline{Y}$ مطابق رابطه ۹ تعریف می‌شود که در آن σ_i انحراف معیار مؤلفه i ام بردار ویژگی بر روی

1 - Czekanowski

2 - Fu

3 - Mahalanobis

4 - Corel

5 - SIMPLicity

گرافی ارائه می‌شود که در آن دقت بر حسب فراخوانی رسم می‌شود و به گراف دقت-فراخوانی یا گراف PR مشهور است. معیارهای دقت و فراخوانی به ترتیب از روابط ۱۰ و ۱۱ محاسبه می‌شوند [۲۲].

$$Precision = \frac{\text{No. of relevant images retrieved}}{\text{Total no. of images retrieved}} \quad (10)$$

$$Recall = \frac{\text{No. of relevant images retrieved}}{\text{Total no. of relevant images in the collection}} \quad (11)$$

برای تشکیل گراف PR برای هر یک از فواصل، به این نحو عمل می‌شود که به نوبت، هر یک از ۱۰۰۰ تصویر پایگاه به عنوان تصویر پرس و جو انتخاب شده و بازیابی تصویر از بین ۹۹۹ تصویر دیگر انجام می‌شود. بنابراین برای هر تصویر پرس و جو، ۹۹ تصویر مشابه معنایی در پایگاه تصویر وجود دارد. در هر عمل بازیابی، تصاویر بازیابی شده از رتبه ۱ تا ۱۰۰ تعیین و معیارهای دقت و فراخوانی محاسبه می‌شود. در نهایت برای هر فاصله، میانگین این معیارها برای ۱۰۰۰ تصویر پرس و جو محاسبه و به عنوان معیار نهایی برای مقایسه در نظر گرفته می‌شود.

۴-۲- طبقه‌بندی k همسایه نزدیکتر

طبقه‌بندی k همسایه نزدیکتر، متداولترین روش طبقه‌بندی در بازیابی تصویر است. برای طبقه‌بندی با استفاده از هر یک از فواصل، مانند روش قبلی، هر یک از ۱۰۰۰ تصویر پایگاه به نوبت به عنوان تصویر برچسب نخورده به طبقه‌بندی‌کننده ارائه می‌شود. سپس برچسب واقعی تصویر مذکور با برچسبی که الگوریتم طبقه‌بندی‌کننده به آن نسبت می‌دهد مقایسه و نرخ طبقه‌بندی برای هر فاصله محاسبه می‌شود. در این روش علاوه بر تعیین فاصله کارآمد برای طبقه‌بندی تصویر، جستجو برای تعیین بهترین مقدار k نیز انجام شده است. برای این منظور، طبقه‌بندی برای مقادیر مختلف k، $k \in \{1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19\}$ ، انجام و نتایج مقایسه شده است که در بخش بعدی ارائه خواهد شد.

شباهت از دو روش استفاده شده است. روش اول مبتنی بر معیار دقت-فراخوانی^۱ و روش دوم برپایه طبقه‌بندی k همسایه نزدیکتر است. در ادامه این بخش به نحوه ارزیابی کارایی فواصل این دو روش می‌پردازیم.



شکل ۱ نمونه‌هایی از تصاویر گروه‌های معنایی دهگانه در پایگاه تصویر

۴-۱- گراف دقت-فراخوانی

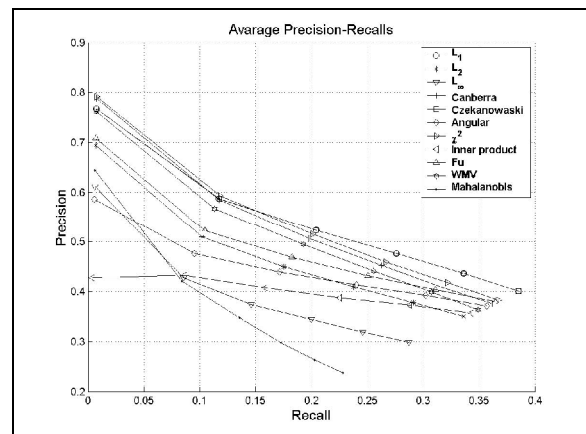
معیارهای دقت و فراخوانی از رایج‌ترین معیارهای ارزیابی در بازیابی تصویر است. اطلاعات این دو معیار به شکل

۵- نتایج آزمایش و تفسیر آن

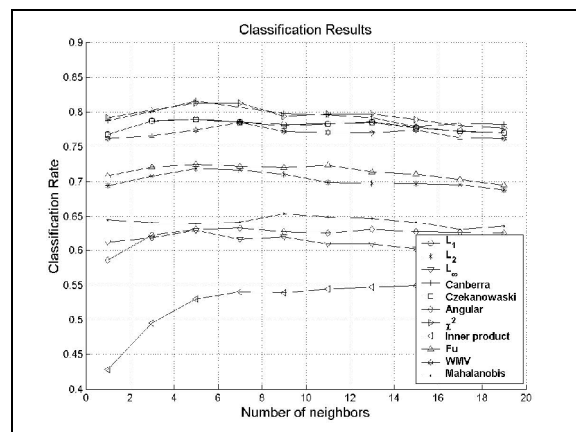
۱۱ فاصله ذکر شده، در بازیابی و طبقه‌بندی معنایی تصویر برای ویژگیهای رنگ، شکل و بافت به تفکیک مقایسه شده، که نتایج آن در اینجا آورده می‌شود.

۵-۱- رنگ

گراف PR در شکل ۲- الف و نرخ طبقه‌بندی در شکل ۲- ب برای فواصل یاد شده بر اساس ویژگی هیستوگرام رنگ نشان داده شده است.



(الف)



(ب)

شکل ۲ مقایسه کارایی فواصل برای هیستوگرام رنگ.

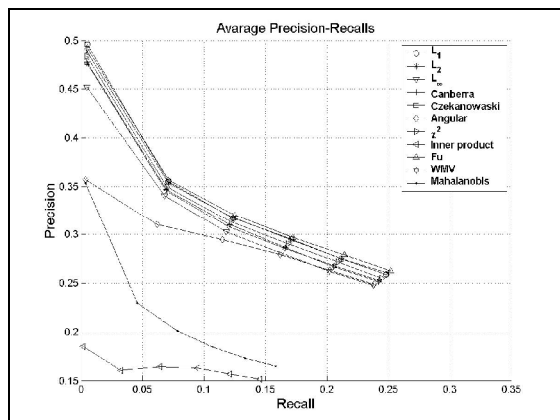
(الف) گراف دقت-فراخوانی، تعداد تصاویر بازیابی شده ۱ تا ۱۰۰ تصویر است. (ب) نرخ طبقه‌بندی برای فواصل مختلف بر حسب تعداد همسایه‌ها در طبقه‌بندی k همسایه نزدیکتر

با توجه به گراف شکل ۲- الف، مشاهده می‌شود که نتایج بهتری برای بازیابی تصویر بر پایه هیستوگرام رنگ، به‌ترتیب با فواصل L_1 ، کانبرا، L_2 و زکانوسکی به‌دست

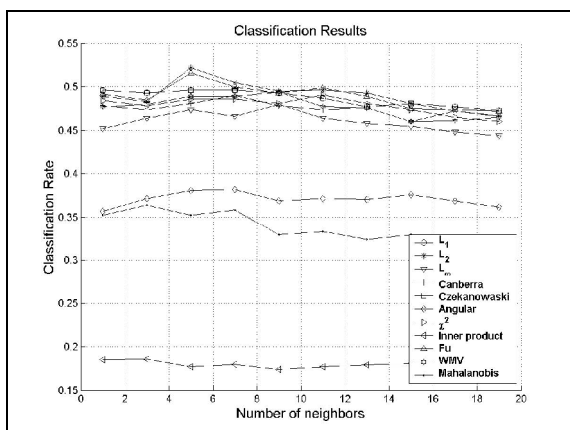
می‌آید. آزمایشها نشان داد که برای بازیابی بیش از ۳۰ تصویر، کارایی فواصل L_1 و زکانوسکی از فواصل L_2 و کانبرا پیشی می‌گیرد. سایر فواصل نتایج ضعیفتری را ارائه می‌کنند که مشهود است. همچنین گراف شکل ۲- ب نشان می‌دهد که بیشترین نرخ طبقه‌بندی به‌ترتیب متعلق به فواصل L_1 ، کانبرا، L_2 و زکانوسکی است، ضمن اینکه بالاترین نرخ طبقه‌بندی به ازای $k=5$ حاصل می‌شود.

۵-۲- شکل

گراف PR در شکل ۳- الف و نرخ طبقه‌بندی در شکل ۳- ب برای ۱۱ فاصله مزبور بر اساس ویژگی هیستوگرام راستای لبه‌ها نشان داده شده است.



(الف)



(ب)

شکل ۳ مقایسه کارایی فواصل برای هیستوگرام راستای لبه‌ها

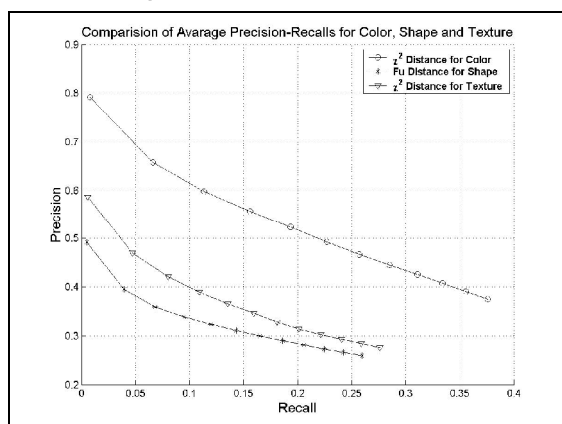
(الف) گراف دقت-فراخوانی، تعداد تصاویر بازیابی شده ۱ تا ۱۰۰ تصویر است. (ب) نرخ طبقه‌بندی برای فواصل مختلف بر حسب تعداد همسایه‌ها در طبقه‌بندی k همسایه نزدیکتر

با توجه به گراف شکل ۴-الف، مشاهده می‌شود که نتایج بهتری برای بازیابی تصویر بر پایه موجک گابور، به ترتیب با فواصل χ^2 ، کانبرا، WMV و L_1 به دست می‌آید. همچنین گراف شکل ۴-ب نشان می‌دهد که بیشترین نرخ طبقه‌بندی به ترتیب متعلق است به فواصل χ^2 ، کانبرا، WMV و L_1 ؛ ضمن اینکه بالاترین نرخ طبقه‌بندی به ازای $k=7$ حاصل می‌شود.

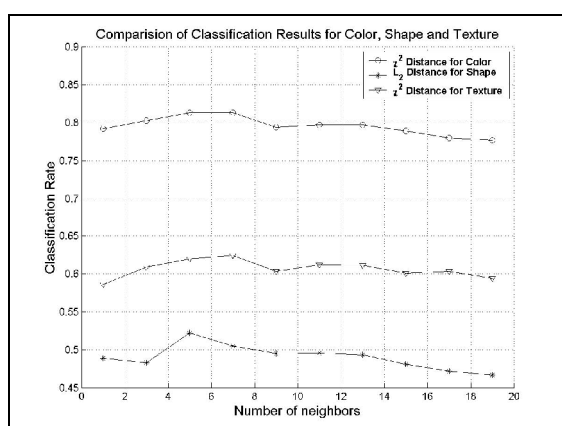
۵-۴- مقایسه ویژگیهای رنگ، شکل و بافت در

بازیابی معنایی تصویر

نتایج نشان می‌دهد که هیستوگرام رنگ در مقایسه با هیستوگرام راستای لبه‌ها و فیلترهای گابور، در بازیابی و طبقه‌بندی معنایی تصویر مؤثرتر است (شکل ۵).



(الف)



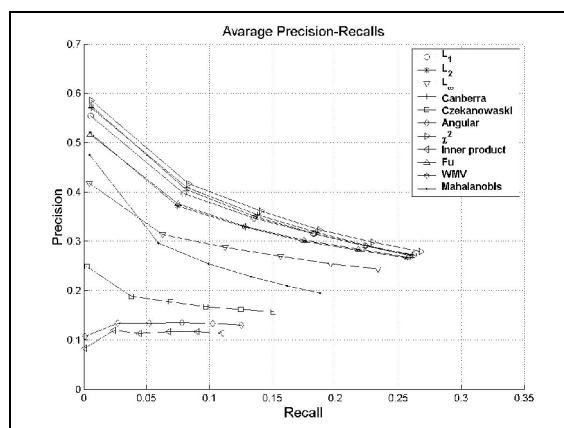
(ب)

شکل ۵ مقایسه کارایی ویژگیهای به کار رفته در این تحقیق (الف) گراف دقت-فراخوانی، تعداد تصاویر بازیابی شده ۱ تا ۱۰۰ تصویر (ب) نرخ طبقه‌بندی بر حسب تعداد همسایه‌ها در طبقه‌بندی k همسایه نزدیکتر، این گرافها برای بهترین فاصله مربوط به هر ویژگی ترسیم شده است.

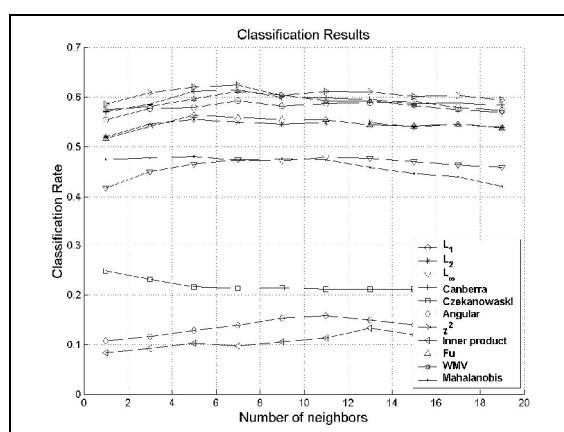
با توجه به گراف شکل ۳-الف مشاهده می‌شود که نتایج بهتری برای بازیابی تصویر بر پایه هیستوگرام راستای لبه، به ترتیب با فواصل L_1 ، L_2 و زکانوسکی به دست می‌آید. همچنین گراف شکل ۳-ب نشان می‌دهد که بیشترین نرخ طبقه‌بندی به ترتیب متعلق است به فواصل L_2 ، L_1 و زکانوسکی؛ ضمن اینکه بالاترین نرخ طبقه‌بندی به ازای $k=5$ حاصل می‌شود.

۵-۳- بافت

گراف PR در شکل ۴-الف و نرخ طبقه‌بندی در شکل ۴-ب برای فواصل یاد شده بر اساس ویژگیهای موجک گابور نشان داده شده است.



(الف)



(ب)

شکل ۴ مقایسه فواصل برای ویژگیهای گابور

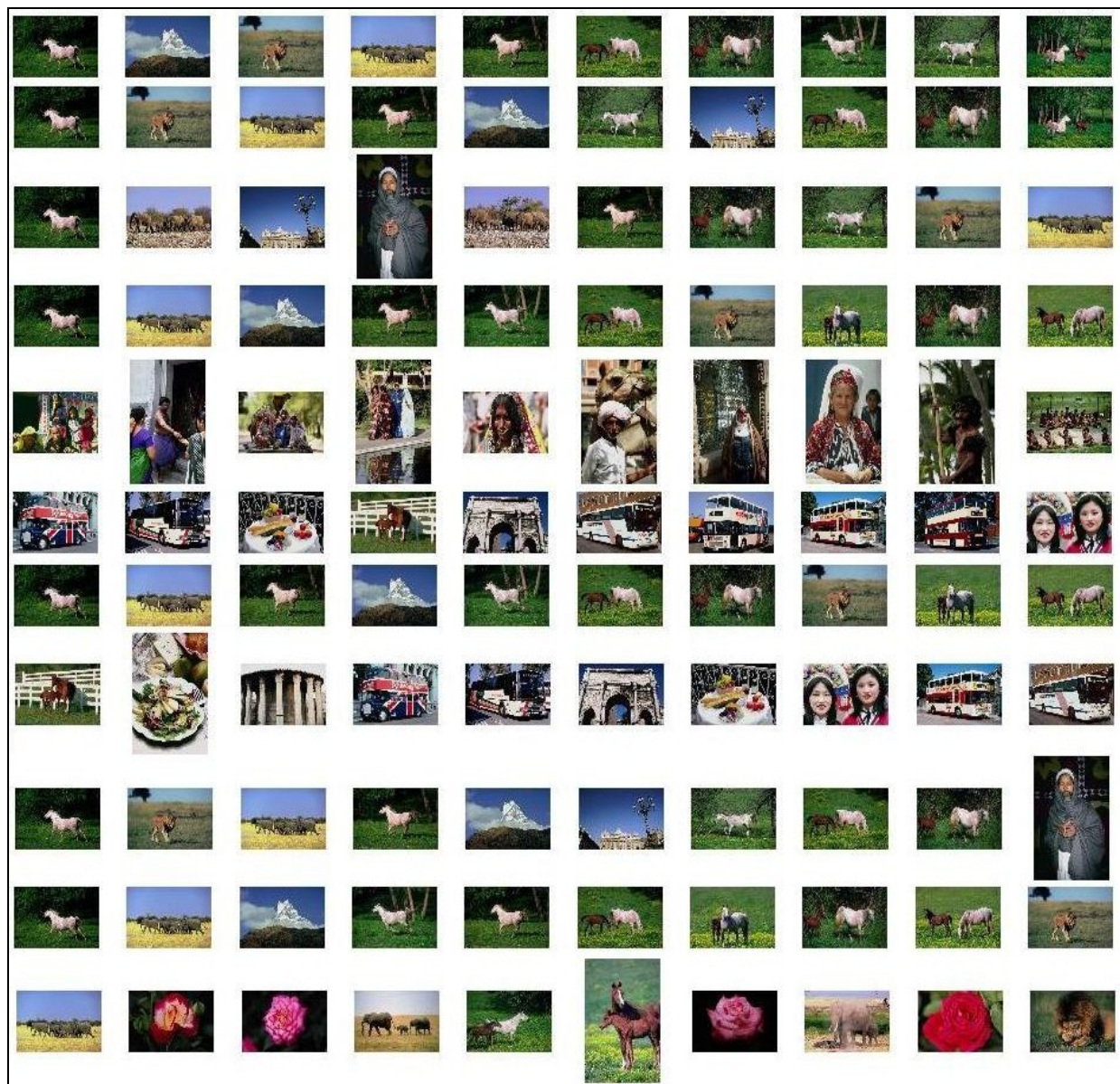
(الف) گراف دقت-فراخوانی، تعداد تصاویر بازیابی شده ۱ تا ۱۰۰ تصویر است. (ب) نرخ طبقه‌بندی برای فواصل مختلف بر حسب تعداد همسایه‌ها در طبقه‌بندی k همسایه نزدیکتر

شکل ۷ تصاویر بازیابی شده با استفاده از فواصل مزبور را برای تصویر پرس و جوی شکل ۶، بر اساس ویژگیهای گاور نشان می‌دهد.



شکل ۶ تصویر پرس و جوی

شکل ۵- الف، گراف دقت- فراخوانی را برای فواصل χ^2 ، فو و χ^2 به ترتیب برای ویژگیهای رنگ، شکل و بافت نشان می‌دهد. همچنین شکل ۵- ب، نرخ طبقه‌بندی تصویر را با استفاده از فواصل χ^2 ، L_2 و χ^2 به ترتیب برای ویژگیهای رنگ، شکل و بافت مقایسه می‌کند. با توجه به شکل ۵ مشاهده می‌شود که هیستوگرام رنگ از دو ویژگی دیگر مؤثرتر است. البته باید توجه داشت که این موضوع به پایگاه تصویر بستگی دارد و نمی‌توان به‌طور کلی و عمومی درباره این ویژگیها قضاوت کرد.



شکل ۷ تصاویر بازیابی شده بر اساس فواصل یاد شده برای ویژگی بافت. (تصویر پرس و جوی در شکل ۶) از بالا به پایین، ردیف اول تا یازدهم، به ترتیب هر ردیف مربوط به فواصل قدر مطلق، اقلیدسی، نرم ماکزیمم، کانبرا، زکانوسکی، زاویه‌ای، χ^2 ، ضرب داخلی، فو، WMV و ماهالانویس. تصویر سمت چپ در هر ردیف رتبه اول را دارد.

Representation, Vol.10, 1999, pp.39-62.

[2] M.J.Swain and D.H.Ballard, "Color Indexing", Int. J. Computer Vision, Vol.7, Vo.1, 1991, pp.11-32.

[3] J.Huang, S.R.Kumar, N.Mitra, W.Zhu and R.Zabih, "Image Indexing Using Color Correlograms", IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognition, 1997, pp.762-768.

[۴] ح.نظام آبادی پور، ا.کبیر و س.سرزیدی، "بازیابی تصویر با استفاده از اطلاعات رنگ و شکل"، دومین کنفرانس بینایی ماشین و پردازش تصویر ایران، جلد دوم، تهران، ۱۳۸۱، صفحات ۲۲۶ تا ۲۳۲.

[۵] ح.نظام آبادی پور، ا.کبیر و س.سرزیدی، "بازیابی تصویر بر اساس هم‌رخدادی رنگها در بلوکهای لبه"، هشتمین کنفرانس انجمن کامپیوتر ایران، مشهد، ۱۳۸۱، صفحات ۳۵۹ تا ۳۶۴.

[۶] ف. محمودی، ج. شهنه‌زاده، ا.م. افتخاری مقدم و ح. سلطانیان زاده، "استفاده از همبستگی بین لبه‌ها در بازیابی تصویر مبتنی بر محتوا"، هفتمین کنفرانس سالانه انجمن کامپیوتر ایران، مرکز تحقیقات مخابرات ایران، ۱۳۸۰، صفحات ۴۰-۴۷.

[7] H. Nezamabadi-pour and E. Kabir, "Image Retrieval Using block-based Color histogram and local Distribution of Intensity Gradient", 2nd Int. Symp. Telecommunications, IST2003, Isfahan, Iran, Aug. 2003, pp.176-180.

[8] H. Nezamabadi-pour and E. Kabir, "Image Retrieval Using Histograms of Unicolor and Bicolor Blocks and Directional Changes in Intensity Gradient", Pattern Recognition Letters, Vol. 25, pp. 1547-1557, 2004.

[9] A.K.Jain and A.Vailaya, "Image retrieval using color and shape", Pattern Recognition, vol.29, no.8, 1996, pp.1233-1244.

۶- جمع بندی

انتخاب فاصله‌ای مناسب به عنوان معیاری که عدم شباهت دو تصویر را بر پایه ادراک انسان مشخص کند، می‌تواند نقش مهمی در کاهش فاصله معنایی و نزدیکتر کردن ویژگیهای سطح پایین و ویژگیهای معنایی ایفا کند. در این راستا، یازده فاصله متفاوت برای ویژگیهای رنگ، شکل و بافت در پایگاه داده شامل ۱۰۰۰ تصویر به منظور بازیابی و طبقه‌بندی تصویر با یکدیگر مقایسه و ارزیابی شدند.

برای ارزیابی معیارهای به کار رفته، از گراف دقت-فراخوانی در بازیابی تصویر و روش k همسایه نزدیکتر در طبقه‌بندی تصویر استفاده شد. علاوه بر آن در طبقه‌بندی با استفاده از k همسایه نزدیکتر، مقدار بهینه k نیز برای بهترین طبقه‌بندی تعیین شد. نتایج این تحقیق، فاصله‌هایی را که در بازیابی و طبقه‌بندی معنایی تصاویر نزدیکتر به ادراک انسان عمل کرده، مشخص می‌سازد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که فواصل χ^2 ، فو و χ^2 به ترتیب برای بازیابی بر اساس هیستوگرام رنگ، هیستوگرام راستای لبه و ویژگیهای گابور بالاترین کارایی را دارند. همچنین فواصل χ^2 ، L_2 و χ^2 به ترتیب برای ویژگیهای ذکر شده، بالاترین نرخ طبقه‌بندی را ایجاد می‌کند. این موضوع به محققان در انتخاب فاصله مناسب برای تعیین عدم شباهت تصاویر بر پایه ویژگیهای بررسی شده کمک شایانی می‌کند.

۷- تشکر و قدردانی

این تحقیق از پشتیبانی مالی مرکز تحقیقات مخابرات ایران بر اساس قرارداد ۵۰۰/۸۰۵۷/ت برخوردار بوده است.

۷- مراجع

[1] Y.Rui and T.S.Huang, "Image Retrieval: Current Techniques, Promising Directions and Open Issues", Journal of Visual Communication and Image

- Techniques for Color Image Retrieval”, *Storage and Retrieval for Image and Video Database IV*, Proc. SPIE, Vol. 2670, 1996, pp. 426-437.
- [17] B.S.Manjunath and W.Y.Ma, “Texture Feature for Browsing and Retrieval of Image Data”, *IEEE PAMI*, No. 18, Vol. 8, pp. 837-842. 1996.
- [18] A.K.Jain and S.K.Bhattacharjee, “Address Block Location on Envelopes Using Gabor Filters”, *Pattern Recognition*, Vol. 25, No. 12, 1992, pp. 1449-1477.
- [19] S.Theodoridis and K.Koutroumbas, *Pattern Recognition*, Academic Press, ISBN:0-21- 686140-4 , 1999.
- [20] S.Antani, R.Kasturi and R.Jain, “A Survey on the Use of Pattern Recognition Methods for Abstraction, Indexing and Retrieval of Images and Video”, *Pattern Recognition*, vol. 35, 2002, pp. 945-965.
- [21] L.Fu, M.Yang, R.Braylan and N.Benson, “Real-Time Adaptive Clustering of Flow Cytometric Data”, *Pattern Recognition*, Vol. 26, no. 2, 1993, pp. 365-373.
- [22] H.Muller, W.Muller, D.M.Squire, S.M.Maillent and T.Pun, “Performance Evaluation in Content-Based Image Retrieval: Overview and Proposals”, *Pattern Recognition Letters*, Vol. 22, 2001, pp.593-601.
- [10] A.W.M.Smeulders, M.Worring, S.Santini, A.Gupta and R.Jain, “Content-based Image Retrieval at the End of the Early Years”, *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 22, No.12, 2000, pp.1349-1380.
- [11] J.Z.Wang, J.Li, D.Chan and G.Wiederholds, “Semantics-sensitive Retrieval for Digital Picture Libraries”, *D-Lib Magazine*, vol.5, no.11, DOI:10.10, ISSN 1082-9873, 1999.
- [12] Y.Rubner, J.Puzicha, C.Tomasi and J.M.Buhmann, “Empirical Cvaluation of Dissimilarity Measures for Color and Texture”, *Computer Vision and Image Understanding*, vol. 84, 2001, pp. 25-43.
- [13] D.Androutsos, K.N.Platanotis and A.N.Venetsanopoulos, “A Novel Vector Based Approach to Color Image Retrieval Using a Vector Angular-Based Distance Measure”, *Computer Vision and Image Understanding*, vol. 75, 1999, pp. 46-58.
- [۱۴] ح. نظام آبادی پور، ا. کبیر، “ارزیابی معیارهای عدم شباهت در طبقه‌بندی تصویر”، نهمین کنفرانس سالانه انجمن کامپیوتر ایران، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ۱۳۸۲، صفحات ۳۶۲ تا ۳۷۰.
- [15] H.W.Yoo, D.S.Jang, S.H.Juang and J.H.Park, “Visual Information Retrieval System Via Content-based Approach”, *Pattern Recognition*, Vol.35, 2002, pp.749-769.
- [16] J.R. Smith, S.F. Chang, “Tools and