

تاریخ دریافت مقاله: ۹۶/۰۳/۲۶
تاریخ پذیرش مقاله: ۹۶/۰۹/۰۵

بازیابی تصویر مبتنی بر محتوا با استفاده از معیار تشابه ناحیه‌بندی

مرضیه فرهادی*

کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران
پست الکترونیکی: m.farhadi68@gmail.com

منصور جمزاد

دانشیار، دانشکده مهندسی کامپیوتر، دانشگاه صنعتی شریف، تهران، ایران
پست الکترونیکی: jamzad@sharif.edu

چکیده

Corel5k در مقایسه با کارهای پیشین، نشان‌دهنده کارایی بهتر سیستم پیشنهادی می‌باشد. واژه‌های کلیدی: بازیابی تصاویر براساس محتوا، رنگ، بافت، فاصله مالوس

۱- مقدمه

در سال‌های اخیر با آسان شدن دسترسی به دوربین‌های دیجیتال تولید و ذخیره‌سازی تصاویر به‌طور چشمگیری افزایش یافته است. بنابراین بازیابی و جستجوی تصاویر به‌صورت کارآمد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار شده است. سیستم‌های اولیه بازیابی تصاویر براساس متن^۱ بودند. در این سیستم‌ها تصاویر با استفاده از کلمات کلیدی^۲، که توسط اپراتورهای انسانی تولید شده بودند برچسب‌گذاری می‌شدند. وارد کردن کلمات کلیدی برای تصاویر به‌صورت دستی برای مجموعه دادگان بزرگ اصولاً ناکارآمد و پرهزینه است و به‌علاوه گاهی ممکن است کلمات کلیدی مناسبی نیز پیشنهاد نشود. برای رفع این مشکل، سیستم‌های کامپیوتری برای بازیابی تصاویر مبتنی بر محتوا توسعه داده شدند [۱].

سیستم‌های بازیابی تصاویر براساس محتوا به

7- text based
8- keywords

بازیابی تصاویر براساس محتوا^۱ یکی از حوزه‌های تحقیقاتی بینایی ماشین است. این حوزه شامل دو مرحله اصلی استخراج ویژگی‌های سطح پایین مثل رنگ، بافت^۲ و شکل و سپس محاسبه معیارهای شباهت برای مقایسه تصاویر است. چالش این سیستم‌ها وجود فاصله معنایی^۳، بین ویژگی‌های بصری سطح پایین^۴ که از تصویر استخراج می‌شوند و ویژگی‌های معنایی سطح بالای^۵ موجود بین تصاویر است. در کارهای اخیر، تحقیقات بر روی کاهش این فاصله معنایی متمرکز شده است. استفاده از روش مناسب برای مقایسه شباهت تصاویر تاثیر بسزایی در عملکرد سیستم بازیابی تصویر دارد. سیستم پیشنهادی ما از معیار شباهت مالوس روی تصاویر قطعه‌بندی شده به‌عنوان معیاری جدید در سیستم‌های بازیابی تصویر استفاده کرده است. این روش با اهمیت دادن به اجزاء مشابه، تاثیر نواحی کم اهمیت را کاهش می‌دهد. افزایش معیار ارزیابی F1-Score^۶ و در سیستم پیشنهادی بر روی مجموعه دادگان Simplicity و

* نویسنده مسئول

- 1- Content Based Image Retrieval (CBIR)
- 2- texture
- 3- semantic gap
- 4- low-level feature
- 5- high-level semantic feature

۶- معیار ارزیابی که در سیستم‌های بازیابی تصاویر برای مقایسه دو سیستم بازیابی به کار می‌روند.

پارامترهای توصیف کننده رنگ، بافت و شکل متکی هستند. در این حالت ویژگی‌های سطح پایین از مجموعه دادگان و تصویر پرس‌وجو استخراج شده و با هم مقایسه می‌گردند. تصاویر با حداقل فاصله با تصویر درخواستی به عنوان نتیجه جستجو نشان داده می‌شوند. ایراد اصلی سیستم‌های بازیابی تصاویر براساس محتوا این است که تصاویر با ویژگی‌های سطح پایین مشابه، ممکن است با تصویر پرس‌وجو، از نظر معانی درک شده توسط کاربر متفاوت باشند [۳،۲]. بنابراین کاهش فاصله معنایی بین ویژگی‌های سطح پایین و مفاهیم سطح بالای تصاویر، به یک حوزه چالش برانگیز و جالب تحقیقاتی تبدیل شده است [۱].

یکی از راه‌های افزایش دقت بازیابی، ارایه روش‌هایی است که بتواند این شکاف معنایی را کاهش دهد. بازیابی بر اساس ناحیه‌بندی تصاویر یکی از این روش‌ها محسوب می‌شود. برای این منظور ابتدا تصاویر به تعدادی ناحیه افزاز می‌شوند به گونه‌ای که پیکسل‌های واقع در یک ناحیه دارای مفهوم یکسان باشند. این ناحیه‌بندی بر اساس ویژگی‌های رنگ و بافت صورت می‌گیرد [۴]. سپس از این نواحی ویژگی‌های مورد نظر استخراج می‌شود.

همان‌طور که گفته شد بازیابی تصویر از دو مرحله انتخاب بردار ویژگی و مقایسه بردارهای ویژگی با هم که همان مقایسه شباهت تصاویر با هم است، تشکیل شده است. انتخاب بردار ویژگی بدون در نظر داشتن معیار مقایسه مناسب ممکن است بهبود چشمگیری در سیستم بازیابی ندهد. بنابراین انتخاب مناسب یک معیار فاصله خوب برای مرحله مقایسه ویژگی تاثیر بسزایی در کیفیت سیستم بازیابی دارد. هدف سیستم پیشنهادی ارائه روش جدیدی برای مقایسه این ویژگی‌ها است تا مشکلات روش‌های مقایسه پرکاربرد مثل فاصله اقلیدسی را نداشته باشد و به‌علاوه به راحتی بتوان از آن در پیدا کردن شباهت تصاویر در سطح ناحیه استفاده کرد. مانیونچلی و موانشین [۵] ثابت کرده‌اند نمایش تصاویر در سطح ناحیه بیشتر به سیستم ادراک انسان نزدیک می‌باشد، لذا انتظار

می‌رود مقایسه در سطح ناحیه نتایج مطلوب‌تری به دست دهد. به این منظور در سیستم پیشنهادی ابتدا قطعه‌بندی بر اساس دو ویژگی رنگ و بافت به‌طور جداگانه به ترتیب توسط روش‌های Meanshift و Jseg انجام می‌گردد. سپس نتایج حاصل از این دو روش با هم ترکیب می‌شوند. تشابه بین تصاویر مورد جستجو و تصاویر مجموعه دادگان توسط روش فاصله مالوس سنجیده می‌شود.

ادامه این مقاله به شرح زیر می‌باشد. در قسمت دوم کارهای انجام شده در خصوص استخراج بردار ویژگی مناسب و کارهای مرتبط با این مقاله ارائه شده است. در قسمت سوم و چهارم به ترتیب، مرحله استخراج ویژگی و مقایسه تصاویر در سیستم پیشنهادی توضیح داده شده است. در قسمت پنجم نتایج تجربی به دست آمده بر روی مجموعه دادگان Corel5k^۱ و Simplicity^۱ ارائه شده است. دسته‌بندی متنوع و مناسب ارائه شده توسط این دو مجموعه دادگان و همچنین نرخ بالای استفاده از این مجموعه دادگان، سبب شده این دو به‌عنوان دو مجموعه دادگان مناسب برای بازیابی تصاویر استفاده شوند. نهایتاً در قسمت ششم نتیجه‌گیری کلی آورده شده است.

۲- کارهای مرتبط

همان‌طور که گفته شد بازیابی تصویر از دو مرحله استخراج ویژگی و یافتن تصاویر مشابه تشکیل شده است. در مرحله استخراج ویژگی آلتا و همکاران [۶] از هیستوگرام رنگ تصویر برای ناحیه‌بندی استفاده کرده‌اند. در این منبع برای ایجاد یک هیستوگرام رنگ، فضای رنگ به یک سری نواحی تقسیم‌بندی می‌شود. شرما و همکاران [۷] از هیستوگرام رنگ برای نمایش اطلاعات رنگ مبتنی بر فضای رنگ HSV استفاده کرده‌اند. کانال H و کانال S به ۸ ستون کمی شده‌اند و مقادیر آن‌ها در ۴ ستون قرار

۹- این مجموعه دادگان دارای ۵۰۰۰ تصویر است که در ۵۰ رده متنوع دسته‌بندی شده‌اند. این مجموعه دادگان از نشانی زیر قابل دریافت است: <https://sites.google.com/site/dctresearch/Home/content-based-image-retrieval>

۱۰- این مجموعه دادگان دارای ۱۰۰۰ تصویر است که در ۱۰ رده متنوع دسته‌بندی شده‌اند. این مجموعه دادگان از نشانی زیر قابل دریافت می‌باشد: <http://wang.ist.psu.edu/docs/related/>

داده شده است. در سیستم ارائه شده توسط زانگ و همکاران [۸] هیستوگرام سه بعدی به عنوان بردار ویژگی رنگ استفاده شده است. تعداد ستون‌های هر کانال رنگ مشترک در نظر گرفته می‌شود و از سه فضای رنگ RGB، IHL^{۱۱} و L*a*b* استفاده شده است. هارالیک و همکاران [۹] از ماتریس کواریانس سطح خاکستری برای به دست آوردن بردار ویژگی استفاده کرده‌اند. این ماتریس تعداد رخدادهای پیکسل‌ها با سطح خاکستری را در جهات عمودی، افقی و قطری که در نزدیکی پیکسل با مقدار z هستند، به دست می‌آورد. سپس چندین خصوصیت آماری بافت مثل کنتراست^{۱۲}، همبستگی^{۱۳}، انرژی^{۱۴}، همگنی^{۱۵} و آنتروپی^{۱۶} با استفاده از ماتریس کواریانس سطح خاکستری به دست می‌آیند که به عنوان بردار ویژگی استفاده شده‌اند.

سلاراجاه و همکاران [۱۰] توصیف‌گرهای شکل را برای نواحی چشمگیر^{۱۷} براساس ناحیه و گشتاورهای درجه دوم به کار گرفته‌اند. رحمان و همکاران [۳] از هیستوگرام جهت لبه به عنوان توصیف ویژگی شکل استفاده کرده‌اند. اطلاعات لبه موجود در تصویر با استفاده از الگوریتم‌های تشخیص لبه مثل کنی و سو بل به دست می‌آیند. جهات لبه به یک سری ستون کمی می‌شوند، برای آن که نسبت به مقیاس ثابت باشد، هیستوگرام نسبت به تعداد پیکسل‌های تصویر نرمال می‌شود. یانگ و همکاران [۱۱] از نوعی گشتاور به نام گشتاورهای زرنیک استفاده کرده‌اند. این گشتاورها هم نسبت به چرخش و تغییر اندازه مقاوم هستند. همچنین نسبت به نوفه و قرینه شکل در آینه مقاوم می‌باشند، اما دارای پیچیدگی محاسباتی بالایی می‌باشند. چودری و همکاران [۱۲] از گشتاورهای لگندر^{۱۸} استفاده کرده‌اند که این گشتاورها از چند جمله‌ای لگندر به عنوان تابع کرنل استفاده می‌کنند.

- 11- Improved Hue Luminance and Saturation
- 12- contrast
- 13- correlation
- 14- energy
- 15- homogeneity
- 16- entropy
- 17- region of interest
- 18- Legendre

بازیابی تصویر توسط پرابهو و همکاران [۱۳] با استفاده از رنگ و بافت از طریق استخراج ویژگی‌های ماتریس همبستگی سطح خاکستری^{۱۹} و ماتریس همبستگی رنگ صورت گرفته است. لاند و همکاران [۱۴] از ویژگی رنگ دامنه و ماتریس همبستگی سطح خاکستری استفاده کرده‌اند. دپاد و همکاران [۱۵] بازیابی تصویر را با استفاده از تشخیص رنگ لبه با فیلتر گرادیان و روش اندازه شیب انجام داده‌اند.

از مراحل مؤثر در تغییر میزان دقت در سیستم‌های بازیابی تصاویر، انتخاب روش مقایسه تصاویر است. به این منظور سیستم‌های مختلف برای داشتن میزان دقت بالاتر سعی در انتخاب روش‌های دقیق‌تری برای تشخیص فاصله دو تصویر (معیار مقایسه) از هم دارند. اکثر مقالات اخیر [۱۴، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۱۹، ۲۰] برای مقایسه از فاصله اقلیدسی استفاده کرده‌اند. سیستم ارائه شده توسط دپاد و همکاران [۱۵] از فاصله منهن استفاده کرده است. سیستم‌های ارائه شده توسط لیو و همکاران [۲۱] و رحمان و همکاران [۲۲] از معیار کنبرا و سیستم ارائه شده توسط زانگ و همکاران [۸] از فاصله ماهالانویس استفاده کرده است.

۳- استخراج بردار ویژگی

در این مرحله بردار ویژگی از تصاویر استخراج می‌شود. در سیستم پیشنهادی ابتدا بردار ویژگی رنگ استخراج می‌شود. در این مرحله ابتدا توسط الگوریتم MeanShift هر تصویر ناحیه‌بندی می‌شود. فرض کنید تصویر A توسط این الگوریتم به n ناحیه تقسیم گردد. سپس از هر ناحیه n ناحیه تصویر A ویژگی‌های رنگ آن استخراج می‌شود. فرض کنید ابعاد بردار ویژگی رنگ استخراج شده از هر ناحیه تصویر A برابر 1xp باشد. بنابراین برای هر تصویر مثل A یک ماتریس ویژگی رنگ تشکیل می‌دهیم که هر سطر آن بردار ویژگی یک ناحیه است. در نهایت یک ماتریس nxp برای ویژگی رنگ تصویر به دست می‌آید. در مرحله بعد همانند استخراج ماتریس رنگ، برای استخراج ویژگی بافت

19- gray level co-occurrence matrix

جدول ۱: میانگین متوسط دقت بازیابی در فضاهای رنگی مختلف برای مجموعه دادگان Corel5k

فضای رنگ	میانگین متوسط دقت به %
RGB	۱۷/۰۳
L*a*b*	۱۷/۴۳
HSV	۲۴/۰۹
LUV	۲۶/۸۰

دارای دقت بالاتری است. بنابراین در سیستم پیشنهادی از این فضای رنگ استفاده شده است.

پس از انتخاب فضای رنگ نوبت به مرحله استخراج ویژگی‌های مرتبط با رنگ می‌رسد. در مقالات سال‌های اخیر [۱۷، ۱۸، ۲۰، ۲۳] گشتاورهای رنگ دارای بیشترین درصد استفاده در سیستم‌های بازیابی ارائه شده هستند. همچنین با توجه به این‌که در سیستم پیشنهادی تصاویر توسط الگوریتم MeanShift به نواحی تقریباً همگن (از نظر رنگ) تقسیم می‌شوند، استفاده از ویژگی‌های دیگر مثل هیستوگرام رنگ نمی‌تواند توصیفگر خوبی برای ناحیه باشد. بنابراین در این سیستم دو گشتاور اول رنگ به‌عنوان توصیفگر رنگ انتخاب شده‌اند. به دلیل همگن بودن نواحی، گشتاور اول یا میانگین، نماینده خوبی برای توصیف ناحیه است و اگر ناحیه کمی غیرهمگن شود با در نظر گرفتن گشتاور دوم یا انحراف معیار به خوبی این مسئله قابل توصیف می‌باشد.

۳-۱-۱- الگوریتم ناحیه‌بندی MeanShift

الگوریتم MeanShift روشی غیر پارامتریک برای یافتن بیشینه محلی و یا خوشه‌بندی^{۲۰} است. ایده اصلی این الگوریتم این است که در ابتدا نقاط تصویر به یک فضای n بعدی برده می‌شوند. نقاط موجود در این فضای n بعدی، ویژگی (هر نقطه یک بردار ویژگی n بعدی است) را به‌صورت یک توزیع احتمال توصیف می‌کنند. این نقاط در یک ناحیه تشکیل یک خوشه می‌دهند. بنابراین نواحی فشرده^{۲۱} در یک خوشه به‌عنوان بیشینه‌های محلی توزیع در نظر گرفته می‌شوند.

ابتدا تصاویر توسط الگوریتم jseg به m ناحیه تقسیم شده سپس برای هر ناحیه ماتریس همبستگی سطح خاکستری تصویر به‌دست آمده و ویژگی‌های انرژی، تباین، همگنی و آنتروپی به‌عنوان بردار ویژگی از این ماتریس استخراج می‌شوند. برای هر ناحیه این چهار ویژگی بافت به‌دست آمده در کنار هم قرار داده می‌شوند که تشکیل بردار ویژگی بافت را می‌دهند. فرض کنید ابعاد بردار ویژگی بافت استخراج شده از هر ناحیه تصویر A برابر $1 \times q$ باشد. بنابراین برای تصویر A یک ماتریس ویژگی بافت تشکیل می‌دهیم که هر سطر آن بردار ویژگی یک ناحیه است. در نهایت یک ماتریس $m \times q$ برای ویژگی بافت یک تصویر A به‌دست می‌آید.

در پایان مرحله استخراج ویژگی، ما دو ماتریس ویژگی داریم. یکی برای رنگ و دیگری برای بافت. تعداد سطرهای هر یک از این دو ماتریس ویژگی مساوی تعداد نواحی است. تعداد سطرهای ماتریس رنگ و بافت با هم مساوی نیست. زیرا تعداد نواحی به‌دست آمده توسط الگوریتم‌های Mean-Shift و jseg الزاماً با هم یکسان نیستند. تعداد ستون‌های این دو ماتریس طول بردار ویژگی را نشان می‌دهد و چون طول بردار ویژگی رنگ و بافت برابر نیستند تعداد ستون‌های این دو ماتریس با هم مساوی نیستند. لذا چون این دو ماتریس دارای ابعاد متفاوتی هستند نمی‌توان آنها را در هم ادغام کرد.

۳-۱-۲- رنگ

در استخراج ویژگی رنگ ابتدا باید فضای رنگ مورد استفاده تعیین شود. در مقالات سال‌های اخیر بیشتر از فضاهای رنگ HSV، L*a*b* و LUV استفاده شده است. به‌منظور انتخاب فضای رنگ مناسب، ویژگی رنگ تصاویر مجموعه دادگان Corel5k در هر سه فضای رنگ فوق‌الذکر و همچنین در فضای رنگ RGB استخراج شده و بازیابی بر اساس رنگ در هر چهار فضای رنگ صورت گرفت. تعداد تصاویر پرس و جوی استفاده شده، ۵۰ تصویر است. همان‌طور که در جدول (۱) دیده می‌شود فضای رنگ LUV

20- clustering
21- dense

این الگوریتم با یک روش تکراری شروع به پیدا کردن بیشینه‌های محلی می‌کند. در هر تکرار هر نقطه داده در فضای ویژگی را در مرکز یک پنجره جستجو قرار می‌دهد، سپس بررسی می‌شود که آیا آن نقطه داده از نظر توزیع آماری در یک بیشینه محلی قرار دارد یا خیر.

در صورتی که آن نقطه در یک بیشینه محلی قرار نداشته باشد، مرکز همسایگی جابجا شده و مجدداً بررسی می‌شود که آیا آن نقطه جدید (مرکز همسایگی) از نظر توزیع آماری در یک بیشینه محلی قرار دارد یا خیر.

مرکز جدید که مورد بررسی قرار می‌گیرد از رابطه (۱)

می‌آید:

$$m(x) = \frac{\sum_{i=1}^n K(x - x_i)x_i}{\sum_{i=1}^n K(x - x_i)} \quad (1)$$

در ابتدا X اولین مرکز پنجره جستجو است که این پنجره توسط تابع کرنل k تعیین می‌گردد. X_i ها نقاط همسایه X در پنجره جستجو هستند. اگر X بیشینه محلی نباشد $m(X)$ را به عنوان مرکز جدید محاسبه کرده در صورتی که آن هم بیشینه محلی نباشد آن را در X ریخته $(x \leftarrow m(x))$ و این حلقه را تا زمانی که به یک همگرایی رسیده و نقطه داده‌ای پیدا شود (مرکز پنجره جستجو) که بر روی بیشینه محلی قرار داشته باشد، ادامه می‌دهیم. در شرایط خاص با محدود کردن تعداد دفعات تکرار نیز می‌توان از الگوریتم خارج شد. نتایج ناحیه‌بندی توسط این الگوریتم بر روی چند تصویر انتخابی از مجموعه دادگان Corel5k و Simplicity به ترتیب در شکل‌های (۱) و (۲) آورده شده است.

۳-۲- بافت

استفاده از ماتریس همبستگی سطح خاکستری یکی از رایج‌ترین روش‌های استخراج خصیصه بافت می‌باشد. برای استخراج ویژگی بافت چون نواحی استخراج شده توسط الگوریتم Jseg مستطیلی نیستند و برای استخراج این دسته از ویژگی‌ها نواحی باید مستطیلی باشند بنابراین باید به گونه‌ای نواحی غیرمستطیلی به نواحی مستطیلی تبدیل شوند. یک راه شهودی برای حل این مشکل این

است که نواحی غیرمستطیلی را درون یک ناحیه مستطیلی قرار دهیم و نقاط خالی ناحیه مستطیل را با صفر پر کنیم [۲۴]. با توجه به این‌که برخی نواحی در تصاویر دنیای واقعی دارای بافت همگن نیستند، بنابراین قرار دادن مقادیر ابتدایی صفر برای تبدیل ناحیه به یک ناحیه مستطیلی، یک مولفه کاذب می‌سازد که معرف ناحیه واقعی نیست و باعث می‌شود کارایی ویژگی بافت به دست آمده کاهش یابد. برای کاهش این مشکل در سال‌های اخیر کوچک‌ترین مستطیل محاط شونده در ناحیه را در نظر می‌گیرند [۲۵، ۲۶].

مشکل روش فوق این است که اگر ما یک ناحیه دارای عرض کم و طول زیاد و قوسی شکل داشته باشیم، مستطیل محاط شده در آن ناحیه نماینده خوبی برای آن نمی‌باشد. برای حل این مشکل در سیستم پیشنهادی مربع‌هایی با ابعاد 8×8 در نظر گرفته می‌شود. یک مربع روی ناحیه مورد نظر می‌چرخد و فقط در مکان‌هایی که به طور کامل با ناحیه‌ای هم‌پوشانی پیدا می‌کند مقدار بافت آن ناحیه را اندازه‌گیری می‌نماید. سپس میانگین مقادیر محاسبه شده در این مربع‌ها به عنوان توصیف بافت آن ناحیه در نظر گرفته می‌شود. به دلیل آن‌که ممکن است در برخی نواحی، ناحیه‌بندی بافت غیرهمگن باشد و میانگین کلی بافت از بافت غالب آن ناحیه فاصله بگیرد گشتاور دوم یا انحراف معیار مقادیر بافت به دست آمده در هر مربع هم محاسبه می‌شود. سپس میانگین انحراف معیارهای مربع‌های 8×8 به عنوان انحراف معیار آن ناحیه در نظر گرفته می‌شود. بنابراین در نهایت برای هر ناحیه فقط یک مقدار میانگین و یک مقدار انحراف معیار به دست می‌آید که این مقادیر خود میانگین و انحراف استاندارد مربع‌های 8×8 داخل هر ناحیه هستند.

۳-۲-۱- ماتریس همبستگی سطح خاکستری

ماتریس‌های همبستگی سطح خاکستری برای استخراج آماره‌های مرتبه دوم از یک تصویر مورد استفاده قرار می‌گیرند. ماتریس‌های همبستگی تعداد تکرارهای دو پیکسل

جدول ۲: خصیصه‌های ماتریس همبستگی $p(i,j)$ [۲۸]

فرمول	خصیصه
$\sum_i \sum_j p^2(i,j)$	انرژی
$\sum_i \sum_j p(i,j) \log p(i,j)$	آنترپی
$\sum_i \sum_j (i-j)^2 p(i,j)$	تباين
$\sum_i \sum_j \frac{p(i,j)}{1+ i-j }$	همگنی

۴- مقایسه تصاویر

در برخی سیستم‌ها ویژگی‌های رنگ و بافت پشت سرهم در یک بردار ویژگی قرار می‌گیرند. سپس بردارهای ویژگی کلی آن‌ها با هم مقایسه می‌شوند. در سیستم پیشنهادی به دلیل آن‌که ناحیه‌بندی تصاویر برای رنگ و بافت به‌طور مستقل از هم انجام شده است، در نتیجه تعداد نواحی و اندازه نواحی در دو روش متفاوت به‌دست می‌آید. بنابراین برای مرحله مقایسه تصاویر ابتدا برای رنگ فاصله ماتریس رنگ تصویر پرس و جو با ماتریس رنگ تصاویر مجموعه دادگان توسط فاصله مالوس به‌دست می‌آید. این فواصل در برداری ذخیره می‌شوند. پس از آن این بردار فاصله با استفاده از رابطه (۲) نرمال می‌شود.

$$DistanceNormal = \frac{(Distance - \min(Distance))}{\max(Distance) - \min(Distance)} \quad (2)$$

که $Distance$ بردار فاصله با معیار فاصله اقلیدسی و $DistanceNormal$ بردار نرمال شده فاصله است.

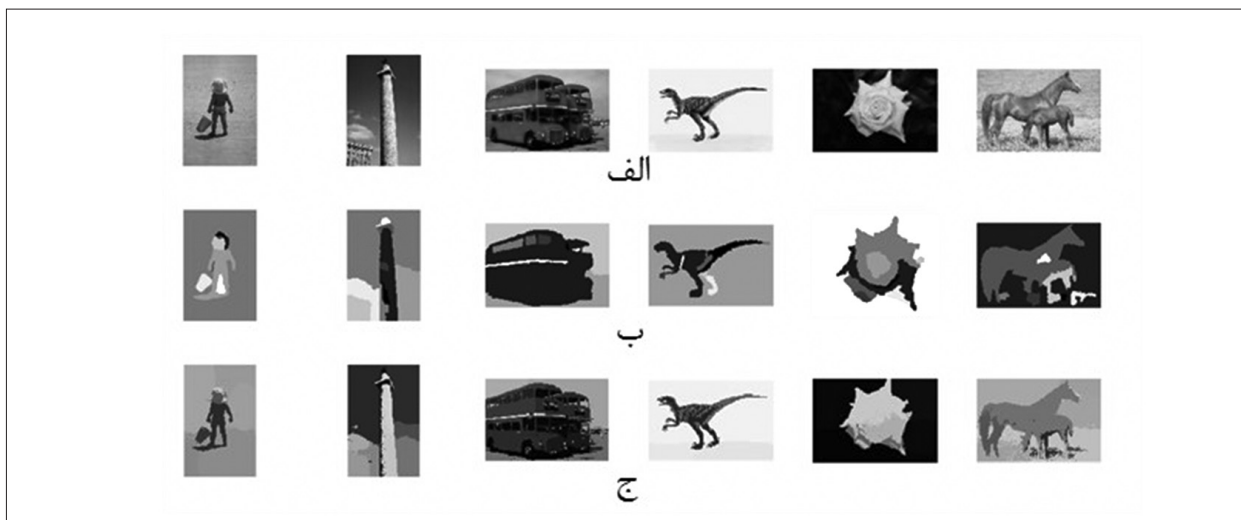
فاصله مالوس به‌دست آمده برای ویژگی رنگ و بافت هر یک به‌طور جداگانه در یک بردار محاسبه شده و طبق رابطه (۲) نرمال‌سازی می‌شوند. سپس این دو بردار نرمال شده به دنبال هم قرار داده می‌شوند تا تشکیل یک بردار ویژگی توصیف کننده رنگ و بافت را بدهند. شباهت یک تصویر پرس و جو به هر یک از تصاویر پایگاه داده با مقایسه دو بردار ویژگی مربوطه که به شرح فوق به‌دست آمده است محاسبه می‌شود. در اغلب روش‌های بازیابی

که در جهت یک بردار معین تحت عنوان بردار تغییر مکان، در تصویر اتفاق می‌افتند را تعریف می‌کند. تغییر جهت بردار، امکان می‌دهد تا مشخصه‌های متفاوتی از بافت را به‌دست آوریم. بعد از این که ماتریس همبستگی تشکیل شد، خصیصه‌های مختلفی از آن می‌تواند محاسبه گردد. چهار خصیصه از معمول‌ترین آن‌ها در جدول (۲) لیست شده‌اند [۲۷]. $p(i,j)$ ماتریس همبستگی سطح خاکستری یک تصویر که دارای m پیکسل در جهت افقی و n پیکسل در جهت عمودی است. i و j مختصات افقی و عمودی ماتریس هستند به‌طوری که $0 \leq j \leq n$ و $0 \leq i \leq m$.

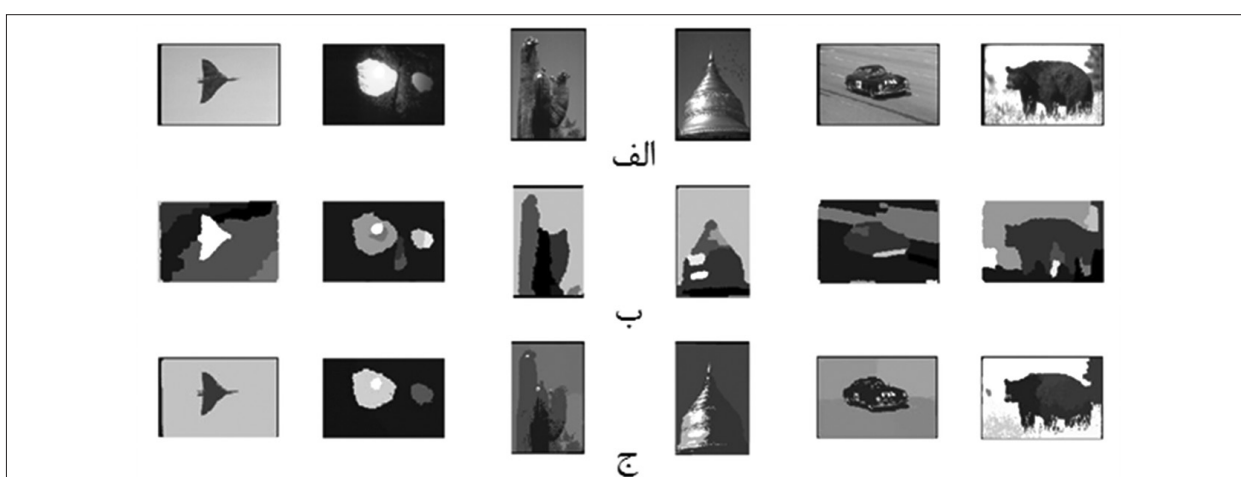
۳-۲-۲- الگوریتم Jseg

بسیاری از تکنیک‌های ناحیه‌بندی موجود، مثل روش‌های خوشه‌بندی در فضای رنگ، برای نواحی رنگی همگن خوب کار می‌کنند. صحنه‌های طبیعی دارای رنگ و بافت غنی می‌باشند و از طرفی بسیاری از الگوریتم‌های ناحیه‌بندی بافت نیاز به تخمین پارامترهای مدل بافت دارند. تخمین این پارامترها یک مسئله سخت است و در اغلب موارد نیاز به ناحیه‌بندی همگن خوب دارد. هدف این الگوریتم ناحیه‌بندی همگن بر اساس رنگ و بافت تصویر و ویدئو است. الگوریتم Jseg این دو هدف را دنبال می‌کند. عدم اولویت در به دست آوردن مدلی خاص برای ناحیه بندی بافت و استخراج الگوی رنگ و بافت همگن در تصاویر ناحیه بندی شده. شناسایی نواحی همگن بر مبنای فرضیات زیر انجام می‌شود:

- هر تصویر شامل مجموعه‌ای از نواحی رنگ و بافت همگن است.
- اطلاعات رنگ در هر ناحیه تصویر می‌تواند با مجموعه‌ای از رنگ‌ها کَمی شود.
- رنگ‌ها در دو ناحیه مجاور متفاوت هستند، این یک فرض ابتدایی در تمامی الگوریتم‌های ناحیه‌بندی تصویر است [۲۹].
- نتایج ناحیه‌بندی توسط این الگوریتم بر روی نمونه‌هایی از مجموعه دادگان Corel5k و Simplicity در شکل‌های (۱) و (۲) آمده است.



شکل ۱: تصاویر مجموعه دادگان (الف simplicity الف) تصاویر اصلی (ب) ناحیه بندی توسط الگوریتم Jseg (ج) ناحیه بندی توسط الگوریتم MeanShift.



شکل ۲: تصاویر مجموعه دادگان Corel5k (الف) تصاویر اصلی (ب) ناحیه بندی توسط الگوریتم Jseg (ج) ناحیه بندی توسط الگوریتم MeanShift.

مشابه می‌دهد و تأکید کمی به اجزایی دارد که شباهت کمی به اکثر سایر داده‌ها دارند [۳۱].

ایده اصلی سیستم پیشنهادی این است که نواحی تصاویر به صورت توزیع‌هایی با احتمال متفاوت دیده شوند و سپس این توزیع‌ها در دو تصویر با هم مقایسه شده و میزان شباهت آن‌ها بررسی گردد. حسن این روش این است که با در نظر گرفتن احتمال برای هر توزیع که همان مساحت ناحیه مورد نظر در تصویر است تأثیر مخرب نقاط دور افتاده در فاصله اقلیدسی بسیار کاهش داده می‌شود. چون نقاط ایزوله دارای احتمال کم هستند و نباید تأثیر زیادی بر معیار فاصله بگذارند.

به عبارت دیگر فاصله مالوس اختلاف بین دو توزیع

تصویر، بنا به نیاز تعدادی از تصاویری از بانک داده که کمترین فاصله برداری را از هم دارند گزارش می‌شوند.

۴-۱- فاصله مالوس

فاصله اقلیدسی معمول‌ترین معیار مقایسه شباهت دو بردار ویژگی است که در مقالات سالهای اخیر استفاده شده است. زمانی که بردار ویژگی دارای ابعاد بالا است، فاصله اقلیدسی ممکن است توسط برخی از نقاط دور افتاده^{۲۲} تحت تأثیر قرار گیرد. ولی در معیار مالوس تعداد کمی از نقاط دور افتاده در بردار ویژگی بر معیار فاصله تأثیرگذار هستند [۳۰]. در این قسمت سعی بر این است که یک معیار فاصله‌ای پیشنهاد داده شود که اهمیت بیشتری به اجزاء

22- Outlier's component

جدول ۳: مقایسه سیستم‌های بازیابی مختلف و سیستم پیشنهادی بر روی مجموعه دادگان Simplicity با ۱۰ تصویر پرس و جو

سیستم‌های بازیابی تصاویر							عملکرد
روش پیشنهادی	الگوهای اکستریم محلی جهت [۳۶]	الگوهای باینری محلی [۳۵]	الگوهای باینری محلی بر اساس بلاک [۳۴]	الگوهای لبه محلی برای بازیابی تصویر [۳۳]	الگوهای لبه محلی برای تقسیم‌بندی [۳۳]	الگوهای باینری محلی مرکز متقارن [۳۲]	
۷۴/۰۴	۷۴/۷۶	۷۰	۷۰/۱	۶۰/۷۹	۶۵/۲۲	۵۹/۱۱	میانگین دقت
۵۷/۹۵	۴۹/۱۵	۴۵/۶۵	۴۲/۹۵	۳۴/۵۶	۳۸/۰۸	۴۰/۸۷	میانگین فراخوان
۶۵/۰۱۴۲	۵۹/۳۰۸	۵۵/۲۶	۵۳/۲۶۴۸	۴۴/۰۶۷۷	۴۸/۰۸۷۴	۴۸/۳۲۶۱	F1 score

$$\text{recall} = \frac{|\{\text{relevant documents}\} \cap \{\text{retrieved documents}\}|}{|\{\text{relevant documents}\}|} \quad (۷)$$

$$\text{F1 score} = 2 \times \frac{\text{precision} \times \text{recall}}{\text{precision} + \text{recall}} \quad (۸)$$

نتیجه گیری

جدول‌های (۳) و (۴) به ترتیب نشان‌دهنده نتایج به دست آمده بر روی مجموعه دادگان Simplicity و Corel5k هستند. میانگین دقت و فراخوان دو معیاری هستند که معمولاً برای مقایسه سیستم‌های بازیابی مورد استفاده قرار می‌گیرند. به چند دلیل برای مقایسه سیستم پیشنهادی از یک معیار سوم به نام F1score استفاده شده است. اولاً میانگین دقت و فراخوانی رابطه معکوس با هم دارند. یعنی افزایش یکی ممکن است باعث کاهش دیگری شود. بنابراین استفاده از یکی از آن دو به تنهایی کافی نیست. اگر میانگین دقت و فراخوانی یک سیستم از سیستم دیگری بیشتر باشد آن سیستم بهتر عمل کرده است. به همین جهت روش الگوهای اکستریم محلی [۳۶] به دلیل داشتن میانگین دقت و فراخوانی بیشتر، از سایر روش‌ها (البته بجز روش پیشنهادی) بهتر عمل کرده است. ثانیاً اگر رابطه عکس بین میانگین دقت و فراخوانی سبب شود که مثلاً در یک سیستم A میانگین دقت و فراخوانی از میانگین دقت و فراخوانی سیستم B به ترتیب بیشتر و کمتر باشد یا بالعکس، دیگر نمی‌توان به راحتی

احتمال چند متغیره را اندازه‌گیری می‌کند. دو توزیع احتمالی P و Q را که هر یک در فضای R^n تعریف شده اند را در نظر بگیرید. فاصله مالوس بین این دو توزیع با استفاده از رابطه (۳) به دست می‌آید.

$$\text{Mallow}_p(P, Q) = \min_{\mu} (E_{\mu} \|x - y\|_p^p)^{1/p} \quad (۳)$$

به طوری که روابط (۴) و (۵) برقرار باشد.

$$\int_y d\mu(x, y) = P(x) \quad (۴)$$

$$\int_x d\mu(x, y) = Q(y) \quad (۵)$$

x و y متغیرهای تصادفی با توزیع‌های P و Q هستند و $\| \cdot \|_p$ ، نرم مرتبه p ام^{۲۳} است. و $1 \leq p < +\infty$ است. μ توزیع احتمال x و y در فضای $R^n \times R^n$ است [۲۹].

۵- نتایج تجربی

برای ارزیابی سیستم پیشنهادی از دو دادگان Simplicity و Corel5k استفاده شده و نتایج با سیستم‌های قبلی مورد مقایسه قرار گرفته است.

معیارهای ارزیابی استفاده شده شامل دقت (precision)، فراخوانی (recall) و F1 score می‌باشد که به ترتیب با استفاده از روابط (۶)، (۷) و (۸) به دست می‌آیند که در آن‌ها retrieved documents تعداد تصاویر بازیابی شده و relevant documents تعداد تصاویر مرتبط با تصویر پرس و جو در مجموعه دادگان است.

$$\text{precision} = \frac{|\{\text{relevant documents}\} \cap \{\text{retrieved documents}\}|}{|\{\text{retrieved documents}\}|} \quad (۶)$$

23- L_p norm

جدول ۴: مقایسه سیستم‌های بازیابی مختلف و سیستم پیشنهادی بر روی مجموعه دادگان Corel5k با ۱۰ تصویر پرس و جو.

سیستم‌های بازیابی تصاویر							عملکرد
روش پیشنهادی	الگوهای اکستریم محلی جهت [۳۶]	الگوهای باینری محلی [۳۵]	الگوهای باینری محلی بر اساس بلاک [۳۴]	الگوهای لبه محلی برای بازیابی تصویر [۳۳]	الگوهای لبه محلی برای تقسیم‌بندی [۳۳]	الگوهای باینری محلی مرکز متقارن [۳۲]	
۳۲/۷۶	۴۸/۸	۴۳/۶	۴۵/۷	۳۵/۱۹	۴۱/۵	۳۲/۹	میانگین دقت
۳۳/۰۸	۲۱/۱	۱۹/۲	۲۰/۳	۱۴/۸	۱۸/۳	۱۴	میانگین فراخوان
۳۲/۹۲	۲۶/۴۶	۲۶/۶۵	۲۸/۱۱	۲۰/۸۳	۲۵/۳۹۹۶	۱۹/۴۶۱۷	F1 score

استفاده از معیار شباهت ناحیه‌بندی مالوس به‌عنوان معیار مقایسه تصاویر به همراه ناحیه‌بندی تصاویر سبب شده تا سیستم پیشنهادی نسبت به سیستم‌های دیگر عملکرد بهتری داشته باشد. همان‌طور که گفته شد ناحیه‌بندی تصور به درک انسان بیشتر نزدیک است و استفاده از معیار تشابه ناحیه‌بندی مالوس سبب شده تا نواحی با احتمال بیشتر اهمیت بالاتری پیدا کنند.

در ادامه کار با توجه به تجربیات کسب شده در این پژوهش، استفاده از مقایسه گراف به‌عنوان معیار تشابه پیشنهاد می‌شود. در این حالت می‌توان مجموعه تصاویر را در قالب یک گراف توصیف کرد. به‌طوری که ویژگی‌های استخراج شده از نواحی تصویر به‌عنوان گره گراف و روابط بین نواحی به‌عنوان یال گراف در نظر گرفته می‌شود. به‌علاوه، مد نظر قرار دادن ارتباط بین نواحی یک تصویر می‌تواند تاثیر به‌سزایی در یافتن تصاویر مشابه و در نتیجه رسیدن به یک سیستم با عملکرد بالاتر شود.

مراجع

- [1] Dharani, T., and I. Laurence Aroquiaraj. "A survey on content based image retrieval." Pattern Recognition, Informatics and Mobile Engineering (PRIME), 2013 International Conference on. IEEE, 2013.
- [2] Hui, Hui Wang, Dzulkipli Mohamad, and N. A. Ismail. "Semantic gap in CBIR: Automatic objects spatial relationships semantic extraction and representation", International Journal Of Image Processing (IJIP) 4.3 (2010): 192-204.

تصمیم گرفت که از بین دو سیستم A و B کدامیک بهتر عمل کرده‌اند. بنابراین میانگین دقت و فراخوانی برای مقایسه سیستم‌های A و B به تنهایی مناسب نیستند و نیاز به وجود یک معیار سوم است.

در چنین حالتی معیار F1score که میانگین همساز^{۲۴} دقت و فراخوان است و به نوعی رابطه معکوس بین دقت و فراخوانی را جبران می‌کند مورد استفاده قرار می‌گیرد. لذا سیستمی که F1score بالاتری دارد دارای عملکرد بهتری است. همان‌طور که در جدول‌های (۳) و (۴) دیده می‌شود میانگین فراخوانی سیستم پیشنهادی بیشتر از همه سیستم‌های قبلی است. اما میانگین دقت آن از برخی سیستم‌ها کمتر است. تفاوت در بردار ویژگی سیستم پیشنهادی و سیستم‌های قبلی ممکن است عامل کاهش دقت در سیستم پیشنهادی شده باشد. از طرفی چون میانگین فراخوانی سیستم پیشنهادی خیلی بهتر عمل کرده است با یقین نمی‌توان گفت کدام سیستم دارای عملکرد بهتری است. بنابراین برای مقایسه سیستم پیشنهادی با سیستم‌های قبلی معیار F1score محاسبه شده است. همان‌طور که در جدول‌های (۳) و (۴) دیده می‌شود مقدار F1score برای مجموعه دادگان Simplicity و Corel5k به ترتیب برابر ۶۵/۰۱۴۲ و ۳۲/۹۲ است. بنابراین سیستم پیشنهادی با داشتن F1score بالاتر نسبت به سایر روش‌ها عملکرد بهتری داشته است.

24- harmonic mean

- effective method for color image retrieval based on texture." *Computer Standards & Interfaces* 34.1 (2012): 31-35.
- [20] Felci Rajam, I., and S. Valli. "Region-based image retrieval using the semantic cluster matrix and adaptive learning." *International Journal of Computational Science and Engineering* 7.3 (2012): 239-252.
- [21] Liu, Guang-Hai, and Jing-Yu Yang. "Content-based image retrieval using color difference histogram." *Pattern Recognition* 46.1 (2013): 188-198.
- [22] Rahman, Md Hafizur, et al. "Texture feature extraction method for scale and rotation invariant image retrieval." *Electronics letters* 48.11 (2012): 626-627.
- [23] Buló, Samuel Rota, Massimo Rabbi, and Marcello Pelillo. "Content-based image retrieval with relevance feedback using random walks." *Pattern Recognition* 44.9 (2011): 2109-2122.
- [24] Liu, Ying, et al. "Study on texture feature extraction in region-based image retrieval system." *Multi-Media Modelling Conference Proceedings, 2006 12th International. IEEE, 2006.*
- [25] Zhang, Dengsheng, et al. "Rotation invariant curvelet features for region based image retrieval." *International journal of computer vision* 98.2 (2012): 187-201.
- [26] Zand, Mohsen, et al. "Texture classification and discrimination for region-based image retrieval." *Journal of Visual Communication and Image Representation* 26 (2015): 305-316.
- [27] Howarth, Peter, and Stefan Rüger. "Robust texture features for still-image retrieval", *IEE Proceedings-Vision, Image and Signal Processing* 152.6 (2005): 868-874.
- [28] محمدی، علی، تجزیه و تحلیل بافت به منظور به کارگیری در بازیابی تصویر مبتنی بر محتوا، پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه هوش مصنوعی، دانشکده مهندسی کامپیوتر-دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۸۶.
- [29] Deng, Yining, and B. S. Manjunath. "Unsupervised segmentation of color-texture regions in images and video." *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on* 23.8 (2001): 800-810.
- [30] Zhou, Ding, Jia Li, and Hongyuan Zha. "A new mallows distance based metric for comparing clusterings." *Proceedings of the 22nd international conference on Machine learning. ACM, 2005.*
- [31] Levina, Elizaveta, and Peter Bickel. "The earth mover's distance is the Mallows distance: Some insights from statistics." *Computer Vision, 2001. ICCV 2001. Proceedings. Eighth IEEE International Conference on. Vol. 2. IEEE, 2001.*
- [32] Heikkilä, Marko, Matti Pietikäinen, and Cordelia Schmid. "Description of interest regions with local binary patterns." *Pattern recognition* 42.3 (2009): 425-436.
- [33] Yao, Cheng-Hao, and Shu-Yuan Chen. "Retrieval of translated, rotated and scaled color textures." *Pattern Recognition* 36.4 (2003): 913-929.
- [34] Takala, Valtteri, Timo Ahonen, and Matti Pietikäinen. "Block-based methods for image retrieval using local binary patterns." *Image analysis* (2005): 13-181.
- [35] Ojala, Timo, Matti Pietikäinen, and David Harwood. "A comparative study of texture measures with classification based on featured distributions." *Pattern recognition* 29.1 (1996): 51-59.
- [36] Murala, Subrahmanyam, R. P. Maheshwari, and R. Balasubramanian. "Directional local extrema patterns: a new descriptor for content based image retrieval." *International journal of multimedia information retrieval* 1.3 (2012): 191-203.
- [3] Rahman, Md Mahmudur, Prabir Bhattacharya, and Bipin C. Desai. "A framework for medical image retrieval using machine learning and statistical similarity matching techniques with relevance feedback." *Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on* 11.1 (2007): 58-69.
- [4] Liu, Ying, et al. "A survey of content-based image retrieval with high-level semantics." *Pattern Recognition* 40.1 (2007): 262-282.
- [5] Manipoonchelvi, P., and K. Muneeswaran. "Multi region based image retrieval system." *Sadhana* 39.2 (2014): 333-344.
- [6] Alata, Olivier, et al. "Choice of a pertinent color space for color texture characterization using parametric spectral analysis." *Pattern Recognition* 44.1 (2011): 16-31.
- [7] Sharma, Neetu S., Paresh S. Rawat, and Jaikaran S. Singh. "Efficient CBIR using color histogram processing." *Signal & Image Processing* 2.1 (2011).
- [8] Zhang, Lining, Lipo Wang, and Weisi Lin. "Generalized biased discriminant analysis for content-based image retrieval." *Systems, Man, and Cybernetics, Part B: Cybernetics, IEEE Transactions on* 42.1 (2012): 282-290.
- [9] Haralick, Robert M., and Karthikeyan Shanmugam. "Textural features for image classification." *IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics* 6 (1973): 610-621.
- [10] Selvarajah, S., and S. R. Kodituwakku. "Analysis and comparison of texture features for content based image retrieval." *International Journal of Latest Trends in Computing* 2.1 (2011).
- [11] Yang, Mingqiang, Kidiyo Kpalma, and Joseph Ronsin. "A survey of shape feature extraction techniques." *Pattern recognition* (2008): 43-90.
- [12] Chaudhry, Asmatullah, et al. "Human Activity Recognition System: Using Improved Crossbreed Features and Artificial Neural Network." *Life Sci J* 9.4 (2012): 5351-5356.
- [13] Prabhu, Jeyanthi, and Jawahar Senthil Kumar. "Wavelet Based Content Based Image Retrieval Using Color and Texture Feature Extraction by Gray Level Concurrence Matrix and Color Concurrence Matrix." *Journal of Computer Science* 10.1 (2014): 15.
- [14] Lande, Milind V., Praveen Bhanodiya, and Pritesh Jain. "An effective content-based image retrieval using color, texture and shape feature." *Intelligent Computing, Networking, and Informatics. Springer India, 2014. 1163-1170.*
- [15] Thepade, Sudeep D., and Yogita D. Shinde. "Improvisation of Content Based Image retrieval using Color Edge Detection with various Gradient Filters and Slope Magnitude Method." *Computing Communication Control and Automation (ICCUBEA), 2015 International Conference on. IEEE, 2015.*
- [16] Arthi, K., and Mr J. Vijayaraghavan. "Content based image retrieval algorithm using color models." *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering* 2.3 (2013): 1343-47.
- [17] Felci Rajam I. and Valli S. «SRBIR: semantic region based image retrieval by extracting the dominant region and semantic learning.» *Journal of Computer Science, Vol. 7, No. 3, pp.400-408, 2011.*
- [18] Rajam, I. Felci, and S. Valli. "Content-Based Image Retrieval Using a Quick SVM-Binary Decision Tree-QSVMBDT." *Advances in Digital Image Processing and Information Technology. Springer Berlin Heidelberg, 2011. 11-22.*
- [19] Wang, Xing-yuan, Zhi-feng Chen, and Jiao-jiao Yun. "An