





دانشکده مهندسی کامپیوتر

پایان نامه کارشناسی ارشد

گرایش هوش مصنوعی

عنوان

بازیابی تصاویر رنگی با استفاده از دانش بافت و رنگ در ساختار درختی دودویی

نگارش

زهرا منصوری

استاد راهنما

دکتر منصور جمزاد

دی ۱۳۸۷

این پروژه تحت قرارداد پژوهشی شماره ی ۲۰۶۱۴/ت ۵۰۰ مورخ ۱۳۸۶/۱۲/۲۷ از پشتیبانی مادی و معنوی مرکز تحقیقات مخابرات ایران بهره‌مند شده است

به نام خدا

دانشگاه صنعتی شریف

دانشکده مهندسی کامپیوتر

رساله کارشناسی ارشد

عنوان: تجزیه و تحلیل بافت به منظور به کارگیری در بازیابی تصویر مبتنی بر محتوا

نگارش: زهرا منصوری

کمیته ممتحنین:

امضاء استاد راهنما: دکتر منصور جمزاد

امضاء استاد مشاور: دکتر حمیدرضا ربیعی

امضاء استاد راهنما: دکتر نصراله مقدم چرکری

تاریخ

تقدیم به خانواده عزیزم

در اینجا بر خود لازم می دانم تا از زحمات استاد بزرگوار، جناب آقای دکتر منصور جمزاد، کمال تشکر و قدردانی را به عمل آورم. چرا که به راستی بدون کمک و پشتیبانی های ایشان، انجام این پروژه میسر نبود.

## چکیده

در سال های اخیر حجم تصاویر موجود در پایگاه های داده تصاویر خصوصی و یا عمومی نظیر شبکه جهانی اینترنت رو به افزایش است. با توجه به این موضوع، توسعه سیستم هایی با قابلیت بازیابی تصاویر بر اساس خصوصیات دیداری در حیطه موضوعات مطرح شده در شاخه پردازش تصویر اهمیت بسزایی یافته است. در این پایان نامه، سعی بر آن است تا ساختاری برای پیاده سازی یک سیستم بازیابی تصاویر ارائه شود. در سیستم فوق از ویژگی های رنگ و بافت برای بازیابی تصاویر استفاده شده؛ که برای استخراج ویژگی رنگ از هیستوگرام رنگ و برای استخراج ویژگی بافت تبدیل Wavelet و نیز ماتریس مجاورت بررسی شده است. در کنار این دو ویژگی، از ساختار درختی دودویی برای ذخیره ویژگی های بخش های مختلف یک تصویر و مقایسه آن ها استفاده شود؛ این روش به افزایش ادراک سیستم از تصویر کمک می کند. برای بازیابی تصویر، پس از دریافت تصویری از سوی کاربر به عنوان تصویر پرس و جو، سیستم فوق کلیه تصاویر پایگاه داده را مورد بررسی قرار داده و سپس شبیه ترین تصاویر به تصویر ورودی را استخراج کرده و به کاربر نمایش می دهد. برای بررسی این سیستم، نتایج آن با نتایج به دست آمده از بررسی سیستم بازیابی تصویر SIMPLicity مقایسه شده است. پایگاه داده مورد استفاده، مشتق شده از پایگاه داده COREL می باشد که بر اساس شباهت مفهومی، تصاویر در ده رده طبقه بندی شده اند. پس از بررسی، مشاهده شد که سیستم پیشنهادی در چهار رده از سیستم SIMPLicity قوی تر است. در یک رده یکسان عمل می کند، در سه رده افت نامحسوسی دارد و در یک رده باقیمانده افت به مراتب بیشتر است.

**کلمات کلیدی:** بازیابی تصویر، رنگ، بافت، درخت تقسیم بندی دودویی

## فهرست مطالب

۱	فصل ۱: مقدمه
۳	۱-۱- هدف پایان نامه
۴	۲-۱- ساختار پایان نامه
۵	فصل ۲: اصول بازیابی تصویر مبتنی بر محتوا
۶	۱-۲- تاریخچه
۷	۲-۲- ساختار
۱۱	فصل ۳: استخراج ویژگی
۱۳	۱-۳- استخراج رنگ
۱۳	۱-۱-۳- فضاهاى رنگى
۱۴	۱-۱-۳-۱- فضای رنگ RGB
۱۵	۱-۱-۳-۲- فضای رنگ HSV
۱۹	۱-۱-۳-۳- فضای رنگ $L^*a^*b^*$
۱۹	۱-۱-۳-۴- فضای رنگ YIQ و YUV
۲۰	۱-۳-۲- روش های استخراج ویژگی رنگ
۲۰	۱-۳-۱-۲- ممان رنگ
۲۱	۱-۳-۲-۲- هیستوگرام رنگ
۲۲	۱-۳-۲-۳- هیستوگرام برچسب رنگ
۲۲	۱-۳-۲-۴- بردار ارتباط رنگ
۲۳	۱-۳-۲-۵- همبستگی نگار رنگ
۲۴	۲-۳- استخراج ویژگی بافت
۲۵	۱-۲-۳- ماتریس مجاورت
۲۵	۲-۲-۳- ویژگی‌های تامورا
۲۷	۳-۲-۳- ویژگی‌های فیلتر گابور
۲۸	۴-۲-۳- ویژگی‌های تبدیل موجک
۳۰	۳-۳- درخت تقسیم‌بندی دودویی
۳۱	۱-۳-۳- نحوه محاسبه درخت تقسیم‌بندی دودویی

۳۵	۴-۳- بلوک‌بندی تصویر
۳۵	۵-۳- ناحیه‌بندی تصویر
۳۷	<b>فصل ۴: جستجو و بازیابی</b>
۳۹	۱-۴- معیارهای شباهت
۴۱	۲-۴- امتیازدهی به تصویر
۴۲	۳-۴- معیار ارزیابی سیستم‌های بازیابی اطلاعات
۴۴	<b>فصل ۵: راه‌کار پیشنهادی</b>
۴۶	۱-۵- استخراج ویژگی
۴۷	۱-۱-۵- استخراج رنگ: هیستوگرام فضای HSV
۵۰	۲-۱-۵- استخراج بافت: تجزیه موجک
۵۲	۳-۱-۵- درخت تقسیم‌بندی دودویی
۵۲	۱-۳-۱-۵- مکعب رنگ استاندارد
۵۶	۲-۳-۱-۵- نحوه ساخت درخت دودویی توصیف کننده تصویر
۶۰	۳-۳-۱-۵- بردار ویژگی حاصل از درخت دودویی
۶۲	۲-۵- جستجو و معیارهای شباهت
۶۴	<b>فصل ۶: بررسی و نتایج</b>
۶۵	۱-۶- بررسی سیستماتیک
۶۶	۲-۶- نتایج
۷۷	<b>فصل ۷: جمع‌بندی و کارهای بعدی</b>
۸۰	منابع و مأخذ
۸۳	واژه‌نامه فارسی به انگلیسی
۸۷	واژه‌نامه انگلیسی به فارسی
۹۰	چکیده لاتین
۹۱	عنوان لاتین



## فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۲ ساختار کلی یک سیستم بازیابی تصویر. ۸
- شکل ۱-۳ فضای رنگ RGB به صورت گسترده. ۱۵
- شکل ۲-۳ (الف) فضای HSV و (ب) برشی از فضای HSV. ۱۷
- شکل ۳-۳ فضای رنگ  $L^*a^*b^*$ . ۱۹
- شکل ۴-۳ محوطه های بسته معرف مقیاس‌های متفاوت در تشخیص بافت توسط فلتر گابور هستند. ۲۸
- شکل ۵-۳ چگونگی ایجاد درخت دودویی برای یک تصویر. ۳۱
- شکل ۶-۳ نحوه ساخت درخت تقسیم‌بندی دودویی. ۳۲
- شکل ۷-۳ استفاده از ساختار درختی دودویی برای استخراج اشیا درون تصویر. ۳۳
- شکل ۸-۳ استفاده از بافت در کنار رنگ برای افزایش عملکرد بهینه درخت در استخراج اشیا. ۳۴
- شکل ۹-۳ نحوه ناحیه‌بندی تصویر برای استخراج ویژگی تصاویر. ۳۶
- شکل ۱-۴ نتایج بازیابی: ۱- تصاویر نامرتب، ۲- تصاویر بازیابی شده، ۳- تصاویر مرتبط، ۴- تصاویر بازیابی شده مرتبط. ۴۳
- شکل ۱-۵ نحوه ناحیه‌بندی برای استخراج ویژگی رنگ. ۴۷
- شکل ۲-۵ (الف) تقسیم‌بندی برش مرکزی فضای رنگ HSV (الف) از نظر درجه اشباع رنگ، (ب) از نظر زاویه. ۴۹
- شکل ۳-۵ محاسبه هیستوگرام در فضای HSV. ۴۹
- شکل ۴-۵ تجزیه موجک، در هر بار تجزیه تصویر، ۴ زیر تصویر به دست می‌آید. ۵۰
- شکل ۵-۵ سلسله مراتب اعمال تجزیه موجک. ۵۱
- شکل ۶-۵ پالت رنگ استاندارد با ۲۱۶ رنگ. ۵۳
- شکل ۷-۵ نگاشت تصویر از فضای RGB به فضای رنگ استاندارد (الف) تصویر اولیه (ب) تصویر نگاشت شده. ۵۳
- شکل ۸-۵ فضای رنگ استاندارد تفکیک شده به ۶۲ بخش. ۵۴
- شکل ۹-۵ فضای رنگ استاندارد تفکیک شده به ۸ دسته. ۵۴
- شکل ۱۰-۵ فضای رنگ استاندارد تفکیک شده به ۱۵ دسته. ۵۵
- شکل ۱۱-۵ ناحیه‌بندی تصویر با استفاده از نگاشت از فضای RGB به پالت رنگ ۲۱۶ تایی. ۵۶
- شکل ۱۲-۵ تصویری که با استفاده از دسته بندی ۶ تایی پالت رنگ استاندارد ناحیه‌بندی شده است. ۵۷
- شکل ۱۳-۵ الگوریتم ایجاد درخت دودویی معادل یک تصویر. ۵۸
- شکل ۱۴-۵ شمای کلی درخت استخراج شده از تصویر. ۵۹
- شکل ۱۵-۵ چگونگی ایجاد درخت دودویی یک تصویر، مقادیر میانگین رنگ در کنار برخی نودهای مهم تر ذکر شده است. ۶۱
- شکل ۱-۶ مقایسه دقت دو سیستم پیشنهادی و SIMPLIcity. ۷۱

- شکل ۲-۶ مقایسه میانگین امتیازات دو سیستم پیشنهادی و SIMPLicity \_\_\_\_\_ ۷۱
- شکل ۳-۶ مقایسه میانگین انحراف استاندارد امتیازات در دو سیستم پیشنهادی و SIMPLicity \_\_\_\_\_ ۷۱
- شکل ۴-۶ بررسی تاثیر ساختار درختی در نتیجه بازیابی، به ترتیب ۰٪، ۴۵٪ و ۳٪ \_\_\_\_\_ ۷۲
- شکل ۵-۶ نمونه ای از نتایج پرس و جواز سیستم \_\_\_\_\_ ۷۶

## فهرست جداول

۱۸	جدول ۱-۳ اطلاعات مربوط به برخی رنگ‌ها با نام تجاری و معادل RGB و HSV آن‌ها
۵۵	جدول ۱-۵ مشخصات دسته‌های رنگ در فضای HSV
۶۲	جدول ۲-۵ مشخصات بردارهای ویژگی درخت تقسیم‌بندی دودویی
۶۵	جدول ۱-۶ رده‌های تصویر در پایگاه داده SIMPLicity
۶۷	جدول ۲-۶ مشخصات ویژگی‌های مورد استفاده در سیستم، درصد اهمیت در بازیابی و طول بردار
۷۰	جدول ۳-۶ نتایج حاصل از بازیابی سیستم پیشنهادی
۷۰	جدول ۴-۶ نتایج بررسی سیستم SIMPLicity
۷۲	جدول ۵-۶ بررسی میزان تاثیر حضور ساختار درختی در بازیابی
۷۳	جدول ۶-۶ مشخصات ماشین و زمان پردازش یک پرس‌وجو در سیستم

فصل ۱

مقدمه

در سال‌های اخیر، به دلیل گسترش نیاز به بازیابی بهینه تصاویر در پایگاه‌های داده<sup>۱</sup> حجیم، تحقیقات گسترده‌ای در زمینه بازیابی تصاویر صورت گرفته است که منجر به توسعه سیستم‌های گوناگون دسته-بندی تصویر شده است. اولین ایده‌ها در اوایل دهه ۷۰ میلادی مطرح شد که در آنها دسته‌بندی تصاویر بدون توجه به ویژگی‌های دیداری<sup>۲</sup> آنها و تنها بر اساس حاشیه‌نویسی متنی<sup>۳</sup> انجام می‌گرفت؛ به صورتی که مفاهیم موجود در تصویر توسط اپراتور تشخیص داده شده و در پایگاه داده‌ای به عنوان کلمات کلیدی<sup>۴</sup> آن تصویر ذخیره می‌شد. به این ترتیب کاربران با استفاده از کلمات کلیدی موردنظر خود به تصاویر مربوطه دسترسی داشتند. به این روش بازیابی تصاویر مبتنی بر متن<sup>۵</sup> گفته می‌شود.

سیستم‌های فوق‌الذکر با چند مشکل عمده مواجه بودند. نخست اینکه حاشیه‌نویسی تصاویر مستلزم وقت و هزینه بسیار و نیز به میزان زیادی به درک اپراتور از تصویر وابسته بود. دوم، از آنجا که مفاهیم موجود در یک تصویر از دید کاربران متفاوت یکسان نیست بنابراین حاشیه‌های الصاق شده به تصاویر تمامی

---

<sup>۱</sup> Database

<sup>۲</sup> Visual Features

<sup>۳</sup> Text Annotation

<sup>۴</sup> Keyword

<sup>۵</sup> Text-based Image retrieval

حیطه پرس و جو را نمی‌پوشانند؛ و این به این معنا است که پرس و جوهای مبتنی بر متن به میزان کافی کامل و گویا نیستند.

در ابتدای دهه ۹۰، با افزایش حجم تصاویر موجود در پایگاه‌های داده نظیر شبکه جهانی اینترنت و نیز برای غلبه بر مشکلات سیستم‌های مبتنی بر متن، توسعه سیستم‌های بازیابی تصویر مبتنی بر محتوا<sup>۶</sup> پیشنهاد شد که وظیفه استخراج تصاویر به صورت خودکار و با استفاده از مفاهیم دیداری نظیر رنگ، بافت و طرح‌بندی تصویر را بر عهده داشت [۲، ۳]. سیستم‌های اولیه از این رده، برای بازیابی تصویر از کاربر درخواست می‌کرد تا یک یا چند ویژگی دیداری را انتخاب و محدوده‌ای برای مقدار آن‌ها تعیین کند، سپس عمل بازیابی بر اساس این اطلاعات صورت می‌گرفت. در سیستم‌های پیشرفته‌تر، کاربر قادر بود تا درجه اهمیت ویژگی‌های انتخاب شده را تعیین کند. به دلیل ناتوانی در جلب رضایت کاربر، در سیستم‌های نسل بعد قابلیت دریافت یک تصویر به عنوان الگوی<sup>۷</sup> بازیابی فراهم شد. با این امکان، کاربر در کنار قابلیت‌های ذکر شده می‌توانست تصویر یا شمای تصویر مورد نظر خود را به سیستم وارد کرده و تصاویر مشابه با آن را از پایگاه داده استخراج نماید. در سیستم‌های پیشرفته بعدی، کاربر قادر بود تا میزان اهمیت هر یک از این ویژگی‌ها را نیز خود تعیین نماید؛ همچنین قابلیت بهبود نتایج جستجو با استفاده از بازخورد کاربر<sup>۸</sup> نیز به این سیستم‌ها اضافه شد [۴، ۵].

## ۱-۱- هدف پایان نامه

هدف از تدوین این پایان‌نامه، ارائه روشی در زمینه بازیابی تصویر مبتنی بر محتوا است. سیستم پیشنهادی از دو خاصیت رنگ و بافت برای بازیابی تصویر استفاده می‌کند. همچنین برای افزایش بازدهی، از ساختار درختی دودویی بهبود یافته برای استخراج و درج ویژگی‌های مکانی تصویر استفاده می‌شود.

<sup>۶</sup> Content-based Image retrieval

<sup>۷</sup> Pattern

<sup>۸</sup> User Relevant feedback

در این سیستم، ویژگی‌ها از کلیه تصاویر پایگاه داده استخراج و ذخیره می‌شود. برای بازیابی، کاربر موظف است تا تصویر موردنظر خود را که در اینجا از آن با نام تصویر پرس‌وجو<sup>۹</sup> از آن یاد می‌شود به سیستم وارد کند. پس از آن سیستم ویژگی‌های این تصویر را به روش قبل استخراج کرده و با ویژگی‌های کلیه تصاویر موجود در پایگاه داده مقایسه می‌کند. در انتها تصاویری که در مرحله جستجو و تعیین شباهت بیشترین امتیاز<sup>۱۰</sup> را کسب کرده‌اند، و به عبارت ساده تر به تصویر پرس‌وجو شبیه تر بوده اند، به کاربر نشان داده می‌شود.

## ۱-۲- ساختار پایان نامه

ساختار پایان نامه به شرح زیر است: در فصل دوم مختصری از تاریخچه سیستم‌های بازیابی تصویر آورده شده و اصول اولیه مربوط به این سیستم‌ها معرفی می‌شود. در فصل سوم به معرفی برخی از روش‌های متداول استخراج ویژگی رنگ و بافت پرداخته شده و درخت تقسیم‌بندی دودویی توضیح داده می‌شود. در فصل چهارم مسائل و چالش‌های مربوط به امر جستجو و بازیابی معرفی و راه‌کارهای موجود در این زمینه عنوان شده است.

فصل پنجم به معرفی راه‌کار پیشنهادی این پایان نامه برای یک سیستم بازیابی تصویر پرداخته است. در فصل ششم نتایج حاصل از بررسی این سیستم و مقایسه آن با سیستم مشابه خود یعنی سیستم SIMPLicity بیان شده است. فصل هفتم به جمع‌بندی پایان‌نامه می‌پردازد و پیشنهاداتی برای تکمیل و ارتقای این پروژه در آن عنوان شده است.

<sup>۹</sup> Query Image  
<sup>۱۰</sup> Rank

## اصول بازیابی تصویر مبتنی بر محتوا



## ۲-۱- تاریخچه

اولین ایده‌ها در زمینه بازیابی تصویر، در اوایل ده ۷۰ میلادی مطرح شد که در آنها دسته‌بندی تصاویر بدون توجه به ویژگی‌های دیداری و تنها بر اساس حاشیه‌نویسی متنی انجام می‌گرفت؛ به صورتی که مفاهیم موجود در تصویر توسط اپراتور تشخیص داده شده و در پایگاه داده‌ای به عنوان کلمات کلیدی مربوط به آن تصویر ذخیره می‌شد. به این ترتیب کاربران با بیان مفاهیم در قالب متن، به تصاویر مربوطه دسترسی داشتند. به این روش بازیابی تصاویر مبتنی بر متن گفته می‌شود.

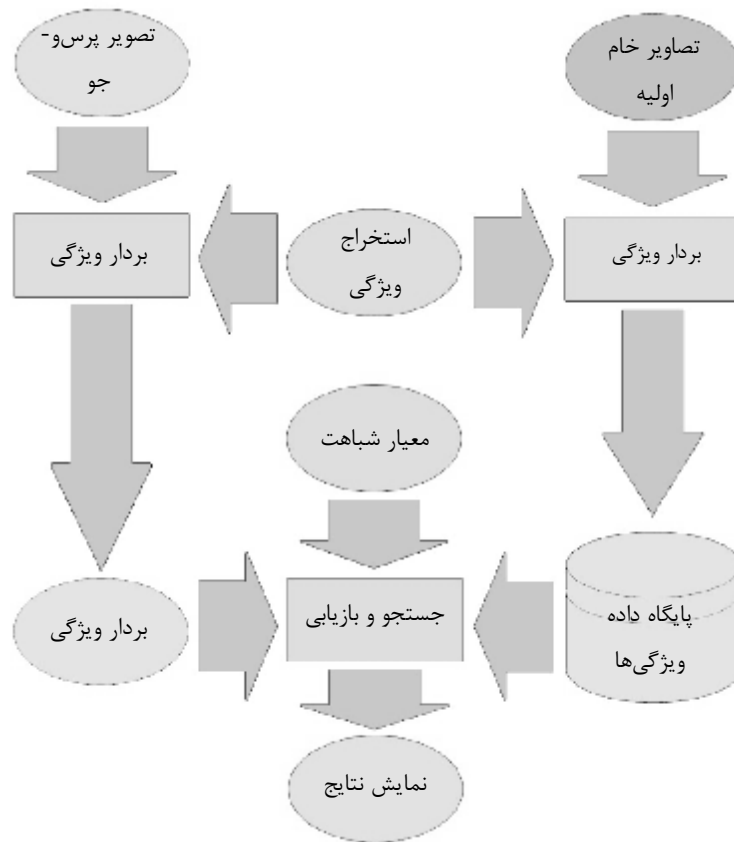
سیستم‌های فوق‌الذکر با چند مشکل عمده مواجه بودند. نخست اینکه حاشیه‌نویسی تصاویر مستلزم وقت و هزینه بسیار و نیز به میزان زیادی به درک اپراتور از تصویر وابسته بود. دوم، از آنجا که مفاهیم موجود در یک تصویر از دید کاربران متفاوت یکسان نیست بنابراین حاشیه‌های الصاق شده به تصاویر تمامی حیطه پرس‌وجو را نمی‌پوشاندند؛ و این به این معنا است که پرس‌وجوهای مبتنی بر متن به میزان کافی کامل و گویا نیستند.

در ابتدای دهه ۹۰، با توجه به مشکلات سیستم‌های مبتنی بر متن، و نیز با افزایش حجم تصاویر موجود در پایگاه‌های داده نظیر شبکه جهانی اینترنت، توسعه سیستم‌های بازیابی تصویر مبتنی بر محتوا پیشنهاد شد که تصاویر را به صورت خودکار و با استفاده از مفاهیم دیداری نظیر رنگ، بافت و طرح‌بندی آن‌ها استخراج کند [۲، ۳]. سیستم‌های اولیه مبتنی بر محتوا، به منظور بازیابی تصویر از کاربر درخواست می‌کرد که یک یا چند ویژگی دیداری را انتخاب و محدوده‌ای برای مقدار آن‌ها تعیین کند، و سپس عمل

بازیابی بر اساس این اطلاعات صورت می‌گرفت. در سیستم‌های پیشرفته‌تر، کاربر قادر بود تا درجه اهمیت ویژگی‌های انتخاب شده را تعیین کند. به دلیل ناتوانی در جلب رضایت کاربر، در سیستم‌های آتی قابلیت دریافت یک تصویر به عنوان الگوی بازیابی امکان‌پذیر شد. در این صورت، کاربر در کنار قابلیت‌های ذکر شده، می‌توانست تصویر یا شمای تصویر مورد نظر خود را نیز به سیستم وارد کند تا سیستم، تصاویر مشابه با آن تصویر را از پایگاه داده خود استخراج نماید. در سیستم‌های پیشرفته‌تر کاربر قادر بود تا میزان اهمیت هر یک از ویژگی‌ها را خود تعیین نماید؛ همچنین قابلیت بهبود نتایج جستجو بوسیله تعامل با کاربر و اعمال نظری در جستجوهای بعدی نیز به این سیستم‌ها اضافه شد [۴، ۵].

## ۲-۲- ساختار

سیستم‌های بازیابی تصویر از ویژگی‌های تصویری برای دسته‌بندی و بازیابی تصاویر استفاده می‌کنند. در این سیستم‌ها پایگاه داده تصویری وجود دارد که شامل کلیه تصاویر قابل بازیابی برای کاربر است. کاربر برای استخراج تصاویر از این بانک، خصوصیات مورد نظر خود را به سیستم ارائه می‌دهد، و سیستم با استفاده از این اطلاعات، بانک تصاویر خود را جستجو می‌کند تا تصاویر مطلوب را استخراج و به کاربر نمایش دهد. بر همین اساس، یک سیستم بازیابی تصویر از پنج بخش اصلی تشکیل می‌شود که این بخش‌ها در شکل ۲-۱ با شماره مشخص شده‌اند.



شکل ۲-۱ ساختار کلی یک سیستم بازیابی تصویر (اقتباس از [۳، ۴])

۱. پایگاه داده تصویر که شامل تصاویر خام اولیه است که قابل بازیابی هستند
۲. واحد استخراج ویژگی<sup>۱۱</sup> که وظیفه استخراج ویژگی‌های تصاویر را بر عهده دارد
۳. پایگاه داده ویژگی که خصوصیت‌های استخراج شده از تصاویر پایگاه داده در آن ذخیره می‌شوند
۴. واحد جستجو و بازیابی<sup>۱۲</sup> تصاویر پایگاه داده را جستجو می‌کند و بر اساس میزان شباهت آن‌ها به تصویر پرس‌وجو، شبیه‌ترین تصاویر را بازیابی و به منظرو نمایش، به واسط کاربری می‌فرستد
۵. واسط کاربری<sup>۱۳</sup> که تصویر پرس‌وجوی را از کاربر دریافت کرده و تصاویر استخراج شده را برای وی نمایش می‌دهد

<sup>۱۱</sup> Feature Extraction

<sup>۱۲</sup> Search & retrieval

Gevers در [۵] روش‌های بازیابی تصاویر را بر اساس کاربردهای مختلف در سه دسته طبقه‌بندی کرده است:

۱. **جستجو بر اساس شباهت تصاویر**<sup>۱۴</sup>، هدف از این روش به دست آوردن تصاویر موردنظر کاربر از بین تصاویر موجود در یک گالری تصاویر است که در مراحل پی‌درپی و با استفاده از بازخورد کاربر صورت می‌گیرد

۲. **جستجو به هدف یافتن تصویر خاص**<sup>۱۵</sup>، هدف از این روش به دست آوردن تصاویر مشابه با یک تصویر مشخص از پایگاه داده تصاویر است. منظور از تصویر مشابه، تصویری است که (بخشی از آن) با تصویر مورد نظر کاربر یکسان باشد و یا (بخشی از) یک شی در هر دو تصویر یکسان وجود داشته باشد

۳. **جستجو بر اساس دسته بندی**<sup>۱۶</sup>: هدف از این روش به دست آوردن تصویری است که متعلق به دسته یا کلاس بخصوصی باشد، مانند تصاویر دکوراسیون منزل و یا تصاویر رادیولوژی

وی همچنین پایگاه داده تصاویر را بر اساس چگونگی میزان تغییر در ویژگی‌ها در دو دسته قرار داده است:

۱. **دامنه محدود**، شامل تغییرات محدود در ویژگی‌های دیداری تصاویر (مانند پایگاه داده تصاویر مربوط به پزشکی)

۲. **دامنه وسیع**، شامل تغییرات وسیع و غیرقابل پیش‌بینی در تصاویر (مانند پایگاه داده تصاویر موجود در اینترنت).

<sup>۱۳</sup> User Interface

<sup>۱۴</sup> Search by Association

<sup>۱۵</sup> Target Search

<sup>۱۶</sup> Category Search

نمونه‌ای از سیستم‌های بازیابی تصویر که به تازگی توسعه داده شده‌اند می‌توان سیستم بازیابی تصویر توسعه داده شده توسط دانشگاه Columbia تحت نام VisualSEEK [۶]، EFF۲ [۷]، سیستم دانشگاه Amsterdam به نام PicToSeek [۸] و سیستم دانشگاه Geneva به نام Viper [۹] را نام برد که در این مطالعه به برخی از آنها اشاره شده است. همچنین برخی از ویژگی‌های QBIC [۱۰] که توسط شرکت IBM توسعه داده شده است نیز توضیح داده می‌شود. QBIC [۱۰] جزو مهمترین سیستم‌های بازیابی به شمار می‌رود، چرا که سایر سیستم‌های بازیابی از آن به عنوان مدل اولیه توسعه سیستم‌های بازیابی تصویر استفاده کرده‌اند.

## استخراج ویژگی

پیش از شروع کار بازیابی، ویژگی‌های تصاویر بانک داده باید از آن استخراج شوند. همانطور که می‌دانیم، یک تصویر آرایه‌ای دو بعدی از پیکسل‌ها است. برای سهولت دسترسی به ویژگی‌های یک تصویر، به جای استفاده از مقادیر پیکسل‌ها با استفاده از روش‌هایی خاص ویژگی‌های تصویر را استخراج و در قالبی نمایش می‌دهند که قابل مقایسه باشد. به این روش‌ها «استخراج ویژگی» می‌گویند. خروجی این روش‌ها عدد یا برداری است که یکی از مجموعه خصوصیات دیداری تصویر را معرفی می‌کند. به این خصوصیات «کلاس ویژگی»<sup>۱۷</sup> یا «توصیف‌گر»<sup>۱۸</sup> می‌گویند (مانند هیستوگرام رنگ). به برداری که از کنار هم قراردادن این کلاس‌های ویژگی به دست می‌آید، «بردار ویژگی» تصویر گفته می‌شود [۴، ۷، ۱۱].

ویژگی‌های تصویر را می‌توان از لحاظ نحوه توصیف تصویر به سه دسته تقسیم کرد:

۱. ویژگی‌های عمومی<sup>۱۹</sup> یا سطح پایین<sup>۲۰</sup> که معرف کلیات تصویرند و توانایی توصیف اشیا یا

مفاهیم موجود در تصویر را ندارند، مانند رنگ و بافت

۲. ویژگی‌های معنایی<sup>۲۱</sup> یا سطح بالا<sup>۲۲</sup> به بیان مفاهیم و اشیای موجود در تصویر می‌پردازند و

غالباً از روش‌های قسمت‌بندی<sup>۲۳</sup> برای این منظور استفاده می‌کنند

---

<sup>۱۷</sup> Feature Class

<sup>۱۸</sup> Descriptor

<sup>۱۹</sup> General Features

<sup>۲۰</sup> Low-level Features

<sup>۲۱</sup> Semantic Features

<sup>۲۲</sup> High-level Concepts

<sup>۲۳</sup> Partitioning

۳. ویژگی‌های مختص کاربردهای خاص<sup>۲۴</sup> نظیر ویژگی‌های توصیفی چهره در سیستم‌های بازیابی

تصاویر مربوط به چهره [۱۲].

در بخش‌های بعد به معرفی برخی از مهمترین و پرکاربردترین توصیف‌گرهای رنگ و بافت و نیز درخت تقسیم بندی دودویی پرداخته می‌شود.

### ۳-۱- استخراج رنگ

رنگ یکی از متداول‌ترین و تعیین‌کننده‌ترین ویژگی دیداری در زمینه بازیابی تصویر است؛ چرا که نسبت به تغییرات مربوط به اندازه، جهت و دورنمایی و اغتشاش تصویر پایدار است [۷]. این ویژگی در بسیاری از سیستم‌های بازیابی تصویر مطرح استفاده شده است.

در این بخش ابتدا به بیان اهمیت و معرفی چندین فضای رنگی موجود و مورد استفاده در اینگونه سیستم‌ها پرداخته شده و پس برخی روش‌های معمول در استخراج رنگ توضیح داده می‌شود.

#### ۳-۱-۱- فضاهای رنگی

از دید شخص، رنگ از سه مولفه تشکیل شده است: قرمز، سبز و آبی؛ که این سه یک فضای رنگ<sup>۲۵</sup> را می‌سازند. بر طبق تعریف یک فضای رنگ، فضایی چندبعدی است که هر بعد آن معرف یکی از اجزای تشکیل‌دهنده رنگ می‌باشد. برای استخراج ویژگی رنگ از تصویر، ابتدا باید نوع فضای رنگ را تعیین نمود. فضای رنگی تعیین شده باید خصوصیات زیر را ارضا کند:

۱. مستقل از سخت‌افزار باشد

<sup>۲۴</sup> Application-specific Features

<sup>۲۵</sup> Color Space



۲. دارای «یکنواختی ادراکی»<sup>۲۶</sup> باشد به این معنا که فاصله عددی بین رنگ‌ها در آن فضای رنگی، متناسب با تمایزات ادراکی انسان از آن‌ها باشد.

۳. توسط کاربر قابل تصور و درک باشد [۳].

از آنجا که هر یک از این فضاها رنگ برای استخراج برخی ویژگی‌ها کاراتر از سایر فضاهاست، بنابراین ممکن است که در یک سیستم بازیابی تصویر از چندین فضای رنگ متفاوت استفاده شود. در ذیل به بررسی مهم‌ترین فضاها رنگی موجود پرداخته می‌شود.

### ۳-۱-۱-۱-۳ فضای رنگ RGB

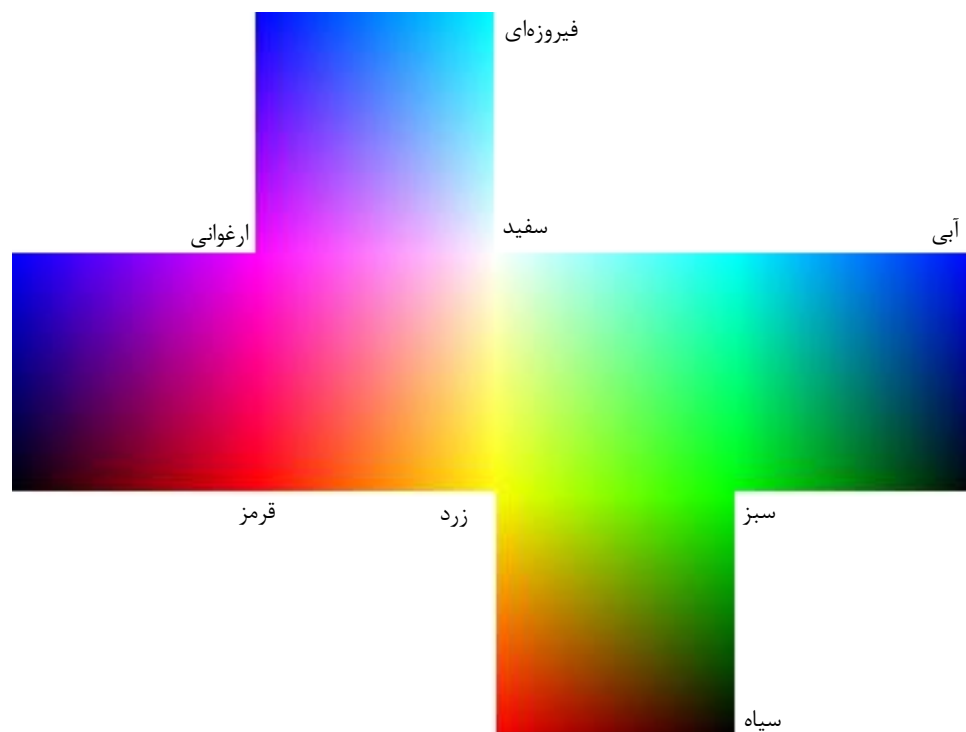
فضای رنگ RGB به دلیل سادگی استفاده و درک و نیز پشتیبانی سخت‌افزاری به‌طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد، اما در مسائل تکنیکی مربوط به سیستم‌های پردازش تصویر دارای کاستی‌هایی است، برای مثال بین سه مولفه آن همبستگی وجود دارد و در صورت تغییر فاکتور روشنایی تصویر، هر سه مولفه RGB تغییر می‌کنند. بنابراین این فضا اغلب در سیستم‌های بازیابی تصویر مورد استفاده قرار نمی‌گیرد. همچنین در استفاده‌های تجاری، این مساله باعث عدم بهینگی در فشرده‌سازی اطلاعات رنگی می‌شود. مشکل دیگر این فضا عدم یکنواختی ادراکی آن می‌باشد.

راه‌حل رفع همبستگی این است که فضای RGB نرمالسازی شود. در این فضای رنگ جدید که به «فضای رنگ متقابل»<sup>۲۷</sup> موسوم است، اطلاعات روشنایی از سایر مولفه‌ها جدا شده و بنابراین این فضا در سیستم‌های بازیابی تصویر قابل استفاده است. مولفه‌های جدید برابرند با R-G و B-R-G که نماینده رنگ هستند و R+G+B که معرف روشنایی است [۲، ۵، ۱۳]. از مولفه R در کنار دو مولفه اول فضای متقابل در برخی سیستم‌های بازیابی تصویر استفاده می‌شود. عدم حضور روشنایی در مولفه‌های رنگ این ترکیب در این سیستم‌ها مورد نظر است.

<sup>۲۶</sup> Perceptual Uniformity

<sup>۲۷</sup> Opponent Color Space

در شکل ۱-۳ مکعب رنگ RGB و نام تجاری برخی رنگ‌ها نشان داده شده است.



شکل ۱-۳ فضای رنگ RGB به صورت گسترده

### ۳-۱-۱-۲- فضای رنگ HSV

فضای HSV دارای خاصیت یکنواختی ادراکی است، به همین دلیل از آن در سیستم‌های بازیابی تصویر به طور معمول استفاده می‌شود [۷]. ابعاد تشکیل دهنده این فضا رنگ را بر اساس رده<sup>۲۸</sup> (H) یا طول موج<sup>۲۹</sup>، درجه اشباع رنگ<sup>۳۰</sup> (S) و درجه روشنایی<sup>۳۱</sup> آن (V) تعریف می‌کنند. فضای مذکور یک فضای مخروطی است، که در آن:

<sup>۲۸</sup> Hue  
<sup>۲۹</sup> Wavelength  
<sup>۳۰</sup> Saturation  
<sup>۳۱</sup> Value

۱. **طول موج رنگ** برابر زاویه‌ی رنگ در برش دایره مخروط می‌باشد و در فاصله  $[0, 2\pi)$  تعریف

می‌شود، به صورتی که قرمز در زاویه صفر درجه، سبز در زاویه  $\frac{2\pi}{3}$  و آبی در زاویه  $\frac{4\pi}{3}$  قرار گرفته

که در انتها دوباره به قرمز در زاویه  $2\pi$  باز می‌گردد؛

۲. **درجه روشنایی رنگ** معادل محور مرکزی مخروط است؛

۳. **درجه اشباع رنگ** برابر فاصله نقطه روی دایره تا محور مرکزی است به گونه‌ای در نزدیکی

محور، میزان غلظت کمتر است و رنگ مزبور به دسته رنگ‌های خاکستری می‌پیوندد.

H مولفه اصلی مورد استفاده در سیستم‌های بازیابی است چرا که نسبت به تغییرات جهت تصویربرداری

از شیئی یا منظره پایدارتر است. اما با این حال به تغییرات روشنایی به شدت حساس می‌باشد.

شکل ۲-۳-الف فضای رنگی HSV را نشان می‌دهد. هر برش دایره‌ای از ۰ تا ۳۶۰ درجه علامتگذاری می‌-

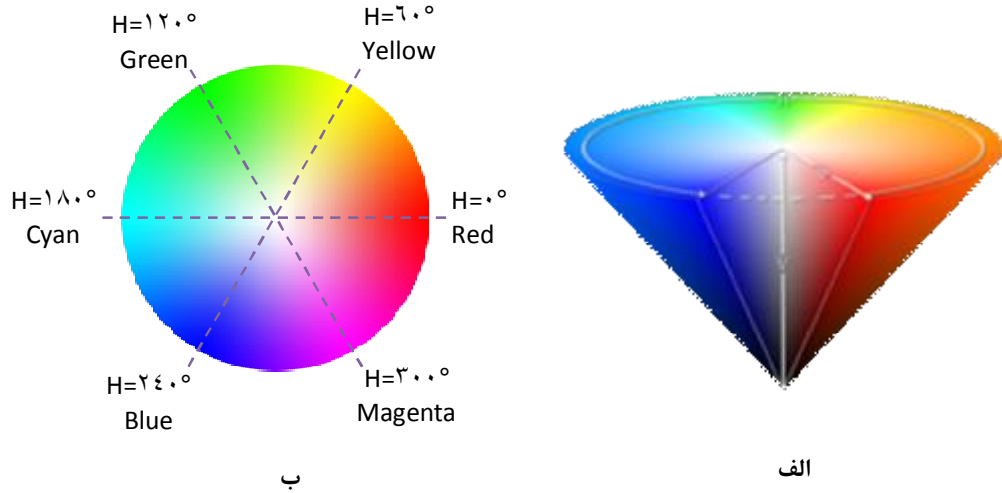
شود که هر درجه معرف یک طول موج مشخص رنگ است. در شکل ۲-۳ بالاترین برش از این دایره، نام

تجاری معادل رنگ‌ها و مقادیر زاویه و معادل RGB هر یک از آن‌ها آمده است [۵، ۱۳]

مساله قابل توجه در مورد این فضا این است که، در کنار مزایای استفاده از آن مشکل عمده‌ای وجود دارد

و آن محاسبات دشوار در این فضا است. یکی از راه‌های کاهش این محاسبات تبدیل مقادیر از این فضا به

RGB و بالعکس است.



شکل ۳-۲ (الف) فضای HSV و (ب) برشی از فضای HSV

اگر فرض کنیم که  $r, g, b \in [0, 1]$  به صورتی که به ترتیب معرف محورهای قرمز، سبز و آبی فضای RGB باشد، و  $s, h, v$  معرف مولفه‌های فضای HSV باشد به صورتی که  $h \in [0, 360]$ ،  $s \in [0, 1]$  و  $v \in [0, 1]$  و فرض کنیم که  $\max$  معرف بیشینه مقدار  $r, g, b$  و  $\min$  معرف کمینه آنها باشد، آنگاه برای تبدیل از RGB به HSV از روابط (۳-۱) تا (۳-۳) استفاده می‌شود.

$$h = \begin{cases} 0, & \text{if } \max = \min \\ \left( 60 \cdot \frac{g - b}{\max - \min} + 0 \right) \bmod 360, & \text{if } \max = r \\ 60 \cdot \frac{b - r}{\max - \min} + 120, & \text{if } \max = g \\ 60 \cdot \frac{r - g}{\max - \min} + 240, & \text{if } \max = b \end{cases} \quad (1-3)$$

$$s = \begin{cases} 0, & \text{if } \max = 0 \\ 1 - \min/\max, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2-3)$$

$$v = \max \quad (3-3)$$

برای تبدیل از HSV به RGB، متغیرهای کمکی معرفی می‌شوند که روابط (۳-۴) تا (۳-۸) ذکر شده‌اند.

$$h \quad (۴-۳)$$

$$f = \frac{h}{۶۰} - \left\lfloor \frac{h}{۶۰} \right\rfloor \quad (۵-۳)$$

$$p = v \cdot (1 - s) \quad (۶-۳)$$

$$q = v \cdot (1 - f \cdot s) \quad (۷-۳)$$









$$t = v \cdot (1 - (1 - f) \cdot s) \quad (۸-۳)$$

به این ترتیب بردار  $(r, g, b)$  از رابطه (۹-۲) به دست می‌آید [۱۴].

$$(r, g, b) = \begin{cases} (v, t, p), & \text{if } h_i = 0 \\ (q, v, p), & \text{if } h_i = 1 \\ (p, v, t), & \text{if } h_i = 2 \\ (p, q, v), & \text{if } h_i = 3 \\ (t, p, v), & \text{if } h_i = 4 \\ (v, p, q), & \text{if } h_i = 5 \end{cases} \quad (۹-۲)$$

در جدول ۱-۳ اطلاعات مربوط به برخی رنگ‌ها با نام تجاری و معادل RGB و HSV آن‌ها آمده است.

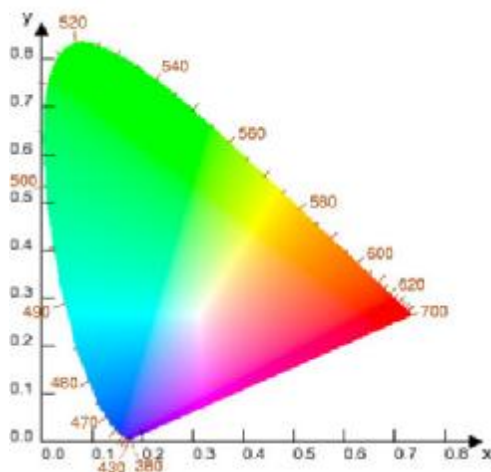
جدول ۱-۳ اطلاعات مربوط به برخی رنگ‌ها با نام تجاری و معادل RGB و HSV آن‌ها

HSV	RGB	نام رنگ	رنگ
$(0^\circ, 0, 0)$	$(0, 0, 0)$	Black	
$(0^\circ, 0, 1)$	$(255, 255, 255)$	White	
$(0^\circ, 1, 1)$	$(255, 0, 0)$	Red	
$(60^\circ, 1, 1)$	$(255, 255, 0)$	Yellow	
$(120^\circ, 1, 1)$	$(0, 255, 0)$	Green	
$(180^\circ, 1, 1)$	$(0, 255, 255)$	Cyan	
$(240^\circ, 1, 1)$	$(0, 0, 255)$	Blue	
$(300^\circ, 1, 1)$	$(255, 0, 255)$	Magenta	

### ۳-۱-۱-۳ - فضای رنگ $L^*a^*b^*$

فضای رنگ  $L^*a^*b^*$  نیز دارای خاصیت یکنواختی ادراکی است. مولفه‌های این سیستم تشکیل شده از  $L^*$  که معرف روشنایی است و بین سفید تا سیاه متغیر است،  $a^*$  که معرف قرمز-سبز است و  $b^*$  که معادل سبز-آبی است.  $a^*$  و  $b^*$  مستقل از روشنایی‌اند و بنابراین دارای خواص فضاهای نرمالسازی شده هستند. تنها مشکل این فضا این است که تبدیلات سایر فضاهای رنگی به این فضا غیرخطی و مستلزم محاسبات بالاست.

شمای این فضای رنگ در شکل ۳-۳ آمده است. در این فضا، فاصله بین دو رنگ برابر فاصله اقلیدسی رنگ در فضای مربوطه است.



شکل ۳-۳ فضای رنگ  $L^*a^*b^*$

### ۳-۱-۱-۴ - فضای رنگ $YIQ$ و $YUV$

دو فضای رنگی  $YUV$  و  $YIQ$  برای نمایش اطلاعات رنگی در سیگنال‌های تلویزیونی استفاده می‌شوند.  $Y$  معرف روشنایی و  $UV$  یا  $IQ$  معرف اطلاعات رنگ است. فضاهای رنگی  $CIE\ LUV$  و  $CIE\ LAB$  نیز دارای خاصیت یکنواختی ادراکی است، اما مشکل آنها دشواری تغییر رنگ از سیستم  $RGB$  است [۷].

## ۳-۱-۲- روش‌های استخراج ویژگی رنگ

در این بخش به ازنانه برخی روش‌های متداول در استخراج رنگ از جمله ممان رنگ، هیستوگرام رنگ، هیستوگرام برچسب رنگ، بردار ارتباط رنگ و همبستگی نگار رنگ خواهیم پرداخت.

۳-۱-۲-۱- ممان رنگ<sup>۳۲</sup>

این روش یکی از موفق‌ترین روش‌های استخراج رنگ در سیستم‌های بازیابی است. ممان‌های مرتبه اول، دوم و سوم به ترتیب به نام‌های میانگین<sup>۳۳</sup>، واریانس<sup>۳۴</sup> و درجه اریبی رنگ<sup>۳۵</sup> [۱۵]، توزیع رنگ تصویر را به صورت کارآمد و بهینه ارائه می‌دهند. ممان‌های اول تا سوم تصویر به ترتیب بر اساس روابط (۳-۱۰) تا (۳-۱۲) به دست می‌آیند:

$$\mu_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N f_{ij} \quad (۳-۱۰)$$

$$\delta_i = \left( \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (f_{ij} - \mu_i)^2 \right)^{1/2} \quad (۳-۱۱)$$

$$s_i = \left( \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (f_{ij} - \mu_i)^3 \right)^{1/3} \quad (۳-۱۲)$$

که  $f_{ij}$  مقدار  $i$  امین مولفه رنگ  $j$  امین پیکسل و  $N$  تعداد پیکسل‌های تصویر است. ممان‌های رنگ غالباً در سیستم‌های HSV و  $L^*a^*b^*$  محاسبه می‌شوند که  $L^*a^*b^*$  ارجحیت دارد. استفاده از ممان سوم رنگ در کنار دو ممان اول، بازده کلی بازیابی را افزایش می‌دهد، اما این ممان به تغییر زاویه دید حساس است و ممکن است خود دلیلی برای کاهش بازده شود.

<sup>۳۲</sup> Color Moment

<sup>۳۳</sup> Mean

<sup>۳۴</sup> Variance

<sup>۳۵</sup> Skewness

تعداد مولفه‌های به دست آمده از این ممان‌ها ۹ عدد است (سه ممان برای ۳ مولفه رنگی) و به این ترتیب معرف فشرده‌ای برای تصویر خواهد بود، ولی قدرت جداسازی کمی دارد. غالباً از ممان رنگ برای فیلتر کردن تصاویر در مراحل اولیه جستجو استفاده می‌شود [۲]. در [۷] ویژگی‌های دیگری نظیر انرژی<sup>۳۶</sup> و آنتروپی<sup>۳۷</sup> آمده است. QBIC از این سه ممان رنگ در سه فضای RGB, YIQ و CIE Lab استفاده کرده است [۱۰].

### ۳-۱-۲-۲- هیستوگرام رنگ<sup>۳۸</sup>

هیستوگرام معرف توزیع تجمعی نقاط در سه کانال رنگ است، به صورتی که هر مولفه هیستوگرام برابر با مجموع تعداد پیکسل‌هایی است که متعلق به یک رنگ یا یک مجموعه رنگ هستند. این روش به دلیل بار محاسباتی پایین در سیستم‌های بازایی تصویر به صورت گسترده استفاده می‌شود، همچنین نسبت به تغییر اندازه کم، تغییر زاویه، دورنمایی و اغتشاش تصویر پایدارتر است [۳، ۷].

به طور کلی هرچه تعداد مولفه‌های هیستوگرام بیشتر باشد قدرت جداسازی آن بیشتر است، اما باعث افزایش بار محاسباتی است و اندیس‌گذاری تصویر را دشوارتر می‌کند. همچنین تعداد زیاد مولفه‌های هیستوگرام لزوماً کارایی بازایی را افزایش نمی‌دهد. مشکل دیگری که در پایگاه‌های داده تصویر بسیار بزرگ رخ می‌دهد، مساله اشباع شدن هیستوگرام<sup>۳۹</sup> است، به این معنا که تصاویر بسیار متفاوت ممکن است هیستوگرام مشابهی داشته باشند. در [۳، ۲] راه‌هایی برای حل مشکل اشباع شدن و بهبود کارایی هیستوگرام آمده است.

Gevers به همراه سایرین در [۱۶] راه‌کاری برای بهبود هیستوگرام مطرح کرده است که عمدتاً بر محور حذف نویز از رنگ‌های هیستوگرام استوار است. همچنین QBIC از ۲۵۶ مولفه رنگ برای هیستوگرام تصویر در سیستم RGB استفاده کرده است [۱۰].

<sup>۳۶</sup> Energy

<sup>۳۷</sup> Entropy

<sup>۳۸</sup> Color Histogram

<sup>۳۹</sup> Histogram Saturation



### ۳-۱-۲-۳ - هیستوگرام برچسب رنگ<sup>۴۰</sup>

در برخی از سیستم‌ها برای سهولت محاسبه و استفاده از هیستوگرام و بهبود قدرت تفکیک‌دهی، از پالت رنگ<sup>۴۱</sup> استفاده می‌شود. در این روش، تعداد رنگ‌های مورد استفاده از فضای رنگ به تعداد محدودی کاهش داده می‌شود، که به این روش کوانتیزه کردن<sup>۴۲</sup> فضای رنگی [۷] و به فضای جدید، پالت رنگ گفته می‌شود. برای مثال سیستم Viper [۹] از پالت رنگ ۱۶۶ تایی استفاده کرده که این کار را با کوانتیزه کردن فضای رنگ HSV به ۱۸ سطح در بعد H، ۳ سطح در S و ۳ سطح در V بعلاوه ۴ سطح خاکستری انجام داده است.

در مرحله بعد رنگ‌های موجود در فضا یا پالت رنگ بر اساس شباهت دیداری به دسته‌هایی تقسیم می‌شوند که هر دسته برچسب خاصی دارد. سپس هر پیکسل تصویر بر این اساس برچسب‌گذاری شده و هیستوگرام این برچسب‌ها محاسبه می‌شود. هیستوگرام حاصله به جای ۳ بعد، از یک بعد تشکیل شده است.

Li به همراه سایرین در [۱۱] برای سیستم خود، فضای رنگ HSV را به سیزده دسته تقسیم کرده و هیستوگرام برچسب رنگ را با سیزده مولفه به دست آورده است. این سیستم از نظر بازده و کارایی بهتر از هیستوگرام معمولی است. همچنین ابعاد کم هیستوگرام به دست آمده در حل «مشکل ابعاد بالای هیستوگرام» حائز اهمیت است.

### ۳-۱-۲-۴ - بردار ارتباط رنگ<sup>۴۳</sup>

این ویژگی اطلاعات مکانی پیکسل‌ها را در هیستوگرام درج می‌کند. در این روش که به طور مخفف به آن CCV می‌گویند، هر مولفه هیستوگرام از دو نوع داده تشکیل می‌شود، بخش مرتبط<sup>۴۴</sup> که شامل تعداد

<sup>۴۰</sup> Color Label histogram

<sup>۴۱</sup> Color Palette

<sup>۴۲</sup> Quantization

<sup>۴۳</sup> Color Coherence Vector

<sup>۴۴</sup> Coherent

پیکسل‌هایی است که به یک منطقه یکنواخت رنگ متعلق‌اند، و بخش نامرتبط<sup>۴۵</sup> که پیکسل‌های گسسته را شامل می‌شود. اگر  $\alpha_i$  معرف پیکسل‌های مرتبط در مولفه  $i$  ام هیستوگرام (مربوط به رنگ  $i$  ام) و  $\beta_i$  تعداد پیکسل‌های نامرتبط آن مولفه باشد، در اینصورت CCV مربوط به آن تصویر با بردار (۳-۱۳) معرفی می‌شود. قابل توجه است که بردار (۳-۱۴) همان هیستوگرام تصویر می‌باشد.

$$\langle (\alpha_1, \beta_1), (\alpha_2, \beta_2), \dots, (\alpha_N, \beta_N) \rangle \quad (۳-۱۳)$$

$$\langle \alpha_1 + \beta_1, \alpha_2 + \beta_2, \dots, \alpha_N + \beta_N \rangle \quad (۳-۱۴)$$

بر اساس نتایج گذشته، CCV بازده بهتری از هیستوگرام دارد. برای هر دو هیستوگرام و بردار ارتباط رنگ، سیستم HSV بهتر از  $L^*a^*b^*$  عمل می‌کند [۲].

### ۳-۱-۲-۵- همبستگی‌نگار رنگ<sup>۴۶</sup>

این ویژگی نه تنها معرف توزیع رنگ پیکسل‌ها است، بلکه همبستگی مکانی هر جفت پیکسل را نیز شامل می‌شود. بُعد اول و دوم از سه بُعد هیستوگرام رنگ هر جفت پیکسل و بُعد سوم معرف فاصله مکانی آنها است. بردار همبستگی‌نگار رنگ جدولی است که توسط جفت‌های رنگ اندیس‌گذاری شده است، به گونه‌ای که  $k$  امین مولفه  $(i, j)$  برابر احتمال یافتن یک پیکسل از رنگ  $j$  ام در فاصله  $k$  از یک پیکسل از رنگ  $i$  در تصویر است. این بردار در مقابل هیستوگرام و CCV بازده بهتری برای سیستم بازبازی فراهم می‌کند، اما به علت بعد زیاد، بار محاسباتی بالایی دارد [۳].

<sup>۴۵</sup> Incoherent

<sup>۴۶</sup> Color Correlogram

## ۳-۲- استخراج ویژگی بافت

بافت یکی دیگر از ویژگی‌های مهم تصویر است و از منظر دیداری الگوی یکنواختی است که از حضور بیش از یک رنگ یا درجه خاکستری به دست می‌آید [۲]. روش‌های استخراج بافت به چهار دسته اصلی تقسیم می‌شود:

۱. روش‌های ساختاری<sup>۴۷</sup>

۲. روش‌های آماری<sup>۴۸</sup>

۳. روش‌های مبتنی بر مدل<sup>۴۹</sup>

۴. روش‌های تبدیلی<sup>۵۰</sup>

روش‌های ساختاری شامل اپراتور مورفولوژیک<sup>۵۱</sup> و گراف همجواری<sup>۵۲</sup> است که بافت را بر اساس ویژگی‌های ساختاری و قواعد مربوط به نحوه قرار گرفتن پیکسل‌ها و اصطلاحاً بر اساس ریزبافت‌ها تعریف می‌کنند. این روش‌ها برای بافت‌های معمولی مناسب هستند و بیشتر برای ترکیب<sup>۵۳</sup> بافت استفاده می‌شوند تا تحلیل<sup>۵۴</sup> آن، و با وجود اینکه تعریف دقیقی از بافت ارائه می‌دهند، از بازده مناسبی برخوردار نیستند و محاسبات بالایی می‌طلبند. امروزه از روش‌های ساختاری در موارد خاصی استفاده می‌شوند [۲، ۱۵].

روش‌های آماری بر اساس هیستوگرام و یا محاسبات مرتبه دوم آماری بر روی درجه خاکستری پیکسل‌های مجاور اعمال می‌شوند و از جمله اولین روش‌های استخراج بافت هستند. Li در [۱۱] روشی از نوع

<sup>۴۷</sup> Structural

<sup>۴۸</sup> Statistic

<sup>۴۹</sup> Model-based

<sup>۵۰</sup> Transform

<sup>۵۱</sup> Morphological Operator

<sup>۵۲</sup> Adjacency Graph

<sup>۵۳</sup> Synthesis

<sup>۵۴</sup> Analysis

آماری ارائه کرده که برای استخراج بافت، از هیستوگرام تصویر استفاده شده است. در سایر روش‌های آماری غالباً از ماتریس مجاورت برای استخراج ویژگی‌های بافت استفاده می‌شود.

روش‌های مبتنی بر مدل، به مدل‌سازی بافت می‌پردازند و شامل روش خودبازگشت<sup>۵۵</sup> یا AR، مدل گوسی مارکوف یا RMF<sup>۵۶</sup> و مدل Gibbs RMF<sup>۵۷</sup> می‌شوند.

روش‌های تبدیلی شامل ویژگی‌های تامورا<sup>۵۸</sup>، تبدیل موجک<sup>۵۹</sup> و غیره است که مبتنی بر اعمال فیلتر بر روی تصویر می‌باشند. ذیلاً توضیح برخی از مهمترین این روش‌ها آمده است.

### ۳-۲-۱- ماتریس مجاورت<sup>۶۰</sup>

این ماتریس که به هیستوگرام مرتبه دوم [۱۵] یا GLCM<sup>۶۱</sup> [۱۷] نیز معروف است، به احتمال تجمعی توزیع جفت پیکسل‌ها می‌پردازد و روش بسیار موفقی در تعریف بافت است. GLCM معرف فرکانس حضور هر دو پیکسل در فاصله‌ای معین در تصویر است، که فاصله آنها به صورت برداری از پیش تعیین شده در نظر گرفته می‌شود. پس از محاسبه این ماتریس خصوصیات نظیر انرژی، آنتروپی، تباين<sup>۶۲</sup> و همگنی<sup>۶۳</sup> از آن استخراج می‌شود که می‌توانند معرفی برای بافت موجود در تصویر باشند [۱۷]. Arvis به همراه سایرین در [۱۸] روش دیگری برای استخراج بافت از این ماتریس ارائه کرده است.

### ۳-۲-۲- ویژگی‌های تامورا<sup>۶۴</sup>

این ویژگی ویژگی‌هایی از بافت را نظیر «درشتی و ریزی»<sup>۶۵</sup>، «تباين»<sup>۶۶</sup>، «جهت‌دار بودن»<sup>۶۶</sup>، «خطی بودن»<sup>۶۷</sup>، «منظم بودن»<sup>۶۸</sup> و «زبری»<sup>۶۹</sup> تعریف می‌کند و بر اساس مطالعات روانشناسی بر روی ادراک

<sup>۵۵</sup> Autoregressive

<sup>۵۶</sup> Markov Random Fields

<sup>۵۷</sup> Gibbs Random Fields

<sup>۵۸</sup> Tamura

<sup>۵۹</sup> Wavelet

<sup>۶۰</sup> Co-occurrence Matrix

<sup>۶۱</sup> Gray Level Co-occurrence Matrix

<sup>۶۲</sup> Contrast

<sup>۶۳</sup> Homogeneity

<sup>۶۴</sup> Tamura Features

<sup>۶۵</sup> Coarseness

انسان از بافت طراحی شده است. هر یک از این ویژگی‌ها توسط رابطه‌ای جداگانه به دست می‌آید. سه ویژگی اول در سیستم‌های بازیابی نتایج بسیار موفق داشته و در برخی از سیستم‌های اولیه مانند QBIC استفاده شده‌اند.

برای محاسبه «درشتی و ریزی» بافت، میانگین همسایگی تمام پیکسل‌های تصویر در همسایگی  $2^k \times 2^k$  به دست می‌آید. این میانگین از طریق رابطه (۱۵-۳) به دست می‌آید.

$$A_k(x, y) = \sum_{i=x-2^{k-1}}^{x+2^{k-1}-1} \sum_{j=y-2^{k-1}}^{y+2^{k-1}-1} f(i, j) / 2^{2k} \quad (15-3)$$

سپس برای هر نقطه اختلاف بین تمام همسایگی‌های نقاط اطراف آن در هر دو سوی افقی و عمودی محاسبه می‌شود. برای مثال این میانگین برای حالت افقی از رابطه (۱۶-۳) محاسبه می‌شود.

$$E_{k,h}(x, y) = |A_k(x + 2^{k-1}, y) - A_k(x - 2^{k-1}, y)| \quad (16-3)$$

در هر نقطه، اندازه مناسب برابر است با بیشترین مقدار به دست آمده از میانگین‌های موجود ( $E$ ). میزان درشتی و ریزی بافت در هر نقطه برابر مقدار همسایگی به دست آمده است.

مفهوم «تقابل»، چگونگی گستردگی سطوح خاکستری را به همراه درجه قطبیت<sup>۷۰</sup> در تصویر بررسی می‌کند. اولی از محاسبه انحراف استاندارد مقادیر پیکسل‌های تصویر خاکستری شده به دست می‌آید و دومی برابر نقطه اوج<sup>۷۱</sup> ( $\alpha$ ) تصویر است. بنابراین تقابل از رابطه (۱۷-۳) به دست می‌آید.

$$F_{con} = \frac{\sigma}{(\alpha_f)^n}, \alpha_f = \mu_f / \sigma_f \quad (17-3)$$

«جهت‌دار بودن»، به تعریف ویژگی کلی یک ناحیه از بافت می‌پردازد. این ویژگی بیانگر زاویه کلی بافت در یک ناحیه است. برای محاسبه جهت بافت زاویه و طول اجزای ریز بافت محاسبه می‌شود، سپس

<sup>۶۶</sup> Directionality

<sup>۶۷</sup> Line-likeness

<sup>۶۸</sup> Regularity

<sup>۶۹</sup> Roughness

<sup>۷۰</sup> Polarization

<sup>۷۱</sup> Kurtosis

هیستوگرام زوایا و طول‌های به دست آمده از این روش محاسبه شده و به این ترتیب معرفی برای چگونگی جهت‌دار بودن بافت به دست خواهد آمد [۲، ۱۰، ۱۷].

### ۳-۲-۳ ویژگی‌های فیلتر گابور<sup>۷۲</sup>

استفاده از فیلتر گابور یکی از رایج‌ترین روش‌های مبتنی بر فیلتر در زمینه استخراج بافت است. فیلتر گابور می‌تواند برای مدل کردن واکنش سیستم‌های بصری انسان استفاده شود.

این فیلتر در هر دو حوزه مکان و فرکانس عمل می‌کند. در حوزه مکان، هسته‌های فیلتر گابور از حاصل-ضرب یک تابع گوسین<sup>۷۳</sup> با یک تابع سینوسی جهت‌دار به دست می‌آید. در نتیجه این فیلتر در نقاطی از تصویر که به صورت محلی دارای جهت و فرکانس مکانی معینی هستند پاسخ‌های قوی تولید می‌کند [۲]. برای اعمال این فیلتر بهتر است از فضای رنگ HSV استفاده شود [۱۹].

استفاده از فیلتر گابور کارایی بازیابی را افزایش می‌دهد اما دارای دو مشکل عمده است:

۱. توابع پایه گابور متعامد نیست که باعث افزایش حافظه مصرفی می‌شود؛

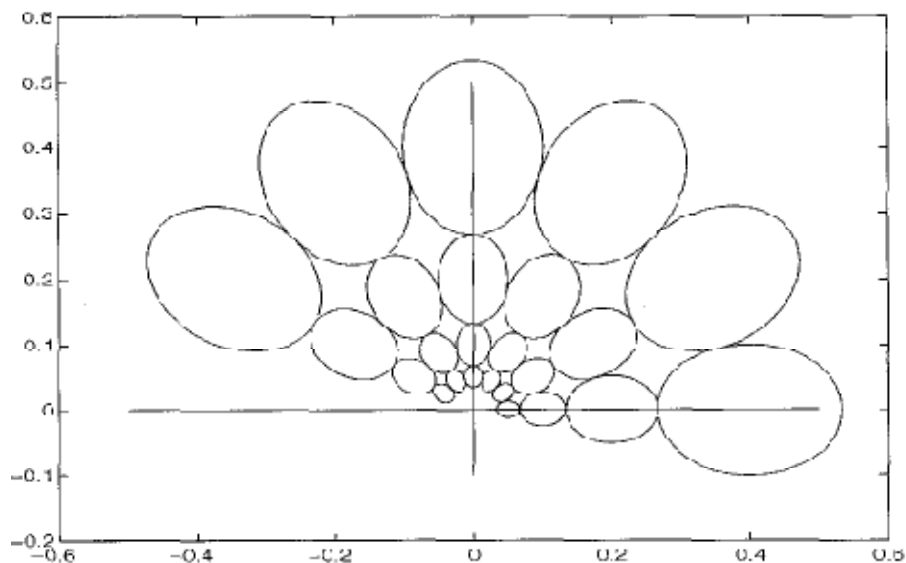
۲. زمان موردنیاز برای استخراج این ویژگی‌ها زیاد است که باعث کاهش سرعت بازیابی می‌شود

[۲].

Andrysiak در [۲۰] روشی برای استخراج بردار ویژگی بافت از فیلتر گابور آورده است. به گونه‌ای که بردار ویژگی حاصل می‌نیم طول ممکن را دارا باشد. Manjunathi در روش پرکاربرد خود، فیلتر گابور را بسط داده و طرز بیان مبدعی از این فیلتر به دست آورده است که با استفاده از آن می‌توان زوایای متفاوت در بافت را در مقیاس‌های مکانی متنوع از یکدیگر تفکیک داد. شکل ۳-۴ شش زاویه در سه مقیاس متفاوت را در تشخیص بافت نشان می‌دهد.

<sup>۷۲</sup> Gabor Filter Features

<sup>۷۳</sup> Gaussian



شکل ۳-۴ محوطه های بسته معرف مقیاس های متفاوت

در تشخیص بافت توسط فلتر گابور هستند

### ۳-۲-۴ ویژگی های تبدیل موجک

تبدیل موجک گسسته یک بعدی یا DWT<sup>۴</sup>، یک سیگنال گسسته  $f(x)$  را بر حسب مقادیر تابع مقیاس  $\varphi(x)$  و تابع شیفت یافته و بسط یافته  $\psi(x)$  تجزیه می کند. رابطه (۳-۱۸) معرف این تبدیل است.

$$f(x) = \sum_{l \in \mathbb{Z}} S_{j_0, l} \varphi_{j_0, l}(x) + \sum_{j \geq j_0, l} C_{j, l} \psi_{j, l}(x) \quad (۳-۱۸)$$

که در آن  $\varphi_{j, l}$  و  $\psi_{j, l}$  و به ترتیب توسط روابط (۳-۱۹) و (۳-۲۰) به دست می آیند.

$$\varphi_{j, l}(x) = 2^{\frac{j-l}{2}} \varphi(2^j x - l) \quad (۳-۱۹)$$

$$\psi_{j_0, l}(x) = 2^{\frac{j-l}{2}} \psi(2^j x - l) \quad (۳-۲۰)$$

تابع  $\psi(x)$  موجک مادر<sup>۵</sup> یا به اختصار موجک نامیده می شود. تبدیل موجک یک تصویر (سیگنال دو

بعدی)، با پیاده سازی تبدیل موجک یک بعدی در جهت های افقی و عمودی به دست می آید [۲].

<sup>۴</sup> Discrete Wavelet Transform

دلیل کارایی موجک در آنالیز سیستم‌ها مسائلی از قبیل محمل فشرده<sup>۷۶</sup> و کوتاه، تعامد، تقارن<sup>۷۷</sup>، گشتاورهای صفر<sup>۷۸</sup> و غیره است؛ اما تمامی خصوصیات فوق کاملاً در موجک‌های کلاسیک برآورده نمی‌شوند. به همین منظور موجک‌های چنددقتی<sup>۷۹</sup> و تبدیل موجک مختلط<sup>۸۰</sup> که حاصل گسترش موجک کلاسیک هستند ارائه شده‌اند. ایده موجک چنددقتی حالت کلی‌تر موجک‌های کلاسیک می‌باشد، به این صورت که به جای استفاده از یک تابع مقیاس خاص از چندین تابع مقیاس، موسوم به توابع مقیاس چند-دقتی استفاده می‌شود. در ساخت موجک‌های چندگانه، برای برآورده شدن همزمان خواص مطلوب موثر در پردازش سیگنال درجه آزادی بیشتری وجود دارد.

در تبدیل موجک مختلط، فیلترها ضرایب مختلط دارند و نمونه‌ها خروجی مختلط تولید می‌کنند. DWT حقیقی از نظر انتخاب جهت ضعیف و نیز حساس به شیفت است. این دو مساله توسط تبدیل موجک مختلط قابل حل می‌باشند.

انواع توابع تبدیل موجک عبارتند از Coiflet، Morlet، Mexican Hat، Haar و Daubechies. که از این میان، فیلتر Haar به دلیل سهولت در سیستم‌های بازیابی بیشتر استفاده می‌شود [۲۱].

<sup>۷۵</sup> Mother Wavelet

<sup>۷۶</sup> Compact Support

<sup>۷۷</sup> Symmetry

<sup>۷۸</sup> Vanishing Moment

<sup>۷۹</sup> Multiresolution

<sup>۸۰</sup> Complex Wavelet Transform



۳-۳ - درخت تقسیم بندی دودویی<sup>۸۱</sup>

درخت تقسیم بندی دودویی ساختاری است که می تواند اجزای یک ناحیه را برای استفاده های بعدی ذخیره کند. به بیان جزئی تر، ساختاری است که با استفاده از آن می توان یک ناحیه وسیع در تصویر را با استفاده از زیر ناحیه های آن - که نواحی مجزایی از یکدیگر می باشند - ارائه داد. در این ساختار دودویی، از ادغام نواحی مجاور منتسب به دو گره متمایز، گره پدر ایجاد می شود.

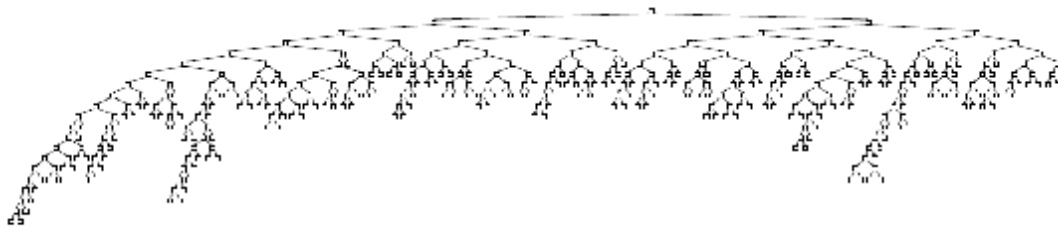
در شکل ۳-۵ نحوه شکل گیری یک درخت دودویی آمده است. برگ های درخت معرف نواحی مجزای اولیه در ۳-۵-ج می باشند. نودهای داخلی نواحی ای هستند که از ادغام دوبه دوی این نواحی تشکیل شده اند. گره ریشه معرف کل تصویر است.

همانطور که مشهود است، درخت دودویی شامل گستره ای از نواحی تصویر در مقیاس های متفاوت است؛ هر چه گره ای به ریشه نزدیک تر باشد ناحیه منتسب به آن بزرگتر از زیر درخت مربوطه، و هر چه دورتر باشد کوچکتر خواهد بود.

یکی از معایب این ساختار آن است که تمامی حالات ادغام را شامل نمی شود. تنها نواحی ای که مشابهت بیشتری با یکدیگر دارند و یا ادغام آن ها مناسب تر است در درخت دودویی اعمال می شود. ارتباط بین گره های درخت را می توان به این گونه تفسیر کرد که هر گره، از نظر مکانی مجاور گره برادر خود است؛ به گونه ای که ادغام آن ها گره پدر را تشکیل می دهد. سایر ارتباطات در درخت قابل پیگیری نیست و این درخت از نظر اطلاعات مجاورت تنها بخشی از همسایگی ها را نشان می دهد.

با در نظر گرفتن فواید و معایب این ساختار، می توان نتیجه گیری کرد که این روش پیاده سازی اجمالی - تری از روش های پیچیده مرتبط با نمایش نواحی را ارائه می دهد.

<sup>۸۱</sup> Binary Partitioning Tree



ج

ب

الف

شکل ۳-۵ چگونگی ایجاد درخت دودویی برای یک تصویر (الف) تصویر اولیه، (ب) تصویر ناحیه‌بندی شده به

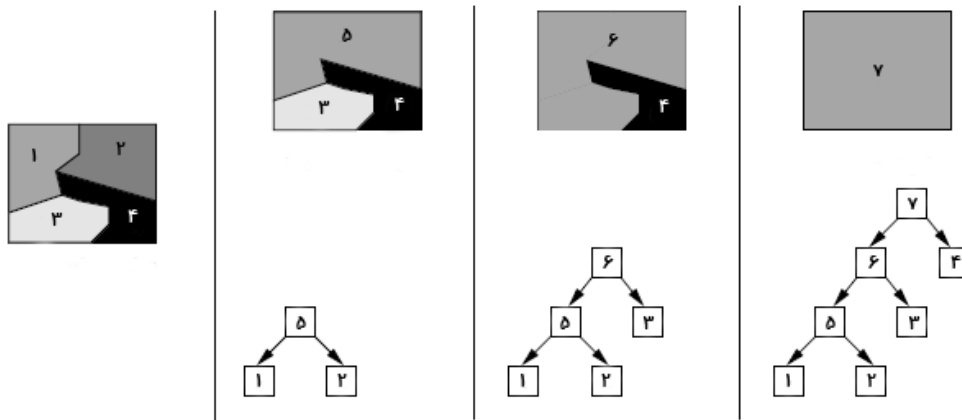
۲۰۰ ناحیه، (ج) نمایش نواحی با استفاده از مقدار میانگین آن (از [۲۲])

### ۳-۳-۱- نحوه محاسبه درخت تقسیم‌بندی دودویی

در بخش قبل ساختار درختی دودویی توصیف شد. روش ساخت این درخت بسته به کاربرد متفاوت است؛ یکی از راه‌های متداول آن این است که «سلسه مراتب ادغام نواحی» به عنوان ملاک برای ساخت درخت در نظر گرفته شود (برای مثال [۲۳] و [۲۴] را مشاهده کنید). ساخت این درخت در ابتدا با انتخاب یک ناحیه اولیه به عنوان اولین برگ آغاز می‌شود (برای مثال یکی از نواحی کوچک ۳-۴-ج)؛ سپس در هر مرحله، دو ناحیه با یکدیگر ادغام شده و یک ناحیه بزرگتر را تشکیل می‌دهد که دو ناحیه اولیه را دربر می‌گیرد. گره‌هایی به دو ناحیه اول منتسب می‌شود که به عنوان برگ‌های گره منتسب به ناحیه بزرگتر در نظر گرفته می‌شوند. با ادامه این روند در انتها به ناحیه کلی‌ای می‌رسیم که کل تصویر اولیه را می‌پوشاند.

مثالی از نحوه ساخت درخت در شکل ۳-۶ آمده است. تصویر به چهار ناحیه تقسیم‌بندی شده است که الگوریتم فوق‌الذکر در سه مرحله ادغام، درخت معادل آن را می‌سازد. در مرحله اول دو ناحیه مجاور (۱) و

(۲) ادغام شده و ناحیه (۵) را تشکیل می‌دهد. سپس ناحیه (۵) با ناحیه (۳) ادغام شده تا ناحیه (۶) را بسازد. در انتها ناحیه (۶) با ناحیه (۴) ادغام شده و ناحیه (۷) را می‌سازد که این ناحیه کل تصویر مورد بررسی را تحت پوشش قرار می‌دهد. [۲۲]

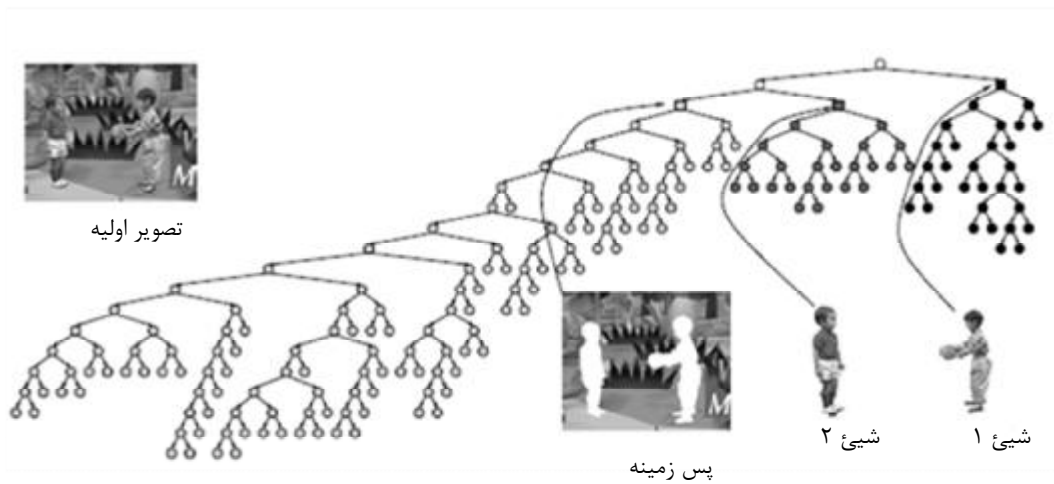


شکل ۳-۶ نحوه ساخت درخت تقسیم‌بندی دودویی، سلسه مراتب ادغام را می‌توان به شکل

$$(۶, ۴) | (۵, ۳) | (۱, ۲) \text{ نشان داد } (۲۲)$$

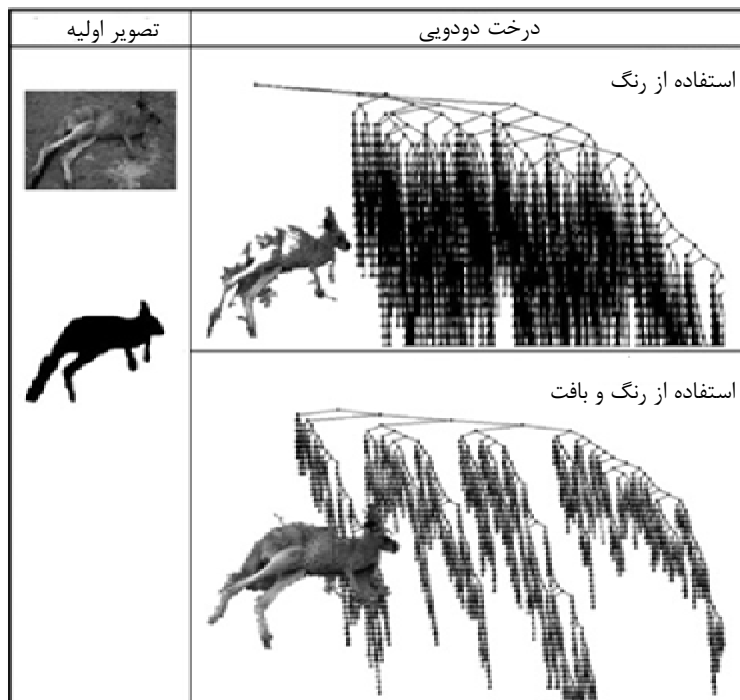
در روش‌های پیشرفته‌تر، قوانین ادغام پیچیده‌تری برای انتخاب ناحیه قابل ادغام با یک ناحیه اتخاذ می‌شود. در [۲۲] و [۲۵] انتخاب بر اساس میزان همگنی نواحی از لحاظ رنگ است. این قوانین به گونه‌ای تعیین می‌شوند که نواحی مربوط به یک شی اولویت بالاتری برای ادغام داشته باشند. به این ترتیب این روش‌ها را می‌توان زیرمجموعه روش‌های بخش‌بندی<sup>۸۲</sup> قرار داد (برای مثال شکل ۳-۷ شکل).

<sup>۸۲</sup> Segmentation



شکل ۳-۷ استفاده از ساختار درختی دودویی برای استخراج اشیا درون تصویر ([۲۲])

در [۲۶] برای بالاتر بردن دقت بخش‌بندی و نیز کاهش تعداد گره‌های درخت، از اطلاعات بافت در کنار اطلاعات رنگ استفاده شده است. مقایسه این روش با روش تنها-رنگ در شکل ۳-۸ آمده است. در این روش احتمال اینکه نواحی متعلق به یک شی در درخت در کنار هم قرار بگیرند افزایش می‌یابد.



شکل ۳-۸ استفاده از بافت در کنار رنگ برای افزایش عملکرد بهینه درخت در استخراج اشیا (۲۶)

### ۳-۴- بلوک‌بندی تصویر<sup>۸۳</sup>

بلوک‌بندی به این معنا است که به جای استفاده از اطلاعات پیکسل‌های رنگ، از اطلاعات دسته‌ای از آن‌ها با هم استفاده شود و مقادیر به دست آمده برای تک‌تک پیکسل‌های موجود در آن مجموعه تصمیم‌گیری نمود. این شیوه برای به دست آوردن برخی ویژگی‌های مبتنی بر بافت لازم است، برای مثال Andrysiac و سایرین در [۲۷] برای اعمال فیلتر گابور تصویر را به بلوک‌های مساوی تقسیم کرده‌اند. اما استفاده از آن در سایر ویژگی‌ها مخصوصاً ویژگی‌های مبتنی بر رنگ باعث می‌شود که برخی از اطلاعات تصویر نادیده گرفته شود. اما این شیوه از مزایایی برخوردار است، برای مثال:

۱. استفاده از این شیوه در پردازش و بازیابی تصاویر باعث می‌شود تا دید وسیعتر و کلی‌تری نسبت به تصاویر ایجاد شود.
۲. به دلیل کاهش درجه تفکیک‌پذیری، حجم تصویر پردازش شده کاهش می‌یابد که این امر باعث می‌شود: الف) پردازش تصاویر موجود در بانک تصاویر و همچنین تصویر پرس‌وجو ورودی با سرعت بیشتر انجام شود. ب) در اندیس‌گذاری<sup>۸۴</sup> و ذخیره ویژگی‌های بانک تصاویر، فضای حافظه کمتری مصرف شود.

### ۳-۵- ناحیه‌بندی تصویر<sup>۸۵</sup>

در بسیاری از روش‌های استخراج ویژگی، برای افزایش بازده روش به جای اعمال آن بر روی کل تصویر، تصویر مربوطه را به نواحی مجزا از هم تفکیک می‌کنند و سپس ویژگی آن ناحیه را به صورت مجزا استخراج می‌کنند. بردارهای ویژگی حاصله می‌تواند طی یک عملیات جبری و یا اتصال به یکدیگر بردار ویژگی نهایی را بسازند.

<sup>۸۳</sup> Image Blocking

<sup>۸۴</sup> Indexing

<sup>۸۵</sup> Image Regioning

برای ناحیه‌بندی روش‌های مختلفی وجود دارد. برای مثال در اکثر سیستم‌های مبتنی بر بافت، برای استخراج بافت تصویر، آن را به نواحی مساوی تقسیم‌بندی کرده و بافت هر ناحیه را به صورت مجزا استخراج می‌کنند. این مساله بدان علت است که بازده روش‌های استخراج بافت، در صورتی که بر روی کل تصویر اعمال شود بسیار پایین‌تر از زمانی است که بر روی نواحی کوچکتر آن اعمال گردد. این مساله در [۱۷] به خوبی بررسی شده است؛ همچنین نشان داده شده که در بسیاری از روش‌های مربوط به بافت، بهتر آن است که بردارهای به دست آمده در کنار یکدیگر بردار اصلی را بسازند، و ترکیب آن‌ها با استفاده از عملیات جبری معرف خوبی برای آن ویژگی نخواهد بود.

در [۲۸] روش ناحیه‌بندی دیگری اتخاذ شده است، به اینگونه که فرض شده مهمترین بخش تصویر در مرکز آن واقع است، بنابراین ناحیه‌بندی به گونه‌ای است که مرکز تصویر در یک ناحیه وسیع‌تر قرار بگیرد و اطراف تصویر نیز در نواحی کوچکتر. این ناحیه‌بندی در شکل ۳-۹ آمده است. ضرایب هر ناحیه درجه اهمیت آن ناحیه را نشان می‌دهند.

$1/16$	$1/8$	$1/16$
$1/8$	$1/4$	$1/8$
$1/16$	$1/8$	$1/16$

شکل ۳-۹ نحوه ناحیه‌بندی تصویر برای استخراج ویژگی تصاویر ([۲۸])

## جستجو و بازیابی



برای بازیابی تصویر باید از مطلوبات کاربر مطلع شد. کاربر می‌تواند ویژگی‌ها و درجه اهمیت آنها را برای تصاویر مطلوب خود به سیستم وارد کند، و یا اینکه با استفاده از تصویری موسوم به تصویر پرس‌وجو<sup>۸۶</sup> یا خوراک<sup>۸۷</sup> [۲۱] مشخصات تصاویر مطلوب خود را اعلام کند. از روش دوم در اکثر سیستم‌های بازیابی تصویر نظیر PicToSeek [۸]، EFF<sup>۲</sup> [۷]، QBIC [۱۰]، VisualSEEK [۶] و Viper [۹] استفاده شده است.

در غالب سیستم‌ها برای جستجوی تصاویر و پیدا کردن تصاویر مشابه از جستجوی نزدیک‌ترین همسایه<sup>۸۸</sup> استفاده می‌شود، که بنا به تعریف Chiueh در [۲۱]، این روش جستجو به دنبال نقطه‌ای از فضای ویژگی است که فاصله آن با بردار ویژگی تصویر پرس‌وجو کمینه باشد. روش‌های متنوعی برای به دست آوردن این مجموعه تصاویر عنوان شده است، که اکثر آنها از شیوه‌های اندیس‌گذاری تصاویر و قسمت‌بندی فضای ویژگی استفاده می‌کند. بدین ترتیب  $k$  نزدیکترین تصویر به تصویر مطلوب کاربر استخراج می‌شود، که  $k$  می‌تواند عددی از پیش تعیین شده باشد و یا کاربر آن را مقداردهی کند. در VisualSEEK [۲۱] به کاربر این امکان داده می‌شود تا سایر تصاویر استخراج شده که از نظر سیستم از این فاصله همسایگی دورتر است را نیز مشاهده کند.

---

<sup>۸۶</sup> Query

<sup>۸۷</sup> Feed

<sup>۸۸</sup> Nearest Neighborhood Search

Einarsson در سیستم بازیابی خود به نام Eff<sup>۲</sup> [۷] برای پیدا کردن این تصاویر از جستجوی سلسله مراتبی<sup>۸۹</sup> یا پشت‌سرهم استفاده کرده و آن را به عنوان بهترین روش بازیابی عنوان نموده است. به طوری که بردار ویژگی تصویر پرس‌وجو با تمام تصاویر موجود در پایگاه داده مقایسه شوند، ولی مشکل آن را بار محاسباتی بالا عنوان کرده است. بازده این روش جستجو متناسب با تعداد تصاویر موجود در پایگاه داده است.

#### ۴-۱- معیارهای شباهت

فرض می‌شود که به ازای تمامی یا برخی از ویژگی‌های استفاده شده در سیستم بازیابی تصویر، مجموعاً  $N$  تصویر نزدیک به تصویر پرس‌وجو به دست آمده است. برای به دست آوردن تصاویر خروجی باید به هر تصویر بر اساس میزان شباهت آن به تصویر پرس‌وجو امتیازی تعلق گیرد و در انتها  $k$  بهترین تصویر انتخاب و به عنوان خروجی به کاربر نمایش داده شود. برای این کار از معیارهای شباهت<sup>۹۰</sup> و فاکتور وزن<sup>۹۱</sup> استفاده می‌شود. معیار شباهت تابعی غیرمنفی و صعودی است [۲۹] که میزان شباهت بردارهای ویژگی را مشخص می‌کند، و فاکتور وزن درجه اهمیت این ویژگی‌ها را در تعیین تصاویر نهایی مشخص می‌کند. نحوه انتخاب معیار شباهت برای افزایش دقت نتیجه خروجی مهم است.

غالب معیارهای شباهت از رابطه (۴-۱) تبعیت می‌کنند که به فرم فاصله مینکوفسکی<sup>۹۲</sup> مشهور است [۵]. در این رابطه  $\bar{k}$  معرف بردار ویژگی تصویر پرس‌وجو و  $\bar{A}$  معرف بردار ویژگی تصاویر موجود در پایگاه داده است که از فیلتر یا فیلترهایی عبور کرده‌اند.

<sup>۸۹</sup> Sequential Search

<sup>۹۰</sup> Similarity Measure

<sup>۹۱</sup> Weight Factor

<sup>۹۲</sup> Minkowski-Form Distance

$$D_M^\rho(\bar{k}, \bar{l}) = \left( \sum_{i=1}^n |k_i - l_i|^\rho \right)^{1/\rho} \quad (1-4)$$

فاصله مرتبه اول که برای محاسبه اختلاف هیستوگرام دو تصویر از آن استفاده می‌شود [۱۱، ۲۹] با قرار دادن  $\rho = 1$  در رابطه (۱-۴) به دست می‌آید. استفاده از این معیار در هیستوگرام تصویر باعث بروز منفی نابجا می‌شود، به این معنا که همه تصاویری که از لحاظ مفهومی باید استخراج شوند، با این روش استخراج نمی‌شوند. برای اصلاح این مساله از روش که در [۲۹] آمده است استفاده می‌شود.

«فاصله مرتبه دوم» یا «فاصله اقلیدسی»<sup>۹۳</sup> با قرار دادن  $\rho = 2$  در رابطه (۱-۴) به دست می‌آید. از این معیار نیز به طور عمومی برای سایر کلاس‌های ویژگی استفاده می‌شود، چرا که فرض می‌شود مقادیر موجود در هر کلاس ویژگی از یکدیگر مستقل‌اند [۱۱].

«فاصله کسینوسی»<sup>۹۴</sup> که در رابطه (۲-۴) و (۳-۴) آمده است، بردارهای ویژگی دو تصویر را مقایسه می‌کند و کسینوس زاویه بین دو بردار را به دست می‌دهد.

$$D_C(\bar{k}, \bar{l}) = 1 - \cos\theta \quad (2-4)$$

$$\cos\theta = \frac{\bar{k} \cdot \bar{l}}{\|\bar{k}\| \|\bar{l}\|} \quad (3-4)$$

که در اینجا  $\theta$  زاویه بین دو بردار  $\bar{k}$  و  $\bar{l}$  است. اگر این دو هم جهت باشند، فاصله (۲-۴) برابر یک خواهد شد.  $\theta$  می‌تواند تابعی از  $\bar{k}$  و  $\bar{l}$  باشد (رابطه (۳-۴)). این معیار برای ویژگی‌هایی با مقادیر حقیقی مناسب است [۵].

فاصله دیگری بر اساس هم‌پوشانی هیستوگرام‌ها<sup>۹۵</sup> تعریف شده است که دو هیستوگرام  $\bar{k}$  و  $\bar{l}$  با  $n$  مولفه را بر اساس مولفه‌های روی هم افتاده آنها مقایسه می‌کند (رابطه (۴-۴)). پیش از به دست آوردن این فاصله، دو هیستوگرام باید نرمالسازی شوند. [۵].

<sup>۹۳</sup> Euclidean Distance

<sup>۹۴</sup> Cosine Distance

<sup>۹۵</sup> Histogram Intersection

$$D_H(\bar{k}, \bar{l}) = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n \min(k_i, l_i)}{\sum_{i=1}^n k_i} \quad (4-4)$$

#### ۴-۲- امتیازدهی به تصاویر

Li در [۱۱، ۳] برای امتیازدهی به تصاویر، از جمع فواصل به دست آمده برای ویژگی‌های سیستم استفاده کرده است. از آنجا که این فواصل برای ویژگی‌های مختلف در مقیاس‌های متفاوت محاسبه شده‌اند، بنابراین لازم است پیش از جمع‌بندی مقادیر آنها نرمالسازی شوند. روش محاسبه وی برای دو ویژگی رنگ و بافت در رابطه (۴-۵) آمده است.

$$D_{sim}(\bar{k}, \bar{l}) = \frac{D_{color}(\bar{k}, \bar{l})}{MAX_{d \in [1, k]}(D_{color}(\bar{k}, \bar{d}))} + \frac{D_{texture}(\bar{k}, \bar{l})}{MAX_{d \in [1, k]}(D_{texture}(\bar{k}, \bar{d}))} \quad (5-4)$$

که در آن  $D_{color}$  معیار فاصله برای ویژگی یا کلاس‌های ویژگی رنگ و  $D_{texture}$  معیار فاصله برای ویژگی بافت است. بر گفته Li در رابطه (۴-۵)،  $d$  مجموعه تصاویری است که از هر دو فیلتر رنگ و بافت عبور کرده‌اند.

این روش برای سیستم‌هایی که از چند ویژگی برای استخراج ویژگی رنگ/بافت استفاده می‌کنند باید تعمیم داده شود. چراکه در این سیستم‌ها  $D_{color}$  و  $D_{texture}$  خود معرف مجموع چند معیارهای شباهت هستند.

پس از امتیازدهی، تصاویر بر اساس امتیاز خود به صورت نزولی مرتب شده و  $k$  تصویر اول برای نمایش به کاربر انتخاب می‌شوند.  $k$  می‌تواند عددی دلخواه باشد.

### ۴-۳- معیار ارزیابی سیستم های بازیابی اطلاعات

برای ارزیابی سیستم های بازیابی محتوا که شامل سیستم های بازیابی تصویر نیز می گردد، غالباً از دو مفهوم «فراخوانی»<sup>۹۶</sup> و «دقت»<sup>۹۷</sup> استفاده می شود. شکل ۵-۱ شکل شمایی از بخش بندی تصاویر موجود در پایگاه داده در زمان بازیابی بر اساس یک پرس و جوی معین، است. در این زمان تصاویر پایگاه داده به چهار بخش مجزا تقسیم می شوند:

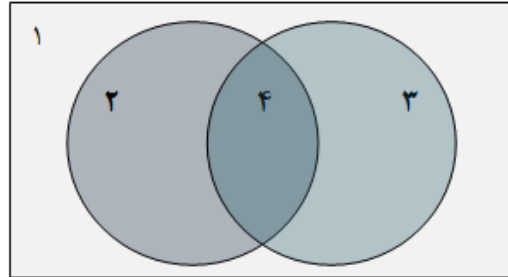
۱. تصاویر نامرتب
۲. تصاویر بازیابی شده
۳. تصاویر مرتبط
۴. تصاویر مرتبط بازیابی شده

بر این اساس، فراخوانی برابر تعداد تصاویر بازیابی شده مرتبط با پرس و جو تقسیم بر تعداد کل تصاویر مرتبط با پرس و جو در پایگاه داده تعریف می شود؛ در حالی که دقت برابر تعداد تصاویر بازیابی شده مرتبط با پرس و جو تقسیم بر تعداد کل تصاویر بازیابی شده می باشد. در واقع فراخوانی معرف میزان حساسیت بازیابی و دقت معرف میزان کامل بودن آن است [۳۰]. واضح است که مقدار به دست آمده عددی در فاصله [۰، ۱] می باشد.

اگر نقطه برش<sup>۹۸</sup> را عددی در نظر بگیریم که برابر با ماکزیمم تعداد تصاویر خروجی به کاربر پس از مرحله جستجو باشد، با تغییر این نقطه می توان دقت/فراخوانی های متفاوت نسبت به آن را به دست آورد. به گونه ای که با بالا بردن نقطه برش فراخوانی افزایش یافته و در مقابل تعداد تصاویر نامرتب نیز افزایش می یابد که خود موجب کاهش دقت خواهد شد. بر همین اساس گرافی تحت نام گراف فراخوانی/دقت

<sup>۹۶</sup> Recall  
<sup>۹۷</sup> Precision  
<sup>۹۸</sup> Cut Point

تعریف می‌شود که معرف تغییر دقت با توجه به تغییرات تعداد فراخوانی در نقاط برش متفاوت است [۱].  
از این گراف برای ارزیابی سیستم بازیابی به دست آمده استفاده می‌گردد.



شکل ۴-۱ نتایج بازیابی: ۱- تصاویر نامرتب، ۲- تصاویر بازیابی شده، ۳- تصاویر مرتب، ۴- تصاویر بازیابی شده مرتب (برگرفته از [۱])

## راهکار پیشنهادی

معماری سیستم پیشنهادی از معماری معمول سیستم‌های بازیابی تصویر پیروی می‌کند، به صورتی که از دو واحد اصلی «استخراج ویژگی» و «جستجو و بازیابی» و واحد فرعی «واسط کاربری» تشکیل می‌شود. همچنین شامل یک پایگاه داده تصاویر است که ویژگی‌های استخراج شده از آن توسط واحد «استخراج ویژگی» در پایگاه داده ویژگی ذخیره می‌شود.

سناریو جستجو و بازیابی بدین ترتیب است: برای پرس‌وجو از یک تصویر معین به عنوان تصویر پرس‌وجو استفاده می‌شود که توسط کاربر از طریق «واسط کاربری» به سیستم وارد می‌گردد. پس از دریافت تصویر توسط سیستم، ویژگی‌های آن توسط واحد «استخراج ویژگی» استخراج شده و برای جستجو به «واحد جستجو» فرستاده می‌شود. این واحد تمامی پایگاه داده را جستجو می‌کند و با استفاده از معیارهای شباهت، میزان شباهت بردارهای ویژگی تصویر پرس‌وجو با کلیه تصاویر پایگاه داده را محاسبه می‌کند. در انتهای رویه،  $k$  نزدیک‌ترین تصویر به «واسط کاربری» فرستاده شده تا برای کاربر به نمایش درآید.



## ۵-۱- استخراج ویژگی

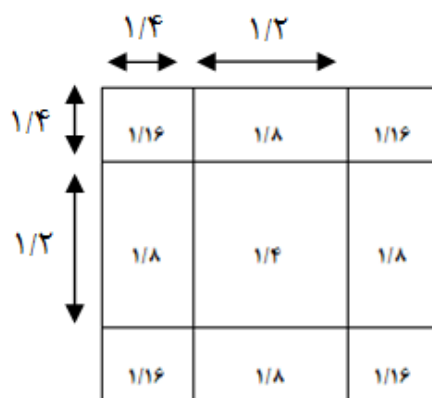
روش‌های استخراج ویژگی به دو دسته استخراج ویژگی سطح پایین و سطح بالا تقسیم می‌شود. منظور از روش‌های سطح پایین، ویژگی‌های رنگ و بافت است که همانطور که ذکر شد دید کلی‌ای نسبت به تصویر و ویژگی‌های آن به دست می‌دهد. با این حال، با استفاده از ناحیه‌بندی تصویر می‌توان تا حدود زیادی پارامتر موقعیت مکانی را در استخراج ویژگی‌های رنگ و بافت دخالت داد؛ به این معنا که در صورت ناحیه‌بندی می‌توان مشخص کرد که ویژگی‌هایی که به یک ناحیه از تصویر تعلق دارند با ویژگی‌های ناحیه متناظر از تصویر پرس‌وجو مقایسه شوند.

منظور از ویژگی سطح بالا، بردار ویژگی‌ای است که با استفاده از ساختار درختی دودویی به دست می‌آید. در این ساختار که شرح آن به تفصیل در ادامه آمده است، علاوه بر استخراج اشیا درون تصویر، از روش ناحیه‌بندی استفاده شده است تا مقایسه به صورت مقایسه ناحیه به ناحیه انجام گیرد.

در ادامه این فصل توضیح هر یک از این روش‌ها، و سپس نتایج راه‌کارهای حاصل از ترکیب آن‌ها آمده است. با استفاده از این نتایج می‌توان به میزان اهمیت و بازده این روش‌ها پی برد.

### ۵-۱-۱- استخراج رنگ: هیستوگرام فضای HSV

در این سیستم، برای استخراج رنگ از هیستوگرام در فضای HSV است. در این روش از ناحیه‌بندی برای تعیین نواحی پراهمیت تصویر استفاده شده است. شیوه ناحیه‌بندی و ضرایب مربوط به هر ناحیه در شکل ۵-۱ آمده است. از آنجا که مهم‌ترین بخش تصویر قسمت مرکزی آن است؛ بنابراین ویژگی به دست آمده از این قسمت اهمیت بیشتری دارد. برای لحاظ کردن این موضوع، تصویر به ۹ ناحیه تقسیم شده و ویژگی رنگ هر ناحیه به صورت مجزا به دست آمده و نرمالسازی می‌شود. سپس میزان اهمیت آنها به صورت ضرایبی که در شکل ۵-۱ روی هر ناحیه درج شده است در ویژگی به دست آمده از آن بخش به طور مجزا ضرب می‌شود. در انتها بردارهای ویژگی به دست آمده از هر ناحیه با هم جمع می‌شوند و به این ترتیب بردار ویژگی نهایی را می‌سازند.



شکل ۵-۱ نحوه ناحیه‌بندی برای استخراج ویژگی رنگ. اعداد داخل شکل، ضرایب اهمیت هر ناحیه هستند و

اعداد بیرون از شکل نسبت رعایت شده برای ناحیه‌بندی را نشان می‌دهد

به صورت جزئی، هیستوگرام رنگ در سطح ابعاد تشکیل دهنده این فضا استخراج شده است.

قابل توجه است که در این فضا خاصیت تفکیک‌دهی هر بعد متفاوت است. از آنجا که دو تصویر یکسان در شرایط نوری متفاوت، دارای طول موج و اشباع رنگ یکسان هستند و تنها بعد روشنایی آنها متفاوت است (مگر زمانی که میزان روشنایی به حدی کم باشد که دو بعد مذکور اثر تفکیک‌دهی خود را از دست

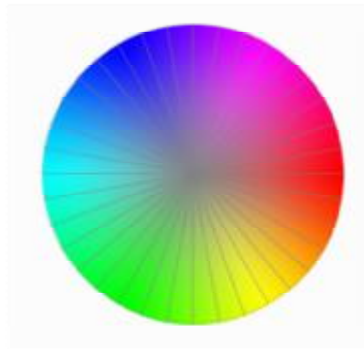
بدهند)، بنابراین در محاسبه هیستوگرام تصویر از دو بعد H و S استفاده شده است و از بعد I به دلیل ذکر شده صرف نظر شده است.

برای دست آوردن ویژگی رنگ، ابتدا تصویر به بلوک‌های  $4 \times 4$  تقسیم می‌شود، سپس میانگین رنگ هر بلوک به دست آمده و به کلیه پیکسل‌های بلوک نسبت داده می‌شود. به این طریق از خطاهای احتمالی و اثر نویز رنگ در هیستوگرام به دست آمده تا حد زیادی جلوگیری به عمل خواهد آمد.

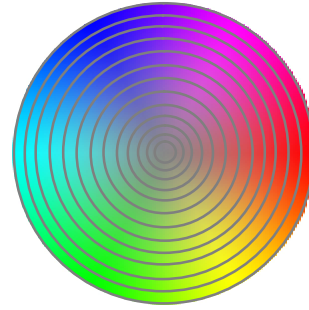
همانطور که ذکر شد هیستوگرام رنگ شامل هیستوگرام مولفه H و S است؛ بعد H شامل زوایای صفر تا  $359^\circ$  درجه است که هیستوگرامی با  $360$  مولفه از آن استخراج می‌گردد. برای هیستوگرام بعد S، مقادیر این بعد به  $100$  مقدار کوانتیزه می‌شود، و سپس هیستوگرام دیگری با  $100$  مولفه از آن استخراج می‌گردد. در شکل ۵-۲ شمایی از نحوه تقسیم بندی بعد H و S آمده است.

برای استفاده نهایی از هر دو هیستوگرام، مقادیر هر مولفه هیستوگرام بر تعداد پیکسل‌های موجود در تصویر تقسیم شده و اصطلاحاً هیستوگرام نرمالسازی می‌شود.

در شکل ۵-۳ هیستوگرام H و S استخراج شده از یک تصویر آورده شده است.

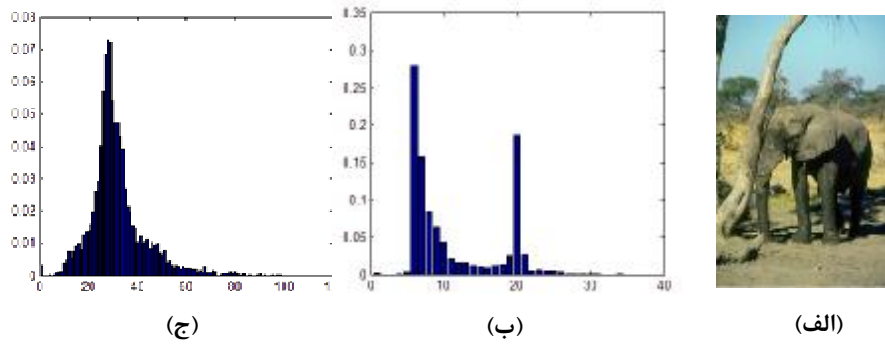


ب



الف

شکل ۵-۲ الف) تقسیم‌بندی برش مرکزی فضای رنگ HSV الف) از نظر درجه اشباع رنگ، ب) از نظر زاویه



شکل ۵-۳ محاسبه هیستوگرام در فضای HSV الف) تصویر اولیه ب) هیستوگرام بعد S با ۱۰۰ مولفه، ج) هیستوگرام بعد H با ۳۶۰ مولفه

### ۵-۱-۲- استخراج بافت: تجزیه موجک

در سیستم پیشنهادی، برای استخراج ویژگی بافت، همانند استخراج رنگ تصویر ناحیه‌بندی می‌شود، به گونه‌ای که نسخه خاکستری تصویر رنگی به نواحی مساوی و مجزا تقسیم‌بندی شده و برای هر ناحیه از تجزیه موجک در مقیاس‌های ۱ و ۲ استفاده می‌شود.

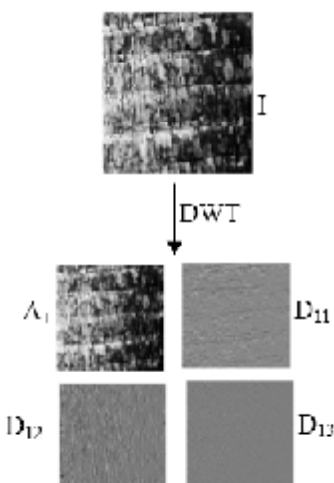
تجزیه موجک مقیاس ۱ یک تصویر خاکستری شده در شکل ۵-۴ نشان داده شده است. همانطور که مشهود است حاصل تجزیه، چهار زیر تصویر است عبارت از:

۱.  $A_1$  که همان تصویر اصلی است که درجه تفکیک پذیری‌اش کاهش یافته است

۲.  $D_{11}$  که معرف زوایای عمودی تصویر است

۳.  $D_{12}$  که معرف زوایای افقی تصویر است

۴.  $D_{13}$  که معرف زوایای مورب تصویر اولیه است

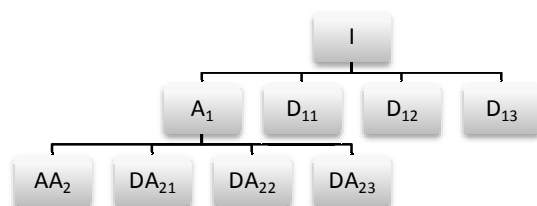


شکل ۵-۴ تجزیه موجک، در هر بار تجزیه تصویر، ۴ زیر تصویر به دست می‌آید

مقیاس اول تجزیه، بر روی تصویر اصلی و مقیاس دوم بر روی  $A_1$  به دست آمده از مرحله اول که اصطلاحاً به  $AA_2$  موسوم است اعمال می‌شود. به این ترتیب پس از دو مرحله تجزیه موجک، ۸ تصویر به

دست می‌آید. در شکل ۵-۵ نحوه اعمال تجزیه بر روی تصویر و زیر تصویرهای حاصل آن آورده شده است.

پس از اعمال تجزیه موجک، میانگین و واریانس کلی (سطر و ستون باهم) هر زیر تصویر به دست می‌آید. از کنار هم قرار دادن مقادیر میانگین و واریانس به صورت مجزا، دو بردار به دست می‌آید که به عنوان بردار ویژگی بافت تصویر در نظر گرفته می‌شود.



شکل ۵-۵ سلسله مراتب اعمال تجزیه موجک. ریشه معرف تصویر اولیه و دو سطح درخت به ترتیب معرف دو مقیاس اعمال تجزیه موجک می‌باشد

برای استخراج بافت، صرف‌نظر از اندازه، با تقسیم طول و عرض هر دو به ۸ قسمت، به ۶۴ ناحیه مجزا تقسیم‌بندی شده است. بافت هر ناحیه توسط این الگوریتم محاسبه شده و میانگین و واریانس کلیه ضرایب به دست می‌آید. در انتها بردار میانگین و بردار واریانس این ۶۴ ناحیه جداگانه به یکدیگر متصل شده و دو بردار ویژگی نهایی را می‌سازند که بردار ویژگی بافت تصویر را ایجاد خواهد کرد.

### ۵-۱-۳- درخت تقسیم‌بندی دودویی

در این سیستم، روش محاسبه درخت دودویی و استفاده از آن تا حدی خلاصه شده است تا اولاً بار محاسباتی سیستم کاهش یابد و ثانياً امکان مقایسه بین دو درخت به سادگی فراهم شود.

روش ساخت درخت بدین ترتیب است: در ابتدا تصویر اولیه به نواحی کوچکتری تقسیم می‌شود، سپس سلسله مراتب تشکیل درخت بر اساس همجواری نواحی، از بالا به پایین انجام می‌گیرد. برای تقسیم‌بندی، تصویر با استفاده از یک پالت رنگ کوانتیزه می‌شود. با این روش، تعداد رنگ‌های موجود در تصویر کاهش می‌یابد و رنگ‌های مشابه به یک رنگ نگاشت می‌شوند. به این ترتیب نواحی یکنواختی به دست خواهد آمد که با احتمال خوبی معرف یک شی یا ناحیه معنادار از تصویر خواهد بود. با تبدیل تصویر رنگی به تصویر خاکستری، تصویر تقسیم‌بندی شده به دست می‌آید. سپس استفاده از روش ذکر شده در ۳-۴-۱ درخت معادل تصویر استخراج می‌شود.

پالت رنگ مورد استفاده در تقسیم بندی مکعب رنگ استاندارد<sup>۹۹</sup> می‌باشد. در ادامه به معرفی این پالت رنگ، و سپس جزئیات مراحل تقسیم‌بندی و ساخت درخت پرداخته می‌شود.

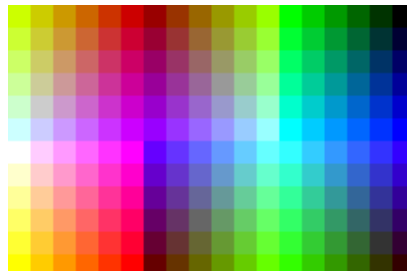
### ۵-۱-۳-۱- مکعب رنگ استاندارد

مکعب رنگ استاندارد که مجموعه رنگ‌های آن در شکل ۵-۶ نمایش داده شده شامل ۲۱۶ رنگ است که به عنوان رنگ‌های استاندارد مرورگرهای وب در نظر گرفته می‌شود. انتخاب این رنگ‌ها به گونه‌ای است که کاربران مستقل از نوع سیستم مورد استفاده، آن‌ها را یکسان ببینند. این مکعب رنگ در فضای RGB تعریف شده است و مولفه‌های R و G و B آن تنها می‌توانند یکی از مقادیر «۰، ۵۱، ۱۰۲، ۱۵۳، ۲۰۴ یا ۲۵۵» را دارا باشند. با احتساب این تعداد ۶<sup>۳</sup> برابر ۲۱۶ رنگ به دست می‌آید [۳۱].

از دید پردازش تصویر، خاصیت مهم این پالت رنگ این است که کلیه رنگ‌های مورد نیاز برای ارائه یک تصویر را فراهم می‌کند، به گونه‌ای که تصویر نهایی پس از تبدیل با تصویر اولیه همخوانی قابل قبولی

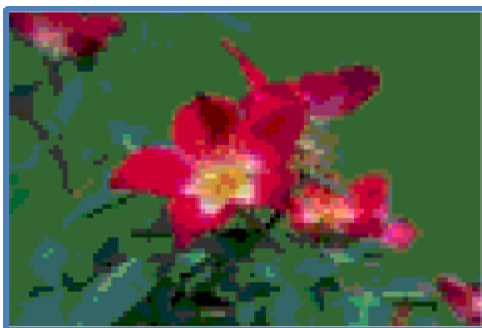
<sup>۹۹</sup> Safe Color Cube

دارد. این خاصیت را نمی‌توان به آسانی در هر نوع دسته‌بندی دلخواه (نظیر آنچه Li و دیگران در سیستم خود [۱۱] استفاده کرده‌اند) به دست آورد.

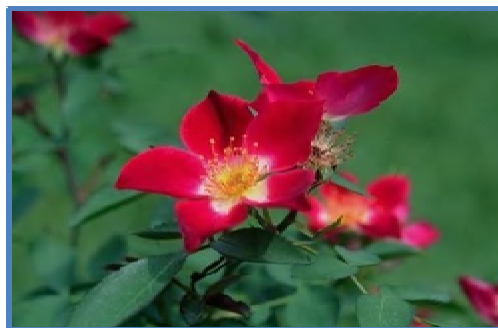


شکل ۵-۶ پالت رنگ استاندارد با ۲۱۶ رنگ

نحوه نگاشت به این شکل است که ابتدا تصویر به بلوک‌های ۴ × ۴ تقسیم شده و سپس میانگین رنگ بلوک‌های موردنظر برای هر تمامی پیکسل‌های بلوک در نظر گرفته می‌شود. سپس نزدیک‌ترین رنگ به این رنگ میانگین در پالت ۲۱۶ تایی جستجو شده و رنگ جدید جایگزین رنگ قبلی می‌شود. نمونه‌ای از این نگاشت در شکل ۵-۷ آمده است.



(ب)



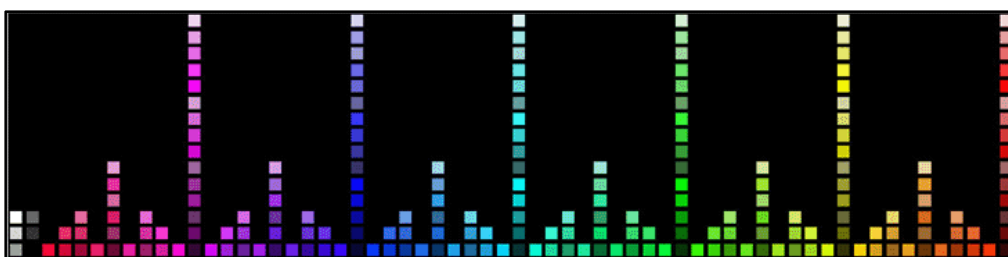
(الف)

شکل ۵-۷ نگاشت تصویر از فضای RGB به فضای رنگ استاندارد (الف) تصویر اولیه (ب) تصویر نگاشت شده

برای بررسی بیشتر این مکعب رنگ، گستردگی رنگ‌های آن در فضای رنگی HSV بررسی شده است. در شکل ۵-۸، فضای رنگ استاندارد از ۲۱۶ رنگ به ۶۲ دسته رنگ محدود شده است. هر دسته رنگ معرف یک زاویه منحصر به فرد در بعد Hue است. دو دسته آخر یعنی گروه خاکستری در این شکل و دو شکل



بعدی با مولفه اول گروه قرمز این دسته بندی دارای یک زاویه هستند (یعنی زاویه صفر)، و جداسازی آن‌ها با استفاده از تقسیم‌بندی بعد Saturation انجام شده است، به گونه‌ای که مقادیر کچکتر از ۲۰ به عنوان رنگ‌های گروه خاکستری در نظر گرفته شده است. سپس این گروه خود با تقسیم بعد Value رنگ به دو دسته روشن (V بزرگتر از ۵۰) و تیره (V کوچکتر از ۵۰) تقسیم شده است. این دو دسته رنگ می‌تواند به خوبی طیف خاکستری تصاویر را تحت پوشش قرار دهد. هیستوگرام به دست آمده از این دسته بندی ۶۲ مولفه دارد که هر مولفه بیانگر توزیع تجمعی یک دسته از رنگ‌های مزبور است.



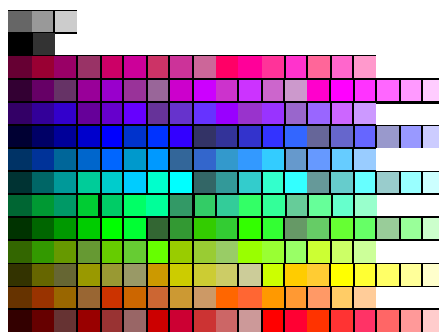
شکل ۵-۸ فضای رنگ استاندارد تفکیک شده به ۶۲ بخش

در شکل ۵-۹ رنگ‌های استاندارد از نظر مقادیر مولفه Hue به ۶ دسته رنگ و دو دسته خاکستری تقسیم شده‌اند که زاویه مرکزی هر دسته یکی از زوایای ۰، ۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰، ۲۴۰، ۳۰۰ و ۳۶۰ به ترتیب معادل قرمز، زرد، سبز، فیروزه‌ای، آبی و ارغوانی می‌باشند. همانطور که مشاهده می‌شود در این دسته‌بندی تعداد رنگ هر دسته با هم مساوی است. تفکیک دو سطح آخر پیروی قانون ذکر شده برای گروه ۶۲ تایی است.



شکل ۵-۹ فضای رنگ استاندارد تفکیک شده به ۸ دسته

در شکل ۵-۱۰ نوع دیگری دسته‌بندی نشان داده شده است. این دسته‌بندی از قواعد ذکر شده در جدول ۵-۱ تبعیت می‌کند. هیستوگرام به دست آمده از این نوع دسته‌بندی حاوی اطلاعات کلی‌ای در مورد رنگ تصویر است و می‌توان از آن به عنوان فیلتر اولیه در روند بازپایی استفاده کرد.



شکل ۵-۱۰ فضای رنگ استاندارد تفکیک شده به ۱۵ دسته

جدول ۵-۱ مشخصات دسته‌های رنگ در فضای HSV

محدوده V	محدوده S	محدوده H	رنگ	
$\geq 85$	$< 20$		White	۱
$\geq 25 \text{ AND } < 85$			Gray	۲
$< 25$			Black	۳
	$20 >$	$(\geq 0 \text{ AND } < 15) \text{ OR } (\geq 345 \text{ AND } < 360)$	Red	۴
		$\geq 15 \text{ AND } < 45$	Red-Yellow	۵
		$\geq 45 \text{ AND } < 75$	Yellow	۶
		$\geq 75 \text{ AND } < 105$	Yellow-Green	۷
		$\geq 105 \text{ AND } < 135$	Green	۸
		$\geq 135 \text{ AND } < 165$	Green-Cyan	۹
		$\geq 165 \text{ AND } < 195$	Cyan	۱۰
		$\geq 195 \text{ AND } < 225$	Cyan-Blue	۱۱
		$\geq 225 \text{ AND } < 255$	Blue	۱۲
		$\geq 255 \text{ AND } < 285$	Blue-Magenta	۱۳
		$\geq 285 \text{ AND } < 315$	Magenta	۱۴
		$\geq 315 \text{ AND } < 345$	Magenta-Red	۱۵

هر یک از دسته‌بندی‌های ذکر شده می‌تواند به عنوان ویژگی رنگ تصویر استفاده شود. مقایسه سلسله مراتبی این دسته‌ها نیز می‌تواند برای تعیین میزان شباهت تصاویری که «رنگ غالب» آن‌ها یکسان است استفاده شود.

### ۵-۱-۳-۲- نحوه ساخت درخت دودویی توصیف کننده تصویر

برای ساخت درخت، تصویر از فضای RGB به فضای رنگ استاندارد نگاشت می‌شود. سپس به هر رنگ از پالت برجسی نسبت داده می‌شود که بین ۱ تا ۲۱۶ متغیر است. تمامی پیکسل‌های تصویر نگاشت شده با این اعداد برجسب‌گذاری می‌شوند. اگر فرض کنیم که هر برجسب نشان‌دهنده یک سطح خاکستری است. به این ترتیب با نگاشت تصویر به حالت خاکستری، به جای ۲۵۶ سطح خاکستری ۲۱۶ سطح خاکستری خواهیم داشت و با استفاده از این روند کوانتزه کردن، احتمال به دست آمدن نواحی وسیع‌تر بیشتر خواهد بود.



شکل ۵-۱۱ ناحیه‌بندی تصویر با استفاده از نگاشت از فضای RGB به پالت رنگ ۲۱۶ تایی

برای افزایش دقت، می‌توان از دسته‌بندی‌های بعدی رنگ‌های استاندارد استفاده شود. در اینصورت می‌توان تعداد سطوح خاکستری را از ۲۱۶ به ۶۰، ۱۲ و یا حتی ۶ سطح کاهش داد و به این وسیله نواحی وسیع‌تری به دست آورد. شکل ۵-۱۲ با استفاده از دسته‌بندی ۶ تایی رنگ‌های استاندارد برچسب‌گذاری شده است. همانطور که مشهود است نواحی وسیع‌تر و با دقت بهتری به دست آمده است. برای ایجاد درخت دودویی، از روش ذکر شده در بخش ۳-۴-۱ استفاده می‌شود. ابتدا یک ناحیه خاکستری برای شروع انتخاب شده و یکی از نواحی مجاور آن به عنوان برادر آن انتخاب می‌شود. این دو ناحیه به دو گره نسبت داده می‌شوند، و ناحیه حاصل از ادغام این دو ناحیه به پدر دو گره مزبور نسبت داده می‌شود. در شکل ۵-۱۳ الگوریتم دقیق‌تری برای ساخت درخت معرفی شده است.



شکل ۵-۱۲ تصویری که با استفاده از دسته بندی ۶ تایی پالت رنگ استاندارد ناحیه بندی شده است

مشکلی که مطرح می‌شود این است که احتمال اینکه دو درخت ایجاد شده برای دو تصویر مشابه یکسان باشد بسیار کم است و بنابراین استفاده از آن نه تنها بهبودی در امر بازیابی ندارد، بلکه امکان ایجاد خطا در مقیاس‌های بسیار بزرگتر را فراهم می‌آورد. برای حل این مشکل، روشی اتخاذ شد که در ادامه توضیح داده می‌شود.

مطلوب است درخت حاصل از دو تصویر مشابه به یکدیگر شبیه باشد. فرض کنیم که از نظر ما دو تصویر مشابه تصاویری هستند که تنها در محدوده معینی از تصویر متفاوتند و در سایر محدوده‌ها یکسانند و یا اشتراک زیادی دارند. بنابراین برای اینکه درخت ایجاد شده برای دو تصویر این تفاوت‌ها و شباهت‌ها را به

خوبی منعکس کند، تصویر را به نواحی مشخصی ناحیه‌بندی می‌کنیم (مشابه روش ناحیه‌بندی که برای رنگ و بافت مطرح شد)، سپس برای هر ناحیه درخت متناظر به صورت مجزا استخراج می‌شود. در اینصورت درخت مربوط به بخش‌های یکسان، یکسان خواهد بود و تنها تفاوت درختها مربوط به نواحی‌ای خواهد بود که تفاوت دو تصویر در آن نواحی رقم خورده است.

```

INITIALIZE (MaximumTreeLevels, MaximumRegions)
  GrayImage = LebeledBySafeColors ( Image)
  MaxTreeL = MaximumTreeLevelsDefines
  MaxReg = MaximumRegions
  BTREE_ITERATIVE_CONST (GrayImage, ۰)
END

BTREE_ITERATIVE_CONST (GrayImage, CurrentTreeL)
  IF CurrentTreeL = MaxTreeL
    RETURN

  SAVE( BTREE_GETPROPERTIES ( GrayImage ) )
  GMin = MinimumGrayLevelsOf ( GrayImage )
  GMax = MaximumGrayLevelsOf ( GrayImage )
  GStepsizes = ( MaxG - MinG ) / MaxReg

  FOR i = ۱ TO MaxReg
    LowestG = ( i - ۱ ) * GStepsizes + GMin
    HighestG = i * GStepsizes + GMin
    SubImage=FilterGrayLevels ( GrayImage, LowestG, HighestG )
    BTREE_CONST (SubImage, CurrentTreeL + ۱)
  END
END

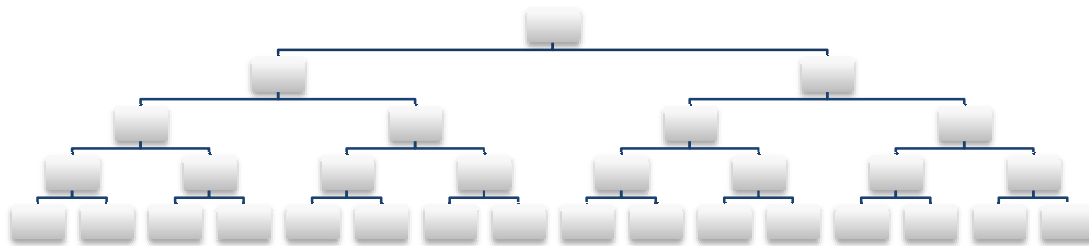
```

شکل ۵-۱۳ الگوریتم ایجاد درخت دودویی معادل یک تصویر. **MaximumTreeLevels** برابر میزان سطوح مجاز پیشروی در درخت است و **MaximumRegions** تعداد نواحی‌ای است که یک ناحیه مشخص می‌تواند به آن تقسیم شود. رویه **BTREE\_ITERATIVE\_CONST** یک رویه بازگشتی است که فرزندان هر گره را تولید می‌کند

از آنجا که دو درخت منتسب به یک ناحیه باید امکان مقایسه شدن داشته باشند، بنابراین درخت‌های به دست آمده باید ساختار یکسانی داشته باشند. الگوریتم شکل ۵-۱۳ تعداد سطوح پیشروی درخت، و نیز تعداد نواحی‌ای از تصویر که در هر سطح از ساخت درخت لحاظ می‌شود (یا به عبارتی تعداد سطوح

خاکستری تصویر در هر سطح از ساخت درخت) از پیش تعیین می‌شود. با تعیین این دو مقدار، ساختار کلی درخت تعیین شده و تصمیم می‌شود که درخت‌های به دست آمده ساختار یکسانی داشته باشند.

پس از بررسی‌های گوناگون روی انواع درخت‌های به دست آمده، بهترین مقادیر برای تعداد سطوح خاکستری و تعداد سطوح درخت به ترتیب برابر ۲ و ۴ انتخاب شد. این انتخاب وجه‌المصالحه‌ای است بین تعداد نواحی استخراج شده توسط درخت، و تعداد برگ‌های با مساحت صفر؛ که اولی بهتر است بیشینه باشد و دومی کمینه. بنابراین درخت حاصله برابر شکل ۵-۱۴ خواهد بود. به عنوان نمونه تصویری با استفاده از این شیوه ناحیه‌بندی شده و برخی نواحی مربوطه و مقادیر معادل هر گره در کنار آن درج شده‌اند.



شکل ۵-۱۴ شمای کلی درخت استخراج شده از تصویر

برای ایجاد این درخت، از الگوریتم زیر استفاده می‌شود:

۱. تقسیم‌بندی تصویر رنگی با استفاده از پالت رنگ استاندارد
۲. پیدا کردن کمینه ( $MinG$ ) و بیشینه ( $MaxG$ ) مقدار سطح خاکستری تصویر

$$3. \text{ پیدا کردن میانه این دو مقدار: } MidG = \frac{MaxG - MinG}{2}$$

۴. تقسیم تصویر به دو قسمت، قسمتی که مقدار خاکستری آن بیشتر از *MidG* است و قسمتی که کمتر از آن است.

۵. انتساب این نواحی به دو گره برادر

این رویه برای هر گره داخلی درخت تکرار می‌شود و بدین ترتیب در هر سطح از یک تصویر دو زیر تصویر مشتق می‌شود که به عنوان فرزندهای آن گره در نظر گرفته می‌شود.

### ۵-۱-۳-۳- بردار ویژگی حاصل از درخت دودویی

اطلاعات استخراج شده از نواحی منتسب به هر گره به این ترتیب است:

۱. میانگین رنگ ناحیه

۲. مساحت ناحیه که برابر تعداد پیکسل‌های متعلق به آن است

به عنوان نمونه تصویری توسط این الگوریتم پردازش شده که درخت حاصل از آن در شکل ۵-۱۵ آمده است. در گره ریشه تصویر اولیه را مشاهده می‌شود که در سطح اول درخت به دو زیر تصویر تقسیم می‌شود. میانگین رنگ مربوط به هر تصویر در کنار آن آورده شده است. مقدار عددی این رنگ برای سه نود اول نوشته شده است. همانطور که مشاهده می‌شود در هر مرحله رنگ خالص‌تری نسبت به مرحله قبل به دست می‌آید.

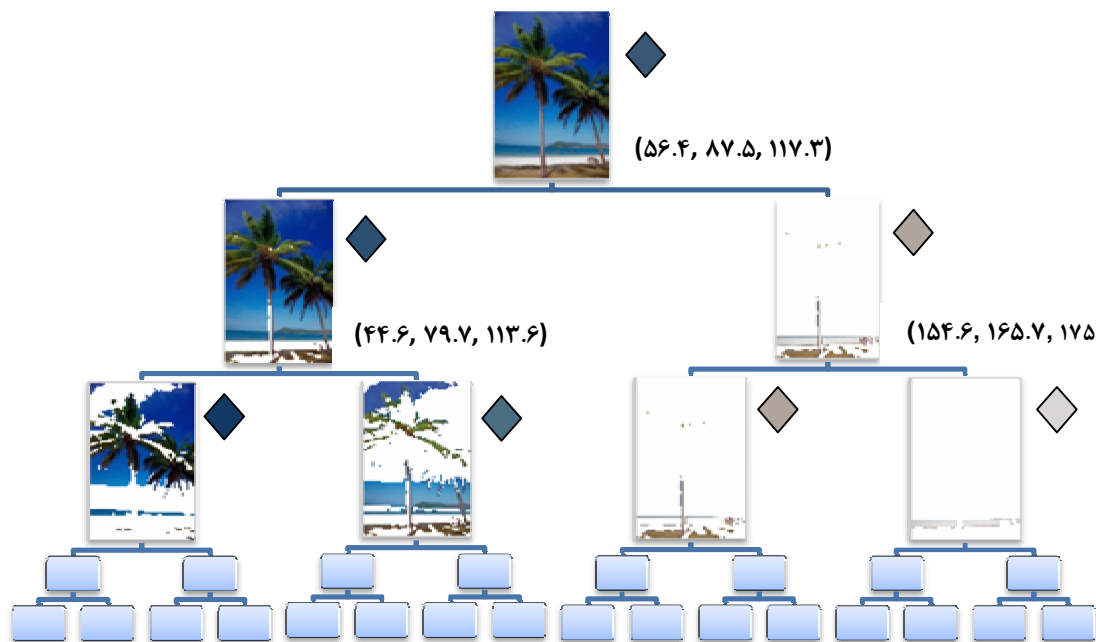
بردار ویژگی متناسب با هر درخت از پیمایش درخت با استفاده از یکی از روش‌های پیمایش (پیش-ترتیب<sup>۱۰۰</sup>، پس‌ترتیب<sup>۱۰۱</sup> و یا میان‌ترتیب<sup>۱۰۲</sup>) صورت می‌گیرد. به این ترتیب اطلاعات کلیه گره‌های درخت در بردار ویژگی حاصله لحاظ می‌شود.

<sup>۱۰۰</sup> Pre-order

<sup>۱۰۱</sup> Post-order

<sup>۱۰۲</sup> In-order

در حالتی که در یک مرحله تفکیک، یک ناحیه تفکیک‌پذیر نباشد، در اینصورت فرزندی وجود خواهد داشت که اطلاعات رنگ و مکان آن معتبر نیست (چرا که ناحیه ای به آن منتسب نشده است)، بنابراین با برگ همتا در درخت دیگر قابل مقایسه نخواهد بود. در این حالت بهترین راه نادیده گرفتن برگ در هر دو درخت و واگذار کردن مقدار مقایسه به پدر برگ‌های مورد نظر است.



شکل ۵-۱۵ چگونگی ایجاد درخت دودویی یک تصویر، مقادیر میانگین رنگ در کنار برخی نودهای مهم تر ذکر شده است

بنابر گفته‌های قبل فرض می‌شود که در هر مرحله یک ناحیه به دو ناحیه فرزند تقسیم می‌شود و درخت دودویی توصیف کننده تصویر ورودی دارای ۴ سطح تفکیک باشد، بنابراین طول بردارهای ویژگی مساوی حاصل جمع تعداد گره‌ها در همه سطح‌ها خواهد بود:

$$31 = 16 + 8 + 4 + 2 + 1$$



بنابراین ویژگی بردارهای ویژگی رنگ و مساحت خصوصیات ذکر شده در جدول ۵-۲ جدول را خواهد داشت.

برای مقایسه مقادیر رنگ، ابتدا فاصله اقلیدسی رنگ هر گره به دست آمده و سپس مجموع این فواصل به عنوان فاصله و یا تفاوت دو درخت در نظر گرفته می‌شود. برای محاسبه اختلاف مساحت‌ها از فاصله مینکوفسکی مرتبه اول استفاده می‌شود.

جدول ۵-۲ مشخصات بردارهای ویژگی درخت تقسیم‌بندی دودویی

ویژگی	ویژگی هر هر مولفه	بردار/ماتریس ویژگی
رنگ	(R,G,B)	$31 \times 3$
مساحت	S	31

#### ۵-۲- جستجو و معیارهای شباهت

پس از دریافت تصویر ورودی از سوی کاربر، باید نزدیک‌ترین تصاویر استخراج و به کاربر نمایش داده شود. برای این کار بردارهای ویژگی تصاویر موجود در پایگاه داده، با تصویر ورودی مقایسه می‌شوند و نزدیک‌ترین تصاویر استخراج و برای کاربر به نمایش در می‌آید. برای تعیین این میزان شباهت از دو مفهوم «فاصله» و «امتیازدهی» استفاده شده است.

فاصله معرف میزان اختلاف بردارهای ویژگی تصویر پرس‌وجو و تصاویر پایگاه داده است. در اینجا برای محاسبه فاصله از معیار مطرح شده توسط مینکوفسکی استفاده شده است که از رابطه (۴-۱) به دست می‌آید [۵]. اگر مفهوم شباهت دو بردار به صورت عکس فاصله به دست آمده حاصل از اختلاف مینکوفسکی آن‌ها تعریف گردد؛ به این ترتیب برای تعیین میزان شباهت دو تصویر می‌توان از رابطه (۵-۱) استفاده کرد؛

$$r \quad (۱-۵)$$

که در آن،  $r$  امتیاز نهایی تصویر پایگاه داده،  $R_i$  درجه اهمیت ویژگی  $i$  ام،  $D_M^{\rho i}$  فاصله حاصل از مقایسه بردارهای ویژگی  $i$  ام از تصویر ورودی و تصویر پایگاه داده از مرتبه  $\rho$  و  $n$  معرف تعداد بردارهای ویژگی است. برای وضوح بیشتر، این رابطه برای ویژگی رنگ در روابط (۲-۵) تا (۵-۵) گسترده شده است.

$$r_i = r_{Color} + r_{Texture} + r_{BTree} \quad (۲-۵)$$

$$r_{i,Color} = R_{Color} \cdot S_{i,Color} \quad (۳-۵)$$

$$S_{i,Color} = 1/D_{S_{i,Color}}(\bar{k}, \bar{l}) \quad (۴-۵)$$

$$D_{S_{i,Color}}(\bar{k}, \bar{l}) = \frac{D_{i,Color}(\bar{k}, \bar{l})}{MAX_{d \in [1, k]} (D_{i,Color}(\bar{k}, \bar{d}))} \quad (۵-۵)$$

در پایان مقادیر  $r$  به دست آمده از تمامی تصاویر پایگاه داده به ترتیب نزولی مرتب شده و  $k$  تصویر اول با بیشترین امتیاز نمایش داده می‌شود.

در این رابطه، پس از به دست آوردن میزان شباهت بردارهای ویژگی تصویر ورودی و هر تصویر از پایگاه داده، با توجه به این که ویژگی مزبور تا چه اندازه در تعیین خروجی نقش دارد، ضریب معینی به عنوان ضریب اهمیت در مقدار شباهت به دست آمده از آن ویژگی ضرب می‌شود. سپس این مقادیر با یکدیگر جمع شده و امتیاز نهایی هر تصویر در پایگاه داده را به دست می‌دهد.

در انتها امتیازات به دست آمده برای هر تصویر، به ترتیب نزولی دسته‌بندی می‌شوند و  $k$  تصویر اول به کاربر نمایش داده می‌شود.

## فصل ۶

### بررسی و نتایج

## ۶-۱- بررسی سیستماتیک

در این بخش، نتایج حاصل از این سیستم با سیستم SIMPLicity مقایسه شده است. SIMPLicity از اطلاعات طرح‌بندی برای استخراج ویژگی و بازیابی استفاده کرده است. پایگاه داده مورد استفاده برای مقایسه نیز به همین نام است که توسط توسعه‌دهندگان SIMPLicity مشخصاً برای آزمودن سیستم خود از پایگاه داده COREL اقتباس شده است. این پایگاه داده از ۱۰۰۰ تصویر تشکیل می‌شود که لحاظ محتوا در ده رده طبقه‌بندی شده است. در جدول ۶-۱ این رده‌ها ذکر شده‌اند.

جدول ۶-۱ رده‌های تصویر در پایگاه داده SIMPLicity

شماره رده	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
موضوع	بومیان افریقایی	ساحل	ساختمان‌ها	اتوبوس‌ها	دایناسورها	فیل‌ها	گل‌ها	اسب‌ها	کوهستان	غذاها

نحوه بررسی در سیستم SIMPLicity شامل محاسبه سه پارامتر آماری زیر است:

۱. دقت ۱۰۰ تصویر اول ( $p$ )
۲. میانگین امتیازات همه تصاویر مرتبط ( $r$ )
۳. انحراف استاندارد تصاویر مرتبط ( $\delta$ )

برای محاسبه پارامتر اول، دقت سیستم برای همه تصاویر پایگاه داده به عنوان تصویر پرس‌وجو، در ۱۰۰ تصویر اول بازیابی شده برای آنها محاسبه می‌شود. محاسبه دقت با استفاده از رابطه (۶-۱) انجام می‌شود.

$$p = \frac{n}{100} \quad (۶-۱)$$

که  $n$  تعداد تصاویر مرتبط در ۱۰۰ تصویر اول بازیابی شده است. برای محاسبه دقت بازیابی در هر رده، میانگین مقادیر به دست آمده در بررسی همه تصاویر آن رده به دست می‌آید. به مقدار به دست آمده «میانگین دقت» گفته می‌شود. در این حالت خاص فراخوانی برای ۱۰۰ تصویر اول برابر با دقت محاسبه شده است.

با توجه به مطالب گفته شده، «میانگین بازدهی» سیستم برای هر رده از تصاویر برابر شامل سه نماد  $p$  (نماد دقت)،  $r$  (معرف میانگین امتیاز تصاویر مرتبط) و  $\delta$  (معرف انحراف استاندارد امتیاز تصاویر مرتبط) است. برای سیستمی که به صورت اتفاقی به تصاویر امتیاز می‌دهد  $p$  برابر ۰.۱ و  $r$  برابر ۵۰۰ است. یک سیستم ایده‌آل دارای میانگین  $p$  برابر ۱ و میانگین  $r$  برابر ۵۰ است.  $p=1$  به این معنا است که کلیه تصاویر مرتبط با تصویر پرس‌وجو در  $k$  تصویر اول (در اینجا  $k$  برابر ۱۰۰) بازیابی شده و هیچ تصویر نامرتبلی در این  $k$  تصویر قرار نگرفته است [۳۲].

بنابراین در بررسی یک سیستم بازیابی اطلاعات، مطلوب آن است که میانگین دقت بیشینه شود و میانگین و انحراف استاندارد امتیازات کمینه.

## ۶-۲- نتایج

مساله مهمی که در مورد بازیابی باید بدان پرداخته شود، میزان اهمیت هر یک از ویژگی‌ها در تعیین صحت بازیابی است. به این معنا که برای هر ویژگی بر اساس میزان و قدرت تفکیک‌دهی تصاویر از یکدیگر، ضریبی به عنوان ضریب اهمیت در نظر گرفته می‌شود. این ضریب اغلب به صورت تجربی به دست می‌آید.

در سیستم پیشنهادی، برای به دست آوردن این ضرایب ابتدا ویژگی رنگ به تنهایی مورد بررسی قرار گرفت و ضرایبی که بهترین نتیجه را در برداشتند برای این ویژگی در نظر گرفته شد. سپس ویژگی بافت در کنار ویژگی رنگ بررسی شد و پس از حصول بهترین نتیجه، ضریب بافت نیز در کنار رنگ ثابت شد. همین رویه برای درخت دودویی نیز اتخاذ شد و در انتها ضرایبی به دست آمد که به ازای آن‌ها، بازدهی سیستم بیشینه باشد.

در جدول ۶-۲ مشخصات هر سه ویژگی، مناسب‌ترین ضریب اهمیت به دست آمده در غالب «درصد» و طول بردار هر ویژگی ذکر شده است. در سیستم محمدی [۲۸] همین رویه برای پیدا کردن تاثیر رنگ و بافت انجام شده است. در سیستم وی ضریب رنگ ۴۵٪ و ضریب بافت ۵۵٪ به دست آمده است.

جدول ۶-۲ مشخصات ویژگی‌های مورد استفاده در سیستم، درصد اهمیت در بازیابی و طول بردار

شماره (i)	ویژگی	روش استخراج	درصد اهمیت ( $R_i$ )	طول بردار
۱	رنگ	هیستوگرام ۳۶۰ مولفه Hue	۶۸٪	۳۶۰
۲		هیستوگرام ۱۰۰ مولفه ای Saturation	۱۴٪	۱۰۰
۳	بافت	میانگین تجزیه موجک	۶٪	۵۲۸
۴		واریانس تجزیه موجک	۶٪	۵۲۸
۵	درخت دودویی	رنگ در ساختار درختی دودویی	۳٪	۳ ۳۱
۶		مساحت در ساختار درختی دودویی	۳٪	۳۱

ضرایب اهمیت به دست آمده نشان می‌دهد که هیستوگرام ۳۶۰ مولفه‌ای بعد Hue خاصیت تفکیک‌دهی بسیار قوی‌ای داشته و بیش از دو سوم سایر ویژگی‌ها در دقت بازیابی موثر است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که این ویژگی مانند فیلتر تصاویر مرتبط و نامرتب عمل می‌کند، با این تفاوت که فیلتر بخشی از تصاویر را از روند بررسی خارج می‌کند، اما در اینجا تصاویر نامربوط به تصویر پرس‌وجو حذف نمی‌شوند، بلکه در اولویت‌های بسیار پایین‌تر قرار می‌گیرند.

با ویژگی‌های ذکر شده، نتایج حاصل از بررسی تا حد قابل قبولی مشابه نتایج سیستم SIMPLicity است. این نتایج و نتایج سیستم SIMPLicity بر اساس سه پارامتر آماری ذکر شده برای بررسی، به ترتیب در جدول ۳-۶ و جدول ۴-۶ آمده است. برای پیاده‌سازی این سیستم از نرم‌افزار Matlab استفاده شده است. در شکل ۱-۶ تا شکل ۳-۶ مقادیر مربوط به هر یک از پارامترهای سیستم فعلی و SIMPLicity مقایسه شده است. مقادیر مربوط به دقت بهتر است بالاتر و مقادیر مربوط به میانگین و واریانس امتیازات بهتر است پایین‌تر باشند.

همانطور که مشهود است، سیستم پیشنهادی برای رده‌های بومیان افریقایی، اتوبوس‌ها، گل‌ها و غذاها از سیستم SIMPLicity قوی‌تر است. در رده اسب‌ها یکسان عمل می‌کند، در رده‌های ساحل و ساختمان‌ها و کوهستان افت نامحسوسی دارد و در رده فیل‌ها این افت به مراتب بیشتر است.

در بررسی ساختار درختی (جدول ۵-۶ و شکل ۴-۶)، سه ضریب اهمیت متفاوت به ساختار درختی نسبت داده شد: ۰.۳٪، ۰.۴۵٪ و ۰.۰٪. در حالت اول بهترین میانگین بازده به دست آمده است. در حالت دوم کمترین میانگین بازده و در حالت سوم یعنی عدم حضور ساختار درختی افت دقت نسبت به حالت ۰.۳٪ وجود دارد.

می‌توان چنین استنباط کرد که، در رده‌هایی که سیستم پیشنهادی قوی‌تر عمل کرده، هر سه ویژگی رنگ، بافت و طرح‌بندی در تعیین شباهت تصاویر موثر بوده است، که همانطور که بیان شد SIMPLicity تنها از ویژگی طرح‌بندی برای استخراج ویژگی استفاده کرده است.

در بررسی کلی‌تر، می‌توان گفت که این روش برای تصاویری که از یک خانواده هستند، یعنی متعلق به یک شی و یا صحنه هستند و تنها در زاویه عکس‌برداری با یکدیگر تفاوت دارند، بسیار خوب عمل می‌کند، اما در شناسایی تصاویر متعلق به یک رده که شباهت اینگونه ندارند ممکن است به خوبی رفتار نکند و دقت را تا حد خیلی زیادی افت دهد.

چون ساختار درختی پس از ناحیه‌بندی تصویر ویژگی آن را استخراج می‌کند، بنابراین برای تصاویری که برای مثال حاشیه یکسانی دارند و تنها در مرکز تصویر دارای اختلافاتی هستند اختلاف اندکی نسبت به سایر تصاویر به دست می‌دهد (مانند رده گل‌ها).

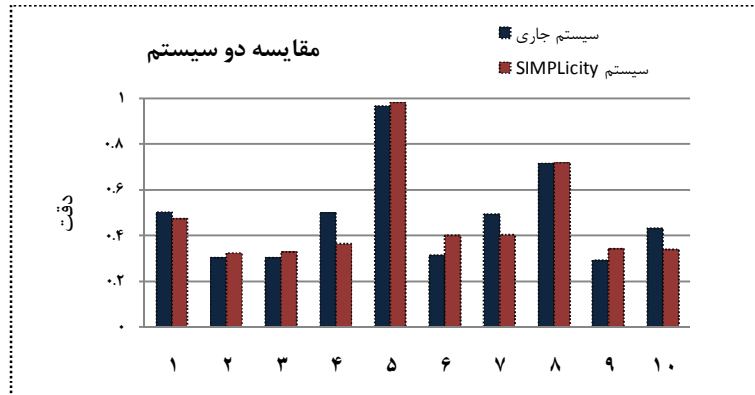


جدول ۳-۶ نتایج حاصل از بازیابی سیستم پیشنهادی

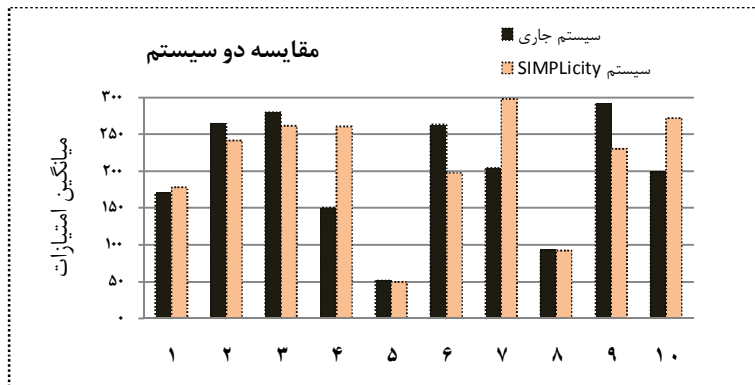
شماره رده	موضوع	میانگین دقت ( $p$ )	میانگین امتیازات ( $r$ )	میانگین انحراف استاندارد امتیازات ( $\delta$ )
۱	بومیان افریقایی	۰.۵۰	۱۷۱.۲	۱۷۷.۷
۲	ساحل	۰.۳۰	۲۶۵	۲۱۰.۲
۳	ساختمان‌ها	۰.۳۰	۲۸۰.۵	۲۲۹.۶
۴	اتوبوس‌ها	۰.۵۰	۱۵۰.۳	۱۲۵.۷
۵	دایناسورها	۰.۹۶	۵۱.۶	۳۱.۱
۶	فیل‌ها	۰.۳۱	۲۶۳	۲۱۰.۸
۷	گل‌ها	۰.۴۹	۲۰۴.۵	۲۰۶.۷
۸	اسب‌ها	۰.۷۱	۹۳.۶	۹۳.۷
۹	کوهستان	۰.۲۸	۲۹۱.۵	۲۳۷.۶
۱۰	غذاها	۰.۴۳	۱۹۹	۱۸۵.۴

جدول ۴-۶ نتایج بررسی سیستم SIMPLiCity

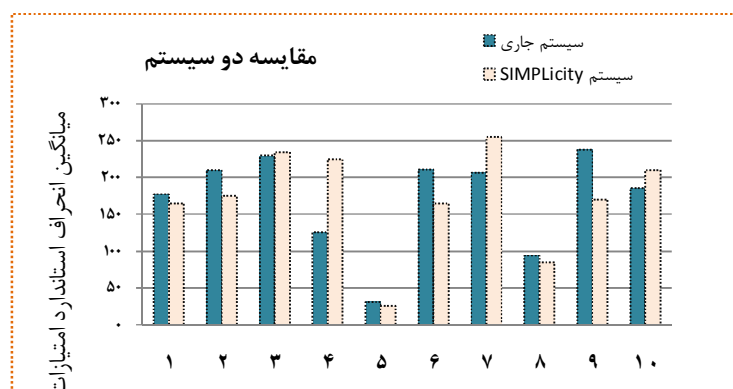
شماره رده	موضوع	میانگین دقت ( $p$ )	میانگین امتیازات ( $r$ )	میانگین انحراف استاندارد امتیازات ( $\delta$ )
۱	بومیان افریقایی	۰.۴۸	۱۷۸.۲	۱۷۱.۹
۲	ساحل	۰.۳۲	۲۴۲.۱	۱۸۰.۰
۳	ساختمان‌ها	۰.۳۳	۲۶۱.۸	۲۳۱.۴
۴	اتوبوس‌ها	۰.۳۶	۲۶۰.۷	۲۲۳.۴
۵	دایناسورها	۰.۹۸	۴۹.۷	۲۹.۲
۶	فیل‌ها	۰.۴	۱۹۷.۷	۱۷۰.۷
۷	گل‌ها	۰.۴۰	۲۹۸.۴	۲۵۴.۹
۸	اسب‌ها	۰.۷۱	۹۲.۵	۸۱.۵
۹	کوهستان	۰.۳۴	۲۳۰.۴	۱۸۵.۸
۱۰	غذاها	۰.۳۴	۲۷۱.۷	۲۰۵.۸



شکل ۱-۶ مقایسه دقت دو سیستم پیشنهادی و SIMPLicity



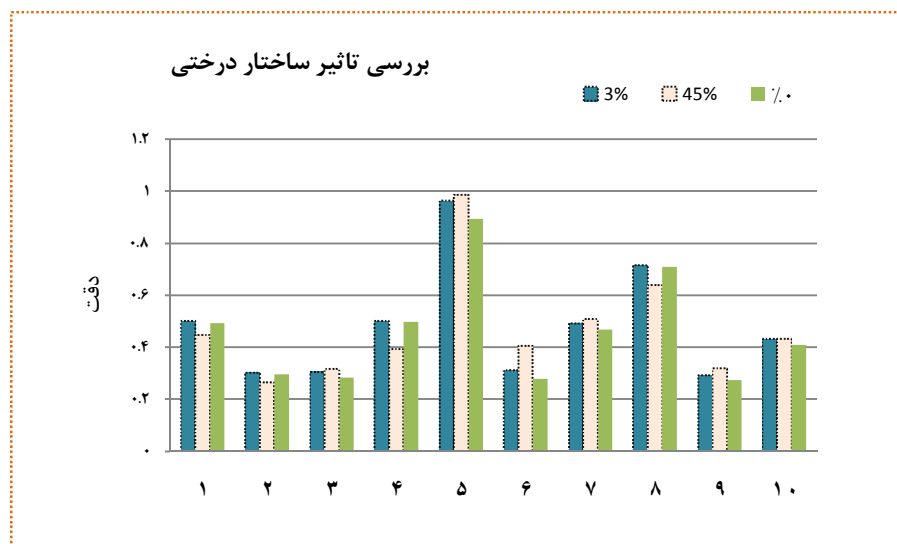
شکل ۲-۶ مقایسه میانگین امتیازات دو سیستم پیشنهادی و SIMPLicity



شکل ۳-۶ مقایسه میانگین انحراف استاندارد امتیازات در دو سیستم پیشنهادی و SIMPLicity

جدول ۵-۶ بررسی میزان تاثیر حضور ساختار درختی در بازیابی

شماره رده	درصد اهمیت ۳٪	درصد اهمیت ۴۵٪	درصد اهمیت ۰٪
۱	۰.۵۰	۰.۴۴	۰.۴۹
۲	۰.۳۰	۰.۲۶	۰.۲۹
۳	۰.۳۰	۰.۳۱	۰.۲۸
۴	۰.۵۰	۰.۳۹	۰.۴۹
۵	۰.۹۶	۰.۹۸	۰.۸۹
۶	۰.۳۱	۰.۴۰	۰.۲۷
۷	۰.۴۹	۰.۵۰	۰.۴۶
۸	۰.۷۱	۰.۶۳	۰.۷۰
۹	۰.۲۸	۰.۳۱	۰.۲۷
۱۰	۰.۴۳	۰.۴۳	۰.۴۰



شکل ۴-۶ بررسی تاثیر ساختار درختی در نتیجه بازیابی، به ترتیب ۰٪، ۴۵٪ و ۳٪

با توجه به این موضوع که سیستم پیشنهادی برای تعیین شباهت، تمامی پایگاه داده را جستجو می‌کند، زمان مورد نیاز برای جستجو و خصوصیات ماشینی که جستجو بر روی آن اعمال شده در جدول ۶-۶ آمده است.

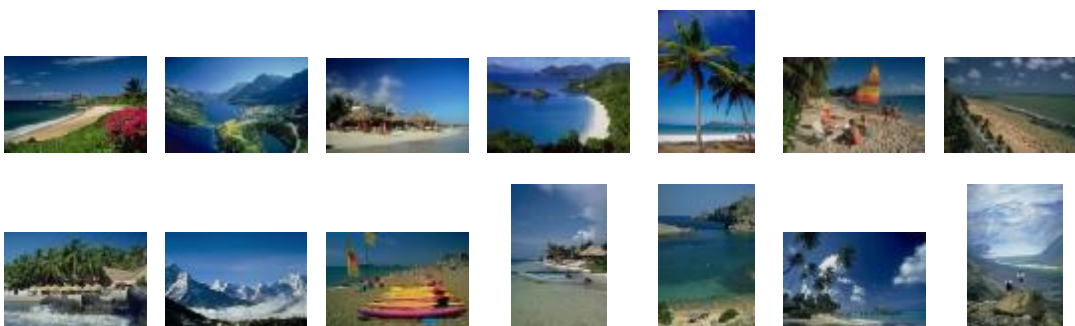
جدول ۶-۶ مشخصات ماشین و زمان پردازش یک پرس‌وجو در سیستم

خصوصیات ماشین	
پردازنده	Intel Cor۲ Duo
حافظه مصرفی	۱GB
نرم افزار مورد استفاده	Matlab
زمان پردازش یک پرس‌وجو	۲۰ ثانیه

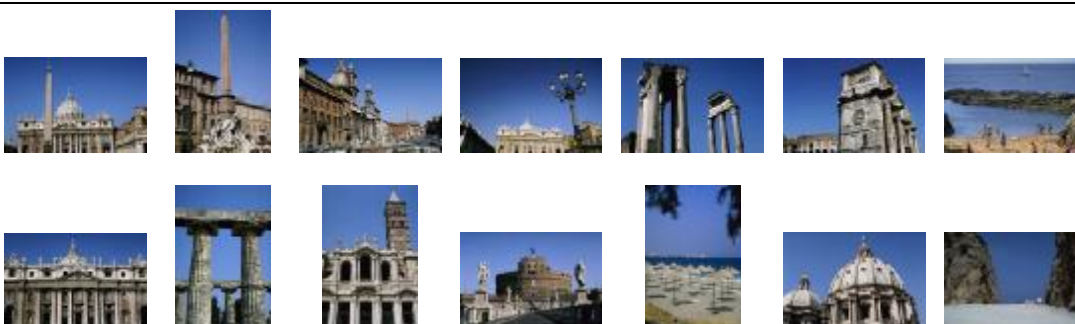
در شکل ۶-۵ نمونه‌ای از تصاویر بازیابی شده برای هر ده رده آمده است.



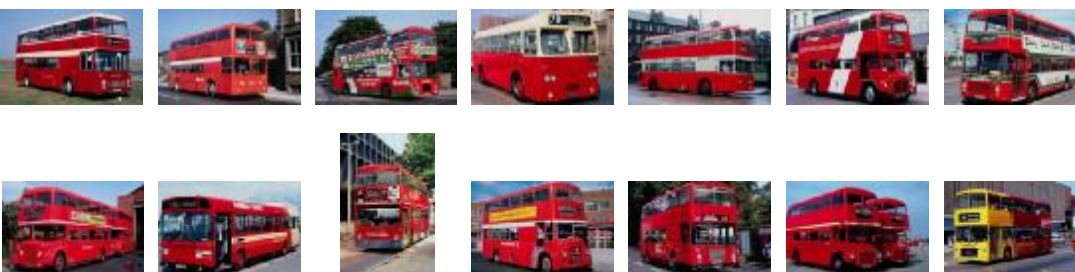
رده ۱-دقت: ۱۲ از ۱۴



رده ۲-دقت: ۱۲ از ۱۴



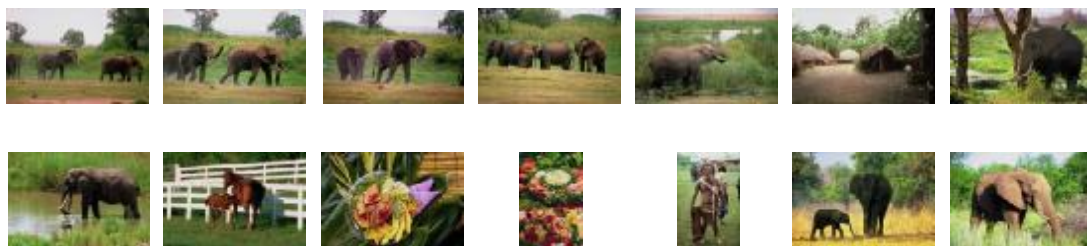
رده ۳-دقت: ۱۱ از ۱۴



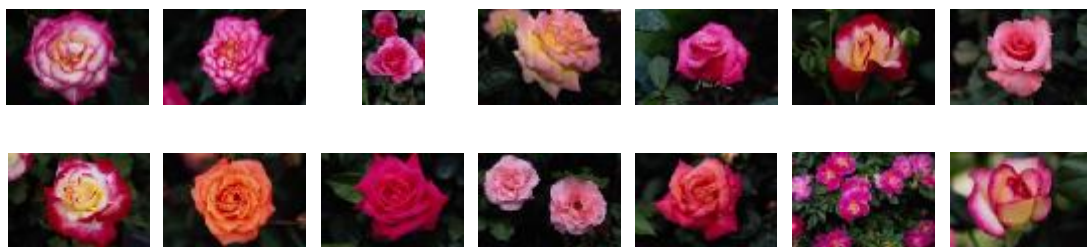
رده ۴-دقت: ۱۴ از ۱۴



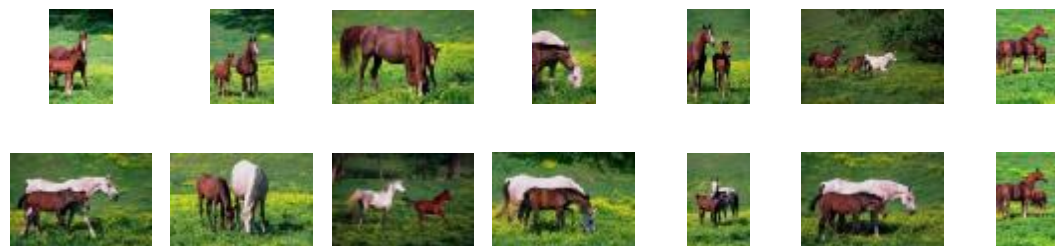
رده ۵ - دقت: ۱۴ از ۱۴



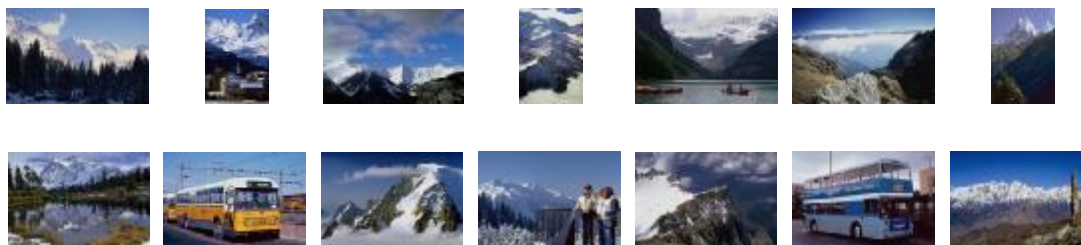
رده ۶ - دقت: ۱۹ از ۱۴



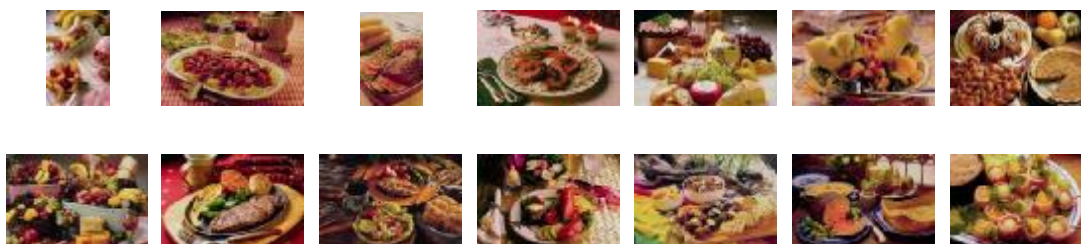
رده ۷ - دقت: ۱۴ از ۱۴



رده ۸ - دقت: ۱۴ از ۱۴



رده ۹-دقت: ۱۲ از ۱۴



رده ۱۰-دقت: ۱۴ از ۱۴

شکل ۵-۶ نمونه ای از نتایج پرس و جواز سیستم (یک مثال برای هر رده)، تصویر پرس و جو همان اولین تصویر سمت چپ و بالا در هر رده می باشد که به ازای آن تصویر، ۱۴ تصویر مرتبط به ترتیب شباهت از چپ به راست مرتب شده است

## جمع بندی و کارهای بعدی



در این پایان‌نامه، روشی برای توسعه یک بازیابی تصویر مبتنی بر محتوا ارائه شده است. سیستم پیشنهادی از دو خاصیت رنگ و بافت برای بازیابی تصویر استفاده می‌کند. همچنین برای افزایش بازدهی، از ساختار درختی دودویی بهبود یافته برای استخراج و درج ویژگی‌های مکانی تصویر استفاده می‌شود.

برای ویژگی رنگ از هیستوگرام و برای ویژگی بافت از تجزیه موجک استفاده شده است. هیستوگرام ذکر شده در فضای HSV است و اطلاعات مربوط به توزیع رنگی دو بعد Hue و Saturation را استخراج می‌کند. برای بافت، از تجزیه Wavelet تصاویر استفاده شده است. درخت دودویی وظیفه استخراج اطلاعات طرح بندی تصاویر را بر عهده دارد. این اطلاعات در قالب رنگ و مساحت نواحی مجزا از یکدیگر (که قبلاً توسط الگوریتم‌های تقسیم‌بندی به دست آمده‌اند) محاسبه می‌شود.

در این سیستم، ویژگی‌ها از کلیه تصاویر پایگاه داده استخراج و ذخیره می‌شود. برای بازیابی، کاربر موظف است تا تصویر پرس‌وجو را به سیستم وارد کند. سیستم ویژگی‌های این تصویر را با ویژگی کلیه تصاویر موجود در پایگاه داده مقایسه می‌کند. در انتها تصاویری که در مرحله جستجو و تعیین شباهت بیشترین امتیاز را کسب کرده‌اند، به کاربر نمایش داده می‌شود.

برای بررسی این سیستم، نتایج آن با نتایج به دست آمده از بررسی سیستم بازیابی تصویر SIMPLicity مقایسه شده است. پایگاه داده مورد استفاده، مشتق شده از پایگاه داده COREL می‌باشد که بر اساس شباهت مفهومی، تصاویر در ده رده طبقه‌بندی شده‌اند. پس از بررسی، مشاهده شد که سیستم پیشنهادی

در چهار رده از سیستم SIMPLicity قوی تر است. در یک رده یکسان عمل می کند، در سه رده افت نامحسوسی دارد و در یک رده باقیمانده این افت به مراتب بیشتر است.

برای ادامه کار پیشنهاد می شود:

- استفاده از مدل های رنگی بهینه شده برای بهینه سازی فضای رنگی سیستم. برای مثال استفاده از مدل رنگی  $CIE L^*u^*v^*$  بهینه سازی شده توسط [۳۳].
- بررسی معیارهای نظری جدیدتر برای تعیین اختلافات رنگی، نظیر راه کارهای ارائه شده توسط [۳۴] برای بهبود فاصله اقلیدسی در فضای RGB.
- استفاده از شبکه عصبی برای یافتن ضرایب مناسب برای هر یک از ویژگی ها به صورت برون خط
- استفاده از بازخورد کاربر به صورت برخط برای بهبود نتیجه جستجو نظیر آنچه در [۳۵]، [۳۶]، [۳۷]، [۳۸] و [۹] آمده است.
- تست پالت های رنگ دیگر به منظور ناحیه بندی تصویر

- [١] D. A. a. F. Grossman, O., *Information Retrieval: Algorithms and Heuristics*: Kluwer Academic Publishers, ١٩٩٨
- [٢] Long F. ; Zhang H. and Dagan Feng D., "Fundamentals of content-based image retrieval, in *Multimedia Information Retrieval and Management - Technological Fundamentals and Applications*," *Springer-Verlag*, pp. ٢٤-١, ٢٠٠٣
- [٣] Li X. ; Chen S.C. ; M.L. Shyu and Furht B., "*Image Retrieval by Color, Texture, and Spatial Information*," in *١٥th International Conference on Distributed Multimedia Systems (DMS'٢٠٠٢)*, San Francisco Bay, California, USA, ٢٠٠٢, pp. ١٥٩-١٥٢
- [٤] Einarsson S. H., "Data structures for intermediate search results in the Eff image retrieval system," Reykjavík University, technical report ٢٠٠٤
- [٥] Gevers Th. and Smeulders A.W.M., "Image Search Engines, An Overview," *The International Society for Optical Engineering (SPIE)*, vol. VIII, pp. ٣٣٧-٣٢٧, ٢٠٠٣
- [٦] Smith J. R. and Chang S. F., "VisualSEEK: A fully automated content-based image query system," in *ACM Multimedia Conference*. Boston, MA, USA, ١٩٩٦
- [٧] Einarsson S. H. ; Grétarsdóttir R. Ý. ; Jónsson B. Þ. and Amsaleg L., "The EFF image retrieval System Prototype," in *ASTED Intl. Conf. on Databases and Applications (DBA)*, Innsbruck, Austria, ٢٠٠٥
- [٨] Gevers Th. and Smeulders A. W. M. , "The PicToSeek WWW Image Search System " in *IEEE ICMCS*, ١٩٩٩
- [٩] Squire D. ; Muller W. and Muller H., "Relevance feedback and term weighting schemes for content-based image retrieval," *Huijsmans and Smeulders* vol. ٥, pp. ٥٥٤-٥٤٩, ١٩٩٨
- [١٠] Veltkamp and Tanase, "Content-Based Image Retrieval Systems: A Survey," Dept. of Computing Science, Utrecht University, Technical Report ٢٠٠٠
- [١١] Li X. ; Chen S. ; Shyu M. and Furht B., "An Effective Content-Based Visual Image Retrieval System," in *٢٦th IEEE Computer Society International Computer Software and Applications Conference (COMPSAC)*, Oxford, ٢٠٠٢, pp. ٩١٤- ٩١٩

- [12] Rui Y. ; Huang Th. S. and Chang Sh., "Image Retrieval: Current Techniques, Promising Directions, and Open Issues," *Journal of Visual Communication and Image Representation*, vol. 10, pp. 39-62, .1999
- [13] *The Colour Image Processing Handbook* Kluwer Academic, April .1998
- [14] Wikipedia, "[http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=HSL\\_and\\_HSV](http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=HSL_and_HSV)," June .2007
- [15] Materka A. and Strzelecki M. , "Texture Analysis Methods – A Review," Technical University of Lodz, Institute of Electronics, Brussels, COST B.1998 11
- [16] T. Gevers, "Robus Histogram Construction from Color Invariants," *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence (TPAMI)*, vol. 26, pp. 118-113, .2004
- [17] Howarth P. and Ruger S., "Evaluation of Texture Features for Content-Based Image Retrieval," in *Third International Conference, CIVR 2004*, Dublin, Ireland, .2004
- [18] Arvis V. ; Debain C. ; Berducat M. and Benassi A., "Generalization of the Co-occurrence Matrix for Colour Images: Application to Colour Texture Classification " *Image Analysis and Stereology*, .2004
- [19] Deselaers Th., "Features for Image Retrieval," .2003
- [20] Bhagavathy S. ; Tesic J. and Manjunath B. S., "On the Rayleigh Nature of Gabor Filter Outputs," in *Intl. Conf. on Image Processing (ICIP)*, .2003
- [21] Smith J. R. and Chang S., "Tools and Techniques for Color Image Retrieval," in *SPIE*, 1996, pp. .1639-1630
- [22] P. S. a. L. Garrido, "Binary Partition Tree as an Efficient Representation for Image Processing, Segmentation, and Information Retrieval," *IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING*, vol. 9, pp. 576-561, .2000
- [23] P. S. L. Garrido, and D. Garcia, "Extensive operator in partition lattice for image sequence analysis," *EURASIP Journal on Applied Signal Processing*, vol. 66, pp. 180-187, .1998
- [24] M. L. O. Marris, and A. Constantinidies, "Graph theory for image analysis: an approach based on the shortest spanning tree," *IEE Proceeding, F,*, vol .133 .pp. 152-146, .1986
- [25] Shi Y. and Liu Y., "Binary Tree-based Clustering Algorithm and Used in Color Image Segmentation," in *4th Intl. Conf. on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD)*, 2007, pp. .223-219

- [۲۶] W. J. C. Ghanbari S., Rabiee H.R., Lucas S.M., "Wavelet domain binary partition trees for semantic object extraction," ۲۰۰۷.
- [۲۷] Andrysiak T. and Chora's M., "Image Retrieval Based on Heirarchical Gabor Filter," *Intl. Journal on Applied Mathematics and Computer Science*, vol. ۱۵, pp. ۴۸۰-۴۷۱, ۲۰۰۵.
- [۲۸] ع. محمدی، "تجزیه و تحلیل بافت به منظور به کارگیری در بازیابی تصویر مبتنی بر محتوا." کارشناسی ارشد: دانشگاه صنعتی شریف، ۱۳۸۶.
- [۲۹] Stricker M. A. and Orengo M., "Similarity of Color Images," in *SPIE*, ۱۹۹۵, pp. ۳۹۲-۳۸۱.
- [۳۰] A. Singhal, "Modern Information Retrieval: A Brief Overview," *Bulletin of the IEEE Computer Society Technical Committee on Data Engineering*, vol. ۲۴, pp. ۳۵-۴۳, ۲۰۰۱.
- [۳۱] W. R. E. Gonzalez Rafael C., *Digital Image Processing*: Prentice Hall, ۲۰۰۲.
- [۳۲] J. L. J. Z. Wang, and G. Wiederhold, "SIMPLIcity: Semantics-Sensitive Integrated Matching for Picture Libraries," *IEEE Trans. Patt. Anal. Mach. Intell.*, vol. ۲۳, pp. ۹۶۳-۹۴۷, ۲۰۰۱.
- [۳۳] E. M. Granger, "Is CIE L\*a\*b\* good enough for desktop publishing?," Light Source Inc. ۱۹۹۴.
- [۳۴] Thiadmer Riemersma, "Colour Metric," ۲۰۰۸.
- [۳۵] Mezaris V., "Region-Based Image Retrieval Using an Object Ontology and Relevance Feedback," *Journal on Applied Signal Processing (EURASIP)*, pp. ۸۸۶-۹۰۱, ۲۰۰۴:۶.
- [۳۶] Xin J. and Jin J.S., "Relevant Feedback for Content-Based Image retrieval Using Baysian Network," in *Pan-Sidney Area Workshop of Visual Information Processing (VIP۲۰۰۳)*, Sidney, Australia, ۲۰۰۴.
- [۳۷] MacArthur S.D. ; Brodley C.E. and Shyu C.R., "Relevant Feedback Decision Trees in Content-Based Image retrieval," in *IEEE Workshop on Content-Based Access of Image and Video Libraries*, ۲۰۰۰.
- [۳۸] Rui Y. ; Huang Th. S. and Mehrotra Sh., "Relevant feedback Techniques in Interactive Content-Based Image Retrieval," *Storage and Retrieval for Image and Video Databases (SPIE)*, ۱۹۹۸.

## واژه نامه فارسی به انگلیسی

Feature Extraction	استخراج ویژگی
Histogram Saturation	اشباع شدن هیستوگرام
Pattern	الگو
Rank	امتیاز
Indexing	اندیس گذاری
User Relevant feedback	بازخورد کاربر
Text-based Image retrieval	بازیابی تصویر مبتنی بر متن
Content-based Image retrieval	بازیابی تصویر مبتنی بر محتوا
Segmentation	بخش بندی
Color Coherence Vector	بردار ارتباط رنگ
Image Blocking	بلوک بندی تصویر
Query	پرس و جو
Post-order	پس ترتیب
Pre-order	پیش ترتیب
Contrast	تباين
Analysis	تحليل
Synthesis	ترکیب
Descriptor	توصیف گر
Category Search	جستجو بر اساس دسته بندی
Search by Association	جستجو بر اساس شباهت تصاویر

Target Search	جستجو به هدف یافتن تصویر خاص
Search & Retrieval	جستجو و بازیابی
Sequential Search	جستجوی سلسله مراتبی
Nearest Neighborhood Search	جستجوی نزدیک ترین همسایه
Directionality	جهت دار بودن
Multiresolution	چنددقتی
Text Annotation	حاشیه نویسی متنی
Line-likeness	خطی بودن
Autoregressive	خودبازگشت
Skewness	درجه اریبی رنگ
Saturation	درجه اشباع رنگ
Value	درجه روشنایی رنگ
Precision	دقت
Hue	رده رنگ
Roughness	زبری
Euclidean Distance	فاصله اقلیدسی
Cosine Distance	فاصله کسینوسی
Minkowski-Form Distance	فاصله مینکوفسکی
Recall	فراخوانی

Color Space	فضای رنگ
Opponent Color Space	فضای رنگ متقابل
Partitioning	قسمت بندی
Polarization	قطبیت
Feature Class	کلاس ویژگی
Keyword	کلمه کلیدی
Adjacency Graph	گراف همجواری
Co-occurrence Matrix	ماتریس مجاورت
Compact Support	محمل فشرده
Similarity measure	معیار شباهت
Safe Color Cube	مکعب رنگ استاندارد
Color Moment	ممان رنگ
Regularity	منظم بودن
In-order	میان ترتیب
Image Regioning	ناحیه بندی تصویر
Normalization	نرمالسازی
Kurtosis	نقطه اوج
Cut Point	نقطه برش
User Interface	واسط کاربری



Visual Feature	ویژگی دیداری
Low-level Features	ویژگی های سطح پایین
General Features	ویژگی های عمومی
Application-specific Features	ویژگی های مختص کاربرد های خاص
Semantic Features	ویژگی های معنایی
Histogram Intersection	همپوشانی هیستوگرام ها
Color Correlogram	همبستگی نگار رنگ
Homogeneity	همگنی
Color Histogram	هیستوگرام رنگ
Perceptual Uniformity	یکنواختی ادراکی

## واژه نامه انگلیسی به فارسی

### A

Adjacency Graph	گراف همجواری
Analysis	تحلیل
Application-specific Features	ویژگی های مختص کاربرد های خاص
Autoregressive	خودبازگشت

### C

Category Search	جستجو بر اساس دسته بندی
Color Coherence Vector	بردار ارتباط رنگ
Color Correlogram	همبستگی نگار رنگ
Color Histogram	هیستوگرام رنگ
Color Moment	ممان رنگ
Color Space	فضای رنگ
Compact Support	محمل فشرده
Content-based Image retrieval	بازیابی تصویر مبتنی بر محتوا
Contrast	تباين
Co-occurrence Matrix	ماتریس مجاورت
Cosine Distance	فاصله کسینوسی
Cut Point	نقطه برش

### D

Descriptor	توصیف گر
Directionality	جهت دار بودن

### E

Euclidean Distance	فاصله اقلیدسی
--------------------	---------------

### F

Feature Class	کلاس ویژگی
Feature Extraction	استخراج ویژگی

### G

General Features	ویژگی های عمومی
------------------	-----------------

### H

Histogram Intersection	همپوشانی هیستوگرامها
------------------------	----------------------

Histogram Saturation	اشباع شدن هیستوگرام
Homogeneity	همگنی
Hue	رده رنگ
<b>I</b>	
Image Blocking	بلوک‌بندی تصویر
Image Regioning	ناحیه‌بندی تصویر
Indexing	اندیس‌گذاری
In-order	میان‌ترتیب
<b>K</b>	
Keyword	کلمه کلیدی
Kurtosis	نقطه اوج
<b>L</b>	
Line-likeness	خطی بودن
Low-level Features	ویژگی‌های سطح پایین
<b>M</b>	
Minkowski-Form Distance	فاصله مینکوفسکی
Multiresolution	چنددقتی
<b>N</b>	
Nearest Neighborhood Search	جستجوی نزدیک‌ترین همسایه
Normalization	نرمالسازی
<b>O</b>	
Opponent Color Space	فضای رنگ متقابل
<b>P</b>	
Partitioning	قسمت‌بندی
Pattern	الگو
Perceptual Uniformity	یکنواختی ادراکی
Polarization	قطبیت
Post-order	پس‌ترتیب
Precision	دقت
Pre-order	پیش‌ترتیب

<b>Q</b>	
Qurey	پرس و جو
<b>R</b>	
Rank	امتیاز
Recall	فراخوانی
Regularity	منظم بودن
Roughness	زبری
<b>S</b>	
Safe Color Cube	مکعب رنگ استاندارد
Saturation	درجه اشباع رنگ
Search & Retrieval	جستجو و بازیابی
Search by Association	جستجو بر اساس شباهت تصاویر
Segmentation	بخش بندی
Semantic Features	ویژگی های معنایی
Sequential Search	جستجوی سلسله مراتبی
Similarity Measure	معیار شباهت
Skewness	درجه اریبی رنگ
Synthesis	ترکیب
<b>T</b>	
Target Search	جستجو به هدف یافتن تصویر خاص
Text Annotation	حاشیه نویسی متنی
Text-based Image retrieval	بازیابی تصویر مبتنی بر متن
<b>U</b>	
User Interface	واسط کاربری
User Relevant feedback	بازخورد کاربر
<b>V</b>	
Value	درجه روشنایی رنگ
Visual Feature	ویژگی دیداری

**Abstract:** Content base image retrieval is an important research field with many applications in medicine, army, industry and multimedia systems.

This thesis describes a new approach through content-based image retrieval for finding similar images to a given query in a general-purpose image database. We have used Color and Texture as basic features to describe images. In addition we used a binary tree structure to describe higher level image features. The histogram in HSV mode is used for color extraction, in such a way that the Hue and Saturation are divided into 360 and 100 intervals, respectively and each interval is represented by one histogram bin. For Texture, we used 4-level Wavelet transform in sub-images (image blocks). In addition, binary tree structure has been used to keep information about separate segments of the images. These segments are extracted by using the gray level version of the images after some color transformation.

The performance of the proposed system has been compared with the SIMPLIcity system. Both systems used the COREL image database.

Our experimental results showed that among 10 image categories available in COREL database, our system had a better performance in six cases and lower performance for the remaining four categories.

**Keywords:** CBIR, Content-based Image retrieval, Color, Texture, Binary Portioning Tree.



Sharif University of Technology  
Computer Engineering Faculty  
AI Group

M. Sc Thesis

Color image retrieval using the knowledge of texture and color in  
binary tree structure

By:

Zahra Mansoori

Supervisor:

Dr. Mansour Jamzad

December ۲۰۰۸