

جداسازی تصویر به مؤلفه‌های بافت و ساختار

برای بازیابی تصویر بر اساس محتوا

سعید حیاتی، سعید سریزدی و حسین نظام آبادی‌پور

تصویر در تعیین بردارهای ویژگی آن بسیار حائز اهمیت است، ولی عملکرد روش‌های استخراج ویژگی مرسوم در اثر حضور هم‌زمان همه اطلاعات، مانند بافت و لبه‌ها در یک تصویر تحت تأثیر قرار گیرد. به‌عنوان مثال، بافت ذاتی موجود در تصویر می‌تواند استخراج هیستوگرام راستای لبه را تا حدودی دچار اشکال کند. در این تحقیق جداسازی تصویر به مؤلفه‌های بافت و ساختار به‌عنوان راهکاری برای حذف اثر نامطلوب بخشی از اطلاعات ذاتی تصویر در استخراج بردار ویژگی مربوط به انواع دیگر اطلاعات موجود در تصویر مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین برای جبران هزینه‌های محاسباتی، راهکارهایی برای ایجاد مصالحه بین سرعت و کیفیت جداسازی با رویکرد بازیابی تصویر ارائه شده است.

در بخش ۲ روش‌های اصلی جداسازی تصویر مورد بررسی قرار گرفته است. روش پیشنهادی برای افزایش دقت سامانه بازیابی تصویر به‌طور خلاصه در بخش ۳ معرفی شده است. بخش ۴ به مشکلات روش پیشنهادی و راهکارهایی که برای حل آنها پیشنهاد شده، پرداخته است. در بخش ۵ جزئیات سامانه بازیابی تصویر مورد بحث قرار گرفته، ویژگی‌های استخراج‌شده از تصاویر معرفی شده‌اند و نتایج اعمال روش پیشنهادی در سیستم بازیابی تصویر با روش‌های متداول مقایسه شده است.

۲- جداسازی تصویر به مؤلفه‌های بافت و ساختار

در سال ۱۹۹۲ روشی برای حذف نویز تصویر بر اساس کمینه‌سازی تغییرات کل توسط رودین و همکاران ارائه شد که به روش ROF معروف است [۶]. ایده اصلی این روش بر این فرض استوار است که تصویر نویزی و تصویر غیر نویزی در مقدار تغییرات کل^۱ با هم متفاوت هستند. بر این اساس، مدلی ارائه شد که قادر است با حفظ لبه‌های تصویر به خوبی عمل حذف نویز را انجام دهد. در اکثر مدل‌های جداسازی تصویر رابطه بخش بافت و ساختار و تصویر اصلی به‌صورت (۱) در نظر گرفته می‌شود

$$f(x, y) = u(x, y) + v(x, y) \quad (1)$$

که f تصویر اصلی، u تصویر رفع نویز شده، v در بردارنده نویز تصویر (جزئیات ریز تصویر) و (x, y) نشان‌دهنده مختصات مکانی پیکسل‌های تصویر است. با توجه به ایده اصلی روش ROF، در این روش سعی شده است که تصویر رفع نویز شده به‌گونه‌ای محاسبه شود که کمترین میزان تغییرات کل را داشته باشد. بنابراین مدل (۲) برای حذف نویز پیشنهاد شد [۶]

$$\inf F(u) = \int |\nabla u| dx dy + \lambda \int |f - u| dx dy \quad (2)$$

که λ ضریب لاگرانژ و پارامتر کنترل‌کننده جداسازی است. اگرچه مدل (۲) به خوبی قادر به حفظ لبه‌هاست، اما جزئیات ریز مانند بافت را تخریب می‌کند. میزان تخریب بافت وابسته به λ است و هر چه λ کوچک‌تر

چکیده: در این مقاله روش جدیدی برای استخراج ویژگی‌های سطح پایین و نمایه‌سازی تصویر بر مبنای جداسازی تصویر به مؤلفه‌های بافت و ساختار ارائه شده است. ایده اصلی این تحقیق جداسازی تصاویر به مؤلفه‌های بافت و ساختار برای کاهش اثر مخرب وجود بافت و ساختار به‌صورت هم‌زمان در تصویر در مرحله استخراج ویژگی است. همچنین نشان داده شده است که با ترکیب بردار ویژگی استخراج‌شده از مؤلفه‌های بافت و ساختار، دقت در سیستم بازیابی تصویر به مقدار قابل توجهی افزایش می‌یابد. برای ارزیابی روش پیشنهادی، از یک پایگاه داده عام شامل ۱۰۰۰۰ تصویر از ۸۲ گروه معنایی متفاوت استفاده شده است. نتایج آزمایش‌ها کارایی این روش را تأیید می‌کند.

کلید واژه: نمایه‌سازی تصویر، بازیابی تصویر بر اساس محتوا، جداسازی تصویر، استخراج ویژگی، بافت، ساختار.

۱- مقدمه

با رشد روزافزون اینترنت و ابزارهای تصویربرداری دیجیتال، اندازه پایگاه‌های داده تصویری به سرعت در حال بزرگ‌تر شدن است. در چنین شرایطی، نیاز شدیدی به ابزارها و روش‌های کارا برای جستجوی تصاویر دلخواه در پایگاه‌های داده بزرگ به‌وجود آمده است. در سامانه‌های بازیابی تصویر بر اساس محتوا، سعی بر این است که تصاویری از پایگاه داده که به تصویر پرس و جوی کاربر بیشترین شباهت را دارند به‌عنوان نتیجه جستجو برگردانده شوند. بازیابی تصویر بر اساس محتوا به‌عنوان یک جایگزین کامل‌تر و دقیق‌تر برای سیستم‌های بازیابی تصویر بر اساس متن به شمار می‌رود [۱]. برای اندازه‌گیری میزان شباهت تصاویر در اکثر سیستم‌های بازیابی بر اساس محتوا، ویژگی‌های سطح پایین تصویر از جمله رنگ، بافت و شکل به‌صورت خودکار از تصاویر استخراج می‌شود و برداری که بیانگر ویژگی‌های تصویر است، ساخته می‌شود.

استخراج ویژگی اساسی‌ترین قدم در ایجاد یک سامانه بازیابی تصویر بر اساس محتوا است و نقش بسیار تعیین‌کننده‌ای در دقت سامانه بازیابی دارد. روش‌های مختلفی برای استخراج بردارهای ویژگی از تصاویر موجود است، از جمله فیلترهای گابور و هیستوگرام راستای لبه برای استخراج اطلاعات فرکانسی [۲] تا [۴] و هیستوگرام رنگ برای استخراج اطلاعات مربوط به رنگ در تصاویر رنگی [۵] و ...

هر چند به نظر می‌رسد در اختیار داشتن همه اطلاعات دیداری یک

این مقاله در تاریخ ۱۰ تیر ماه ۱۳۹۰ دریافت و در تاریخ ۳۱ خرداد ماه ۱۳۹۱ بازنگری شد.

سعید حیاتی، بخش مهندسی برق، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، (email: saeed.hayati@gmail.com).

سعید سریزدی، بخش مهندسی برق، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، (email: saryazdi@uk.ac.ir).

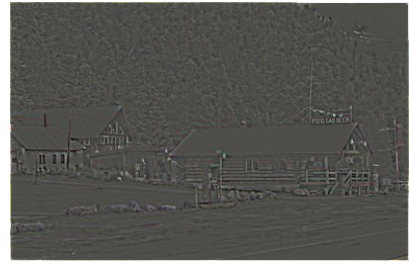
حسین نظام آبادی‌پور، بخش مهندسی برق، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، (email: nezam@uk.ac.ir).



(ج)



(ب)



(الف)

شکل ۱: جداسازی تصویر، (الف) تصویر اصلی، (ب) تصویر ساختار و (ج) تصویر بافت.

به طور معمول، یک مشکل بسیار جدی به شمار می آید. در بخش ۴-۱ راهکاری برای افزایش سرعت جداسازی تصویر پیشنهاد شده است. مدل‌های دیگری نیز با الهام از مدل ROF از جمله مدل OSV [۱۰]، DOSV [۱۱] و IES [۱۲] برای جداسازی تصویر ارائه شده است. علاوه بر این‌ها، روش‌های معدودی مسأله جداسازی در حوزه مکان را با استفاده از ابزارهای حوزه فرکانس از جمله تبدیل موجک، مورد تحلیل قرار داده‌اند [۱۳] و [۱۴]. در همه این روش‌ها که مبتنی بر کمینه‌سازی یک تابع انرژی مانند (۲) هستند، پارامتر λ نقش کنترل‌کننده انرژی بخش بافت و ساختار را دارد. در بخش ۴-۲ راهکاری برای افزایش کیفیت جداسازی تصویر از طریق کنترل محلی پارامتر λ ارائه شده است.

۳- روش پیشنهادی در استخراج ویژگی تصویر و نمایه‌سازی آن

روش‌های استخراج ویژگی اغلب به دنبال یافتن تمایز در ویژگی‌های دیداری تصاویر موجود در پایگاه داده هستند. هر چه تمایز ویژگی‌های استخراج‌شده از تصاویر پایگاه داده بیشتر باشد، نمایه‌سازی تصاویر با دقت بیشتری انجام می‌شود. اطلاعات فرکانسی تصویر در کنار رنگ برای تصاویر رنگی، بخش عمده‌ای از اطلاعات موجود در تصویر را تشکیل می‌دهد. همان‌طور که در بخش ۲ اشاره شد، اطلاعات فرکانسی موجود در تصویر را می‌توان به دو دسته بافت و ساختار تقسیم کرد. شکل ۱ نمونه‌ای از تصاویر موجود در پایگاه داده استفاده‌شده در این مقاله را همراه با مؤلفه‌های بافت و ساختار آن نشان می‌دهد.

روش‌های متعددی برای استخراج ویژگی از اطلاعات فرکانسی تصاویر وجود دارد، از جمله تبدیل موجک، تبدیل پیچک، فیلترهای گابور، هیستوگرام راستای لبه و غیره. تفکیک اطلاعات فرکانسی موجود در تصویر از یکدیگر باعث بهبود کارایی روش‌های استخراج ویژگی می‌شود. زیرا همان‌طور که نتایج این تحقیق نشان می‌دهد وجود اطلاعات بافت برای استخراج ویژگی‌های مربوط به بخش ساختار، به‌عنوان مثال هیستوگرام راستای لبه، اثر نامطلوب دارد. از طرف دیگر برای استخراج ویژگی بافت، در اختیار داشتن بافت تصویر که نسبت به تصویر اصلی برجسته‌تر شده باشد و لبه‌های بخش ساختار در آن قرار نداشته باشند، نتایج بهتری در بازیابی تصویر ایجاد می‌کند.

جداسازی تصویر در موضوعاتی مثل کدگذاری تصویر [۷]، تشخیص بافت [۸]، حذف نویز [۹]، ناحیه‌بندی بافت [۱۵]، تثبیت تصویر [۱۶] و ترمیم تصویر [۱۷] دارای کاربردهای پراهمیتی است. در این تحقیق برای

باشد روش ROF بافت را بیشتر حذف می‌کند [۷]. در [۷] پیشنهاد شد که در جمله دوم (۲) به جای نرم L^1 از نرم دیگری استفاده شود که برای نمایش بافت و جزئیات نوسانی مناسب‌تر است. این نرم برای مؤلفه بافت v ، روی فضای باناخ G تعریف می‌شود که به شکل مناسبی به صورت (۳) معین شده است

$$\|v\|_* = \inf \left\{ \left\| \sqrt{g_1^2 + g_2^2} \right\|_{L^\infty}, v = \partial x g_1 + \partial y g_2 \right\} \quad (3)$$

$$g = (g_1, g_2)$$

که در آن علامت * نماد نرم جدید تعریف‌شده در [۷] است. بر این اساس، مدل جداسازی به صورت (۴) ارائه شده است

$$\inf \{ E(u) = \int |\nabla u| dx dy + \lambda \|v\|_* \quad , \quad f = u + v \} \quad (4)$$

در واقع فضای G ، دوگان فضای با تغییرات کل محدود است که مؤلفه ساختار u در آن قرار دارد. به این ترتیب مؤلفه‌هایی از تصویر که ماهیت نوسانی دارند و میزان تغییرات کل بیشتری دارند در تصویر v و مؤلفه‌هایی که یکنواخت‌تر هستند و تغییرات کل کمتری دارند در تصویر u پدیدار می‌شوند.

هر چند این مدل از نظر تئوری قابلیت جداسازی تصویر را ایجاد می‌کند، ولی این مدل مشکلاتی نیز دارد. از جمله این که قابلیت حل به صورت مستقیم را نداشته و معادلات اولی-لاگرانژ متناظر با کمینه‌سازی (۴) به طور مستقیم بر حسب u بیان نمی‌شوند. برای حل این مشکل در [۸] تخمینی از مدل (۴) ارائه شد. در این روش از تخمین نشان داده شده در (۵) برای نرم L^∞ تابع $\|g\| = \sqrt{g_1^2 + g_2^2}$ استفاده می‌شود

$$\left\| \sqrt{g_1^2 + g_2^2} \right\|_{L^\infty} = \lim_{p \rightarrow \infty} \left(\left\| \sqrt{g_1^2 + g_2^2} \right\|_{L^p} \right) \quad (5)$$

که بر این اساس مدل (۶) که به مدل VO مشهور است با الهام از (۴) پیشنهاد شد

$$G_p(u, g_1, g_2) = \int |\nabla u| dx dy + \lambda \int \|f - u - \partial x g_1 - \partial y g_2\|^p dx dy + \mu \int (\sqrt{g_1^2 + g_2^2})^p dx dy \quad (6)$$

هر چند مدل VO در ابتدا برای تصاویر خاکستری رابطه‌مند و اجرا شده است، اما این روش به سادگی برای جداسازی تصاویر رنگی قابل تعمیم است [۹]. تصاویر رنگی را می‌توان به صورت سه تصویر خاکستری در سه کانال R ، G و B در نظر گرفت. بنابراین برای هر یک از سطوح، امکان اعمال فرایند جداسازی و ایجاد دوباره تصویر رنگی مربوط به بافت و ساختار با استفاده از تصاویر بافت و ساختار هر یک از سطوح وجود دارد. در این تحقیق از این روش برای جداسازی تصاویر رنگی استفاده شده است. واضح است که استفاده از روش ارائه‌شده در [۷] و روش‌های مشابه آن به‌عنوان مبنای جداسازی تصاویر رنگی، زمان پردازش را حداقل ۳ برابر خواهد کرد که با توجه به پایین بودن سرعت این روش‌ها

1. Image Coding
2. Image Registration
3. Inpainting

جداسازی تصویر شود. راهکار پیشنهادی برای افزایش سرعت روش‌های جداسازی، انجام فرایند جداسازی تصویر با تعداد تکرارهای متفاوت در هر پیکسل است. با این رویکرد می‌توان انتظار داشت که در محل‌هایی از تصویر که اطلاعات بافتی کمتری وجود دارد، تعداد تکرارهای کمتری در نظر گرفته شود. در حالت خاص و با پذیرفتن از دست دادن دقت، می‌توان پیکسل‌های تصویر را به دو دسته بافت و غیر بافت تقسیم کرد و جداسازی را فقط برای پیکسل‌های ناحیه بافت انجام داد. در این حالت حداکثر صرفه جویی در انجام تکرارها صورت می‌گیرد. با توجه به این که تصاویر پایگاه داده عام می‌توانند شامل هر نوع محتوایی باشند، روش پیشنهادی، به‌طور متوسط، افزایش سرعت قابل ملاحظه‌ای را در پی دارد. زیرا ممکن است بعضی از تصاویر ناحیه بافت کوچکی داشته باشند و در نتیجه تعداد پیکسل‌هایی که جداسازی باید روی آنها انجام شود نسبت به تعداد کل پیکسل‌های تصویر بسیار کم باشند.

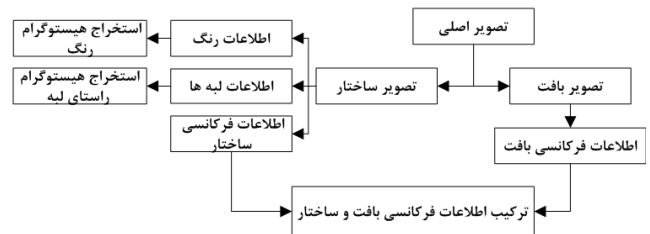
برای پیاده‌سازی روش پیشنهادی، ابتدا باید پیکسل‌هایی را که در ناحیه بافت قرار دارند، تشخیص داد. این در حالی است که مفهوم بافت تا حدود زیادی مبهم است و روش‌های متداول تشخیص بافت نیز معمولاً زمان‌گیر هستند و به کار بردن آنها در تضاد با هدف اصلی که افزایش سرعت جداسازی است، می‌باشد. بنابراین پیشنهاد می‌شود که از خود فرایند جداسازی برای تشخیص بافت استفاده شود. برای این منظور تصویر بافت به‌دست آمده از چند تکرار اول جداسازی برای تشخیص بافت مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای تشخیص دقیق‌تر ناحیه دارای بافت، روی تصویر بافت به‌دست آمده از چند تکرار اول یک عمل آستانه‌گذاری انجام می‌شود. رابطه (۷) نحوه تشخیص پیکسل‌های ناحیه بافت را نشان می‌دهد

$$ThresholdTex(i, j) = \begin{cases} 1 & \text{if } v^n(i, j) < mean(v^n) \\ 0 & \text{O.W} \end{cases} \quad (7)$$

که در آن $v^n(i, j)$ پیکسل (i, j) ام تصویر بافت به‌دست آمده از n تکرار فرایند جداسازی است. مقدار $ThresholdTex(i, j)$ مقدار پیکسل (i, j) ام از تصویر آستانه زده شده بافت و $mean(v^n)$ مقدار میانگین سطح روشنایی پیکسل‌های تصویر v در مرحله n ام جداسازی است. شکل ۳-ب و ۳-ج به ترتیب تصویر بافت به‌دست آمده از $n=2$ تکرار روش VO و نتیجه آستانه‌گذاری روی آن را نشان می‌دهد.

برای ایجاد یک ناحیه پیوسته، از عملگرهای مورفولوژی گسترش^۱ و سایش^۲ استفاده می‌شود. عملگر سایش باعث می‌شود پیکسل‌هایی که به‌طور پراکنده در تصویر آستانه زده شده، روشن دیده می‌شوند، حذف شوند. بعد از سایش، از عملگر گسترش برای متصل کردن پیکسل‌های باقیمانده استفاده می‌شود. نتیجه اعمال این دو عملگر در شکل ۳-د نشان داده شده است.

نتیجه جداسازی با این روش در شکل‌های ۳-ه و ۳-و نشان داده شده است. با توجه به شکل ۳-و ملاحظه می‌شود نواحی مشخص شده به‌عنوان بافت با تعداد تکرار بیشتر و در نتیجه با دقت بیشتری جداسازی شده‌اند. در تصویر شکل‌های ۳-ه و ۳-و نواحی دارای بافت با ۲۵ تکرار و نواحی بدون بافت با همان ۲ تکرار اول روش VO که برای مرحله تشخیص بافت لازم است، جداسازی شده‌اند. این روش جداسازی مصالحه‌ای بین سرعت و دقت در سامانه بازیابی تصویر ارائه می‌دهد. به این صورت که هر چه پیکسل‌های بیشتری برای جداسازی در نظر گرفته



شکل ۲: کلیات روش پیشنهادی برای استخراج ویژگی تصاویر پایگاه داده.

اولین بار جداسازی تصویر به‌عنوان راهکاری برای بهبود دقت سیستم بازیابی تصویر مورد توجه قرار گرفته است. ایده اصلی به‌کار رفته در این مقاله، تفکیک اطلاعات تصویر به بخش‌های بافت و ساختار و استخراج ویژگی از هر یک از این بخش‌ها و ترکیب دوباره این ویژگی‌ها است [۱۸] و [۱۹]. با جداسازی بافت و ساختار این امکان به وجود می‌آید که از اطلاعات فرکانسی هر دو بخش به‌طور هم‌زمان به‌صورت مؤثرتری نسبت به حالتی که فقط تصویر اصلی موجود است، استفاده شود. برای استفاده از اطلاعات فرکانسی بخش‌های بافت و ساختار، بردار ویژگی‌های گابور بخش بافت و بخش ساختار در کنار هم قرار داده شده‌اند و برداری با طول ۲ برابر تشکیل می‌شود. نتایج آزمایش‌ها نشان می‌دهد که بردار جدید می‌تواند تصاویر پایگاه داده را بهتر متمایز کند.

برای پیاده‌سازی این ایده، قبل از استخراج ویژگی‌های سطح پایین، تصاویر پایگاه داده به مؤلفه‌های بافت و ساختار تجزیه می‌شوند و پس از آن ویژگی‌های مربوط به بافت از بخش بافت و ویژگی‌های رنگ و لبه از بخش ساختار استخراج می‌شوند. کلیات روش پیشنهادی در شکل ۲ نشان داده شده است.

۴- چالش‌ها و راه حل‌ها

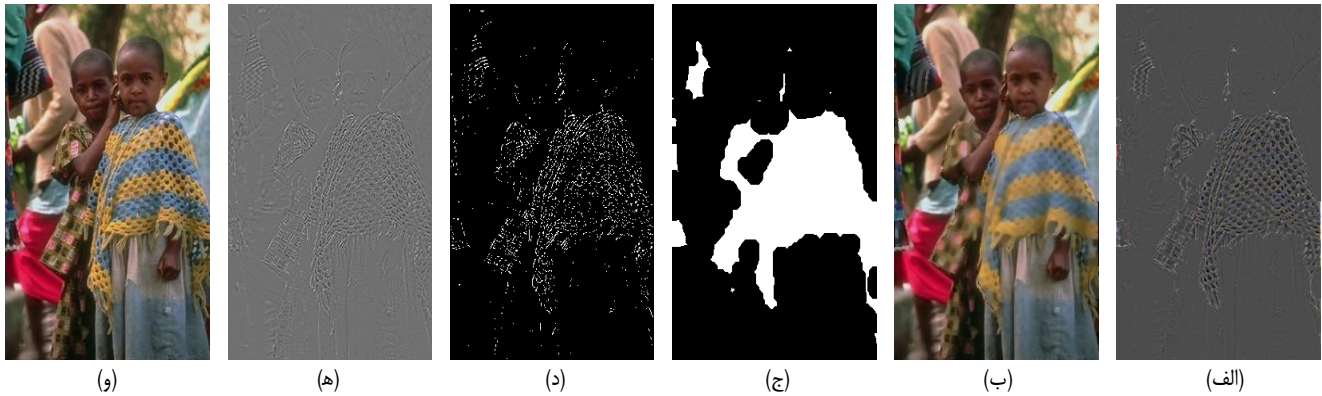
چالش اصلی پیش روی روش پیشنهادی برای استخراج ویژگی، سربرام محاسباتی است که برای جداسازی تصاویر پایگاه داده به سامانه تحمیل می‌شود. برای غلبه بر این مشکل، جداسازی محلی تصویر به‌عنوان یک فرایند ابداعی فرعی برای اصلاح مشکلات کیفیت و سرعت جداسازی پیشنهاد شده است. واضح است که افزایش کیفیت جداسازی مستلزم کاهش سرعت آن و افزایش سرعت مستلزم کاهش کیفیت جداسازی تصویر است. با این وجود با توجه به هدف اصلی این مقاله که افزایش کارایی روش‌های استخراج ویژگی در بازیابی تصویر است، با ارائه روش‌هایی جدید سعی شده است که مصالحه‌ای بین سرعت و کیفیت جداسازی و نتیجه آن در یک سیستم بازیابی تصویر برقرار شود.

۴-۱ روش پیشنهادی برای افزایش سرعت جداسازی

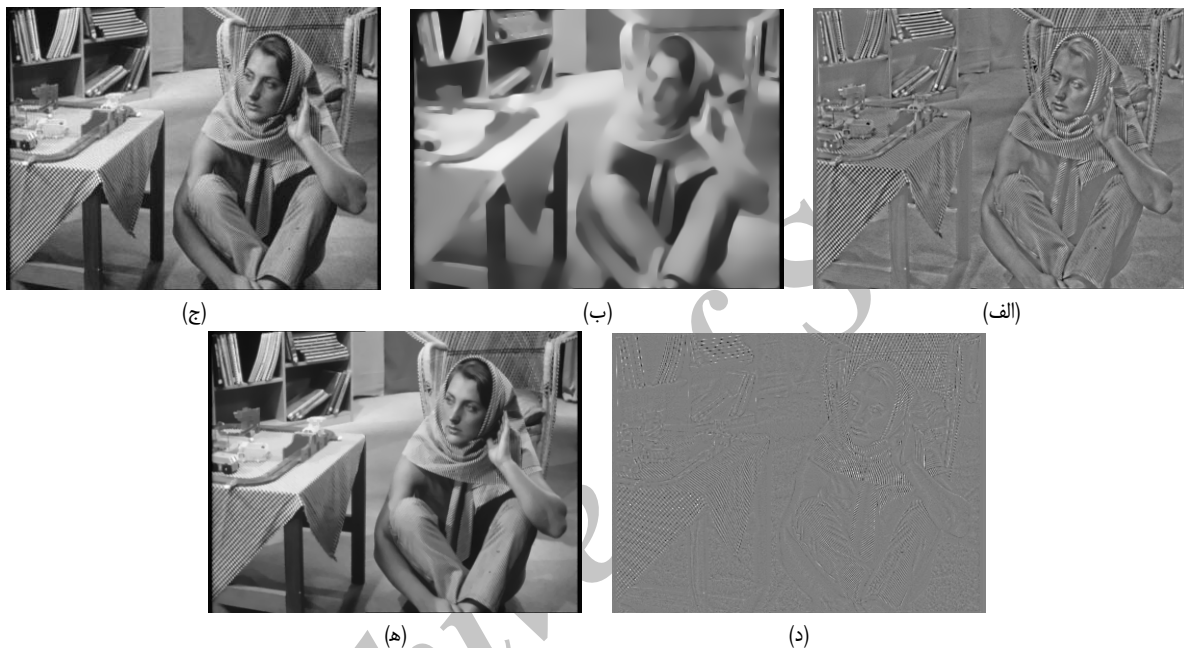
اکثر روش‌های جداسازی تصویر، منجر به حل معادلات دیفرانسیل جزئی گسسته می‌شوند و حل این معادلات اغلب به‌صورت بازگشتی انجام می‌شود. در بعضی از روش‌های جداسازی از جمله روش ROF [۶]، تعداد تکرارهای لازم برای رسیدن به کیفیت مورد نظر در تصاویر جداسازی شده، زیاد است. همچنین در بعضی روش‌های جداسازی، حجم عملیات انجام شده در هر تکرار به اندازه‌ای زیاد است که با تعداد تکرار کم در حل معادله نیز همچنان جداسازی تصویر به کندی صورت می‌گیرد (از جمله در روش VO [۸]).

در یک سامانه بازیابی تصویر، سرعت تعامل سیستم با کاربر بسیار حائز اهمیت است. از این رو افزایش سرعت جداسازی تصویر با رویکرد بازیابی می‌تواند منجر به افزایش کارایی یک سامانه بازیابی تصویر مبتنی بر

1. Dilation
2. Erosion



شکل ۳: تشخیص پیکسل‌های بافت و جداسازی در ناحیه بافت، (الف) تصویر اصلی، (ب) تصویر بافت حاصل شده از ۲ تکرار روش VO، (ج) نتیجه آستانه‌گذاری روی تصویر (ب)، (د) ایجاد یک ناحیه پیوسته بافت با استفاده از عملگرهای مورفولوژی، (ه) تصویر ساختار و (و) تصویر بافت.



شکل ۴: اثر مقدار λ در جداسازی با استفاده از مدل ROF، (الف) تصویر اصلی Barbara، (ب) تصویر u و $\lambda=0.1$ ، (ج) تصویر v و $\lambda=0.1$ ، (د) تصویر u و $\lambda=0.3$ و (ه) تصویر v و $\lambda=0.3$.

جدول ۱: مقایسه روش پیشنهادی برای افزایش سرعت با روش‌های متداول.

تصویر	تعداد تکرار (روش VO)	زمان لازم بدون روش پیشنهادی (Sec)	زمان لازم با روش پیشنهادی (Sec)
Barbara ۵۷۶×۷۲۰	۲۵	۳۰۴	۹۱
Lena ۵۱۲×۵۱۲	۲۵	۲۱۷	۶۳
تصویر شکل ۳ ۲۵۶×۳۷۴	۲۵	۷۰	۲۴

شدت وابسته به پارامتر λ در مسأله است که متعادل کننده دو بخش بافت و ساختار است. بیش از حد کوچک بودن این پارامتر باعث حذف لبه‌های بخش ساختار و بزرگ بودن آن باعث باقی ماندن مقدار زیادی از بافت تصویر در بخش ساختار خواهد شد [۷]، [۸] و [۱۱]. بنابراین با ایجاد روشی برای تنظیم بهینه پارامتر λ می‌توان افزایش کیفیت جداسازی تصویر را از همه روش‌های مبتنی بر کمینه‌سازی تغییرات کل انتظار داشت. لازم به ذکر است که کیفیت جداسازی به صورت عدم وجود لبه‌های ساختار در تصویر بافت تعریف می‌شود [۱۱].

برای تنظیم این پارامتر روش‌هایی در [۲۰] تا [۲۲] ارائه شده است. اشکال اصلی روش‌های انتخاب پارامتر، در نظر نگرفتن ویژگی‌های محلی تصویر است. این در حالی است که ایجاد قابلیت یکسان نبودن λ برای همه پیکسل‌های تصویر، با توجه به این که پیکسل مورد نظر در چه ناحیه‌ای از تصویر قرار دارد، باعث ایجاد انعطاف بیشتری در انتخاب این پارامتر می‌شود. شکل ۴ دو نمونه جداسازی با استفاده از روش ROF با دو اندازه مختلف پارامتر λ را نشان می‌دهد.

با توجه به تصاویر شکل ۴ ملاحظه می‌شود که در بعضی نواحی، کوچک بودن λ به جداسازی بهتر بافت و ساختار منجر می‌شود و از طرفی باعث هموار شدن لبه‌های اجزای بزرگ مقیاس تصویر در بخش

شود، دقت سامانه بازیابی به حالتی که جداسازی به طور کامل انجام می‌شود نزدیک‌تر خواهد بود، ولی در عوض زمان بیشتری برای جداسازی این تعداد پیکسل‌ها لازم است. جدول ۱ نتایج افزایش سرعت را برای چند تصویر نمونه نشان می‌دهد.

۴-۲ روش پیشنهادی برای افزایش کیفیت جداسازی

همان طور که اشاره شد جداسازی تصویر به مؤلفه‌های بافت و ساختار از تصویر اصلی، اغلب بر پایه حل معادلات دیفرانسیل جزئی ناشی از کمینه‌سازی تغییرات کل انجام می‌شود. نتیجه حاصل از کمینه‌سازی به



شکل ۵: واریانس محلی شکل ۳-الف در همسایگی 5×5 ، (الف) نتیجه واریانس محلی روی تصویر اصلی، (ب) نتیجه واریانس محلی روی تصویر بافت به دست آمده از ROF و (ج) نتیجه آستانه‌گذاری روی تصویر (ب).

شکل ۴-ج نشان داده شده است که در آن تقریباً همه لبه‌های مربوط به بخش ساختار حذف شده‌اند و فقط پیکسل‌های مربوط به بافت باقی مانده‌اند. با داشتن تصویر آستانه زده شده واریانس، λ به‌ازای هر پیکسل بر اساس سطح روشنایی آن طبق (۹) محاسبه می‌شود

$$\lambda(i, j) = 0.4 \times 1.7^{-Tri(i, j)} \quad (9)$$

که در آن اعداد 0.4 و 1.7 به‌صورت تجربی انتخاب شده‌اند و $Tri(i, j)$ پیکسل (i, j) ام تصویر آستانه زده شده است. با استفاده از این رابطه برای پیکسل‌هایی که در $Tri(i, j)$ مقدار صفر دارند، $\lambda = 0.4$ به‌دست می‌آید که برای حفظ لبه‌های ساختار مناسب است و برای پیکسل‌هایی که مقادیر بزرگ‌تر از صفر دارند، مقدار λ به‌طور نمایی کاهش می‌یابد. نتایج اعمال روش انتخاب پارامتر پیشنهادی به مدل ROF در شکل‌های ۶ تا ۸ با روش ROF و VO با پارامتر ثابت مقایسه شده است.

۵- آزمایش‌ها و نتایج

در سامانه بازیابی تصویر مورد استفاده، از یک پایگاه تصویر عام استفاده شده است. برای تشکیل پایگاه از سه پایگاه تصویر متداول که در بسیاری از تحقیقات به آنها ارجاع شده، استفاده شده است: الف) پایگاه داده ۲۰۰۰۰ تصویری photo ۲۰۰۷ ImageCLEF [۲۳]، ب) پایگاه داده MSRC شامل ۴۳۲۰ تصویر با ۳۳ گروه معنایی [۲۴] و ج) پایگاه تصویر SIMPLisity شامل ۱۰۰۰ تصویر با ۱۰ گروه معنایی [۲۵]. از مجموع ۲۵۳۲۰ تصویر این سه پایگاه تصویر، تعداد ۱۰۰۰۰ تصویر انتخاب و پایگاه تصویر تشکیل شده است [۲۶]. تمام تصاویر پایگاه، رنگی و در حوزه فشرده JPEG هستند. تصاویر انتخاب‌شده در ۸۲ گروه معنایی اصلی قرار دارند و در هر گروه معنایی حداقل ۵۰ تصویر وجود دارد. تمام تصاویر متعلق به یک گروه معنایی، قطعاً در یک ویژگی معنایی با یکدیگر اشتراک دارند که به‌عنوان گروه معنایی اصلی برای آن تصویر در نظر گرفته شده است.

۵-۱ ویژگی‌های سطح پایین

در سامانه بازیابی تصویر مورد استفاده، از سه نوع ویژگی هیستوگرام رنگ، هیستوگرام راستای لبه و فیلترهای گابور از استاندارد MPEG-7 استفاده شده است [۲۷] تا [۲۹].

۵-۱-۱ ویژگی هیستوگرام رنگ

برای نمایه‌سازی رنگ در تصاویر، از هیستوگرام رنگ در فضای HSV استفاده شده است. در این تحقیق هیستوگرام رنگ پیشنهادی با ۶۰ بازه از تصاویر استخراج شده و تمام پایگاه تصویر بر این مینا نمایه‌سازی شده است. برای محاسبه هیستوگرام رنگ پیشنهادی، هر یک از بازه‌های S، H،

ساختار و ایجاد این لبه‌ها در بخش بافت می‌شود.

روش پیشنهادی برای افزایش کیفیت جداسازی، انتخاب وقتی λ برای هر پیکسل تصویر بر مبنای ویژگی‌های آماری سطح روشنایی پیکسل‌های همسایگی آن است. برای عملی کردن این ایده، واریانس سطح روشنایی یک همسایگی حول هر پیکسل در نظر گرفته شده است. به عبارت دیگر برای هر تصویر، ماتریسی با همان اندازه ساخته می‌شود که متناظر با هر پیکسل، میزان واریانس شدت روشنایی آن پیکسل در یک همسایگی مشخص محاسبه شده و در آن قرار می‌گیرد. شکل ۵-الف نتیجه این عمل را برای یک همسایگی 5×5 در تصویر ۴-الف نشان می‌دهد. همان طور که در شکل ۵-الف دیده می‌شود، پیکسل‌های موجود در نواحی دارای بافت و نواحی شامل لبه‌های ساختار، واریانس بیشتری در همسایگی خود دارند. برای انتخاب λ بر اساس واریانس محلی باید تمایز کافی بین این دو دسته از پیکسل‌ها وجود داشته باشد. برای این منظور پیشنهاد می‌شود از تصویر بافت به دست آمده از ۱۰۰ تکرار روش ROF، با یک مقدار کوچک $\lambda = 0.1$ ، برای تعیین واریانس محلی استفاده شود. روش ROF به این علت انتخاب شده است که نسبت به سایر روش‌های جداسازی سرعت بیشتر و در عوض کیفیت کمتری دارد. بنابراین در این روش تلاش می‌شود با انتخاب وقتی پارامتر λ کیفیت جداسازی این روش را به‌عنوان یک نمونه از روش‌های جداسازی سریع و کم کیفیت، افزایش داد. همان طور که در شکل ۴-ج و ۴-ه دیده می‌شود در تصویر بافت، از شدت لبه‌های بخش ساختار کاسته می‌شود که این باعث ایجاد واریانس کمتری در همسایگی پیکسل‌های لبه بخش ساختار می‌شود. نتیجه اعمال این روش در شکل ۴-ب نشان داده شده است.

با مقایسه شکل‌های ۵-الف و ۵-ب می‌توان کوچک شدن واریانس همسایگی پیکسل‌های لبه بخش ساختار را به راحتی تشخیص داد. با این وجود در تصویر ۵-ب همچنان لبه‌های بخش ساختار با شدت کمتری نسبت به نواحی دارای بافت دیده می‌شوند. برای ایجاد تمایز بیشتر یک حد آستانه بر روی پیکسل‌های تصویر حاصل از واریانس، شکل ۵-ب، اعمال می‌شود. برای اعمال این آستانه، به هر پیکسل تصویر حاصل از واریانس که مقدارش از میانگین همه واریانس‌های نسبت داده شده به پیکسل‌ها کمتر باشد، مقدار صفر تخصیص داده می‌شود. رابطه (۸) بیانگر نحوه این آستانه‌گذاری است

$$Tri(i, j) = \begin{cases} VarI(i, j) & \text{if } Var(i, j) > mean\{VarI\} \\ 0 & \text{O.W} \end{cases} \quad (8)$$

که در آن $VarI$ تصویری است که درایه آن شامل مقدار واریانس سطح روشنایی همسایگی حول پیکسل متناظر آن در تصویر اصلی است و $mean\{VarI\}$ مقدار میانگین پیکسل‌های $VarI$ است. Tri در این رابطه تصویر آستانه زده شده واریانس است. نتیجه این آستانه‌گذاری در



(ج)

(ب)

(الف)

شکل ۶: مقایسه جداسازی با روش انتخاب پارامتر پیشنهادی در مدل ROF، مدل VO با پارامتر ثابت و مدل ROF با پارامتر ثابت برای ساختار تصویر Barbara، (الف) تصویر ساختار در مدل ROF، (ب) تصویر ساختار در مدل VO و (ج) تصویر ساختار با λ پیشنهادی در مدل ROF.



(ج)

(ب)

(الف)

شکل ۷: مقایسه جداسازی با روش انتخاب پارامتر پیشنهادی در مدل ROF، مدل VO با پارامتر ثابت و مدل ROF با پارامتر ثابت برای بافت تصویر Barbara، (الف) تصویر بافت در مدل ROF، (ب) تصویر بافت در مدل ROF و (ج) تصویر بافت با λ پیشنهادی در مدل ROF.



(ج)

(ب)

(الف)

شکل ۸: بزرگ شده قسمتی از تصویر بافت، (الف) روش ROF، (ب) روش VO و (ج) روش ROF با پارامتر وقتی پیشنهادی.

این تصویر به ابعاد 256×256 نرمالیزه می‌شود. سپس زیر-تصویرهای فیلترشده محاسبه می‌شوند. از هر زیر-تصویر دو پارامتر میانگین و انحراف معیار به‌عنوان ویژگی استخراج می‌شود. این ویژگی بر مبنای استاندارد MPEG-7 انتخاب و طراحی شده است [۳] و [۴]. بردار نمایه ویژگی‌های گابور ۶۰ بعدی است.

۵-۱-۳ ویژگی هیستوگرام راستای لبه

لبه، یک ویژگی مهم در بیان محتوای تصویر است. در استاندارد MPEG-7 برای نمایش توزیع لبه در تصویر، از هیستوگرام لبه استفاده می‌شود [۳] و [۴]. هیستوگرام توزیع لبه‌های محلی با ۸۰ کلاس در MPEG-7 به‌عنوان توصیف‌گر هیستوگرام لبه استاندارد شده است. برای بالابردن کارایی بازیابی به توزیع لبه در کل تصویر نیاز است زیرا توزیع محلی لبه‌ها برای بیان ویژگی‌های توزیع سراسری لبه‌های تصویر کافی نیستند. بنابراین دو نوع توزیع لبه دیگر نیز برای تصویر معرفی شده است [۲]: (الف) توزیع لبه سراسری و (ب) توزیع لبه نیمه‌سراسری. در استاندارد MPEG-7، نوع لبه، شامل یک لبه بدون جهت و ۴ لبه جهت‌دار در جهت‌های افقی، عمودی، ۴۵ درجه و ۱۳۵ درجه برای تشکیل هیستوگرام لبه تعریف شده‌اند. طول بردار ویژگی هیستوگرام لبه (ترکیب ویژگی‌های سراسری و نیمه‌سراسری) ۱۶۰ بعد است. برای مشاهده جزئیات مربوط به استخراج هیستوگرام لبه به [۲] مراجعه کنید.

و V به ترتیب به ۳ و ۳ بازه به‌طور خطی و یکنواخت چندی‌سازی^۱ شده (در کل تعداد ۵۴ بازه به سطوح رنگ اختصاص داده شده است) و ۶ بازه برای سطوح خاکستری در نظر گرفته می‌شود. از آنجا که در فضای رنگ HSV، پیکسل‌هایی که مقادیر S و V آنها کمتر از ۰.۲ است رنگی به نظر نمی‌آیند و مثل پیکسل‌های با سطوح خاکستری هستند، این بخش از فضای رنگ به‌عنوان سطوح خاکستری در نظر گرفته شده و به ۶ سطح حول محور V به‌طور خطی و یکنواخت چندی‌سازی می‌شود. در نهایت هیستوگرام رنگ با ۶۰ کلاس محاسبه می‌شود.

۵-۱-۲ ویژگی گابور

فیلترهای گابور به علت خاصیت تفکیک‌پذیری خوب و چندگانه در حوزه‌های مکان و فرکانس به‌عنوان ابزاری قوی در تحلیل بافت استفاده می‌شوند. در این تحقیق در مجموع از ۳۰ فیلتر گابور در ۵ مقیاس و ۶ جهت استفاده شده است. فرکانس مرکزی حداکثر، $128\sqrt{2}$ سیکل بر پهناهای تصویر و فرکانس مرکزی حداقل، $16\sqrt{2}$ سیکل بر پهناهای تصویر انتخاب شده‌اند. بنابراین مقدار ضریب مقیاس، ۲ خواهد بود. این فیلترها در ابعاد 256×256 پیکسل طراحی شده‌اند. برای نمایه‌سازی تصویر، در مرحله پیش‌پردازش از تصویر رنگی، تصویر خاکستری ساخته شده و

1. Quantize

ارائه می‌شود که در آن دقت بر حسب فراخوانی رسم شده است و به گراف دقت-فراخوانی یا گراف PR مشهور است. معیارهای دقت و فراخوانی به ترتیب از (۱۰) و (۱۱) محاسبه می‌شوند. معیار دقت بیانگر نسبت تعداد تصاویر مرتبط بازیابی شده به تعداد کل تصاویر بازیابی شده و معیار فراخوانی بیانگر نسبت تعداد تصاویر مرتبط بازیابی شده به کل تصاویر مرتبط درون پایگاه است. برای تشکیل گراف PR به ازای یک معیار عدم شباهت مشخص، به این نحو عمل می‌شود که به نوبت هر یک از تصاویر پایگاه به عنوان تصویر پرس و جو انتخاب شده و بازیابی تصویر از بین تصاویر پایگاه انجام می‌شود. در هر عمل بازیابی، تصاویر بازیابی شده رتبه‌بندی می‌شوند و معیارهای دقت و فراخوانی محاسبه می‌شود. در نهایت، میانگین این معیارها برای کل تصاویر محاسبه شده و به عنوان معیار نهایی برای مقایسه در نظر گرفته می‌شود

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

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

لازم به ذکر است که در این آزمایش‌ها از معیار عدم شباهت χ^2 برای محاسبه فاصله بردارهای ویژگی استفاده شده است [۳۰]. این معیار به صورت (۱۲) معرفی شده است. در این رابطه علاوه بر محاسبه فواصل بین بردارها در فضای ویژگی، فاصله بین دو بردار به نوعی نرمالیزه نیز می‌شود که طبق مشاهدات انجام شده، تأثیر خوبی بر نتایج دارد

$$d(\vec{F}, \vec{G}) = \sum_{i=1}^n \left(\frac{f_i - g_i}{f_i + g_i} \right)^2 \quad (12)$$

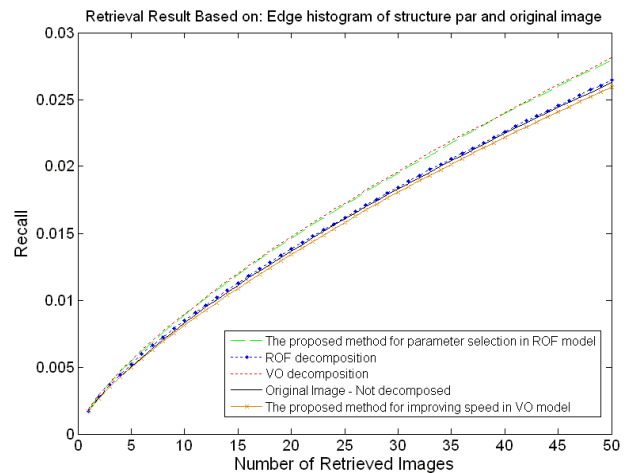
که در آن \vec{F} و \vec{G} بردارهای ویژگی به طول n هستند. برای تشکیل گراف PR برای هر یک از ویژگی‌ها، به این نحو عمل می‌شود که به نوبت هر یک از ۱۰۰۰۰ تصویر پایگاه به عنوان تصویر پرس و جو انتخاب شده و بازیابی تصویر از بین ۹۹۹۹ تصویر دیگر انجام می‌شود. در هر عمل بازیابی، تصاویر بازیابی شده از رتبه ۱ تا ۵۰ تعیین می‌شوند و معیارهای دقت و فراخوانی محاسبه می‌شود. در نهایت برای هر یک از ویژگی‌ها، میانگین این معیارها برای ۱۰۰۰۰ تصویر پرس و جو محاسبه شده و به عنوان معیار نهایی برای مقایسه در نظر گرفته می‌شود.

۳-۵ نتایج روش‌های پیشنهادی برای ویژگی‌های استخراج شده از بخش ساختار

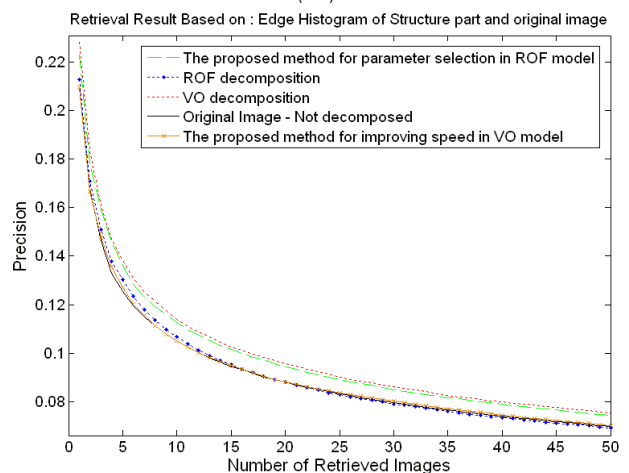
ویژگی‌های استخراج شده از بخش ساختار شامل هیستوگرام راستای لبه، هیستوگرام رنگ و ویژگی گابور روی تصویر ساختار، برای استخراج اطلاعات فرکانسی بخش ساختار می‌باشد. نتایج استفاده از این ویژگی‌ها که از بخش ساختار تصاویر پایگاه داده با روش‌های پیشنهادی به دست آمده است با نتایج حاصل از پایگاه داده اصلی مقایسه شده‌اند.

۳-۳-۱ ویژگی هیستوگرام راستای لبه از بخش ساختار

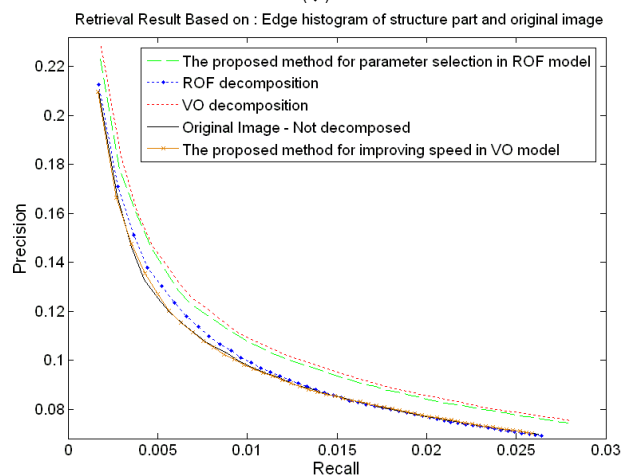
شکل ۹ نتایج بازیابی بر اساس هیستوگرام راستای لبه را برای تصاویر اصلی پایگاه داده و بخش ساختار تصاویر پایگاه داده که با روش‌های جداسازی VO، ROF، روش پیشنهادی برای افزایش سرعت در VO و روش پیشنهادی انتخاب وفقی پارامتر در ROF به دست آمده است، نشان می‌دهد.



(الف)



(ب)



(ج)

شکل ۹: مقایسه هم‌زمان ویژگی هیستوگرام لبه استخراج شده از تصویر اصلی و استخراج شده از بخش ساختار برای روش‌های جداسازی مورد آزمایش، (الف) گراف دقت، (ب) گراف فراخوانی و (ج) گراف دقت-فراخوانی.

۲-۵ معیار ارزیابی نتایج

برای ارزیابی روش‌های پیشنهادی از گراف‌های دقت^۱ و فراخوانی^۲ استفاده می‌شود. معیارهای دقت و فراخوانی از رایج‌ترین معیارهای ارزیابی در بازیابی تصویر هستند. اطلاعات این دو معیار به شکل یک گراف

1. Precision
2. Recall

طرف دیگر نتیجه به دست آمده برای روش انتخاب پارامتر وقتی پیشنهادی نتیجه‌ای بهتر از روش جداسازی ROF در بازیابی بر اساس هیستوگرام راستای لبه دارد که این نتیجه، تأییدکننده افزایش کارایی این روش جداسازی در حفظ لبه‌های بخش ساختار است. همچنین برای روش پیشنهادی به منظور افزایش سرعت در VO ملاحظه می‌شود که نتایج حاصل به نتایج استخراج هیستوگرام لبه از تصویر اصلی بسیار نزدیک است. زیرا در این روش، جداسازی فقط به پیکسل‌هایی اعمال می‌شود که در ناحیه بافت باشند. بنابراین بافت‌های ریز نزدیک لبه‌های بخش ساختار، به تصویر بافت منتقل نمی‌شوند و باقی‌ماندن آنها در تصویر ساختار تا حد زیادی همان اثر مخربی که برای تصویر اصلی وجود دارد، در استخراج ویژگی لبه از تصویر ساختار به جا می‌گذارد.

۵-۳-۲ ویژگی هیستوگرام رنگ از بخش ساختار

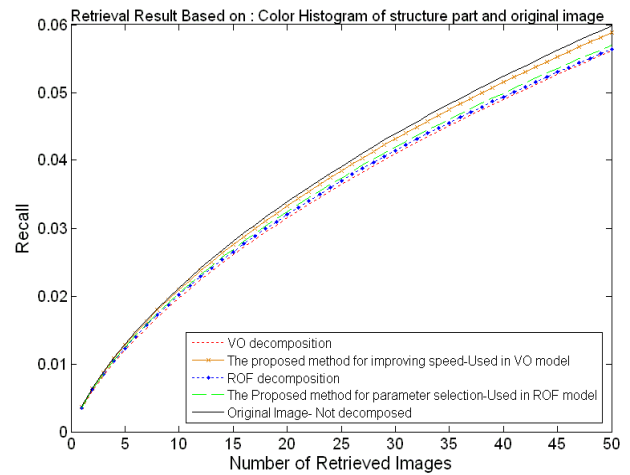
نتایج بازیابی بر اساس هیستوگرام رنگ برای جداسازی با روش‌های VO، ROF، روش پیشنهادی برای افزایش سرعت در VO و روش انتخاب وقتی پارامتر در ROF در شکل ۱۰ نشان داده شده است. نتایج آزمایش‌ها برای تصاویر جداسازی شده و تصاویر اصلی دقتی نزدیک به یکدیگر را نشان می‌دهد. اگر چه نویزهای بافتی موجود در بخش ساختار حذف شده‌اند، اما باید به این نکته توجه کرد که چندی‌سازی فضای رنگ باعث می‌شود به سختی بهبودی در ویژگی‌های هیستوگرام رنگ مشاهده شود. از طرف دیگر جداسازی تصویر می‌تواند باعث کاهش تعداد رنگ‌های تصویر ساختار شود که این منجر به حذف تفاوت‌های جزئی در رنگ‌های مختلف موجود در تصویر شده و در نتیجه دقت در بازیابی را کاهش می‌دهد. با این وجود افزایش دقت در روش‌های پیشنهادی برای افزایش سرعت و کیفیت نسبت به روش‌های VO و ROF دیده می‌شود.

۵-۳-۳ ویژگی گابور از بخش ساختار

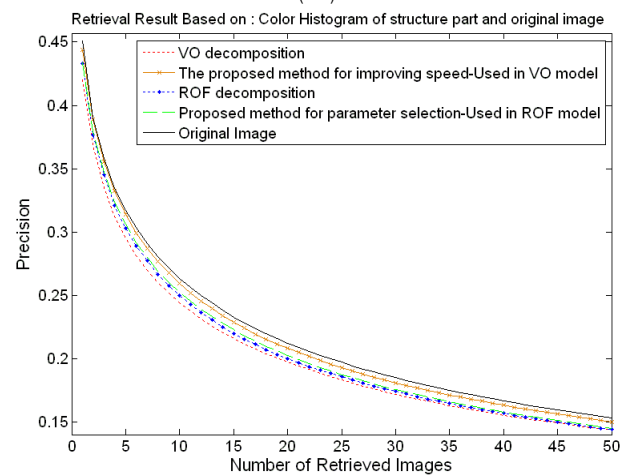
برای استخراج اطلاعات فرکانسی تصاویر از ویژگی گابور استفاده شده است. نتایج بازیابی بر اساس استخراج اطلاعات فرکانسی با استفاده از فیلتر گابور از تصویر اصلی و تصویر ساختار در شکل ۱۱ آمده است. نتایج ارائه‌شده در شکل ۱۱ ارزش اطلاعات فرکانسی موجود در بخش ساختار را در بازیابی تصویر نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که روش جداسازی ROF بدترین نتیجه و روش جداسازی VO بهترین نتیجه را در بازیابی بر اساس بردار ویژگی گابور به دست آمده از بخش ساختار نشان می‌دهند. دلیل این نتایج این است که روش جداسازی VO نسبت به ROF لبه‌های بخش ساختار را بهتر حفظ می‌کند. همچنین روش VO قادر به حفظ لبه‌های موجود در مرز نواحی دارای بافت نیز هست. این در حالی است که در روش ROF لبه‌های بخش ساختار بیشتر تضعیف می‌شوند. همچنین ملاحظه می‌شود که جداسازی با روش پارامتر وقتی پیشنهادی نتیجه بهتری نسبت به ROF دارد. این روش نیز در مرز نواحی بافت مانند روش ROF عمل می‌کند. بنابراین، کاهش دقت در بازیابی با این روش نسبت به روش VO قابل درک است. همچنین در مورد روش پیشنهادی برای افزایش سرعت در VO که جداسازی را با تمرکز در نواحی بافت انجام می‌دهد، ملاحظه می‌شود که به قیمت افزایش سرعت جداسازی، نتایج از روش VO ضعیف‌تر شده‌اند.

۵-۴ ویژگی‌های استخراج شده از بخش بافت

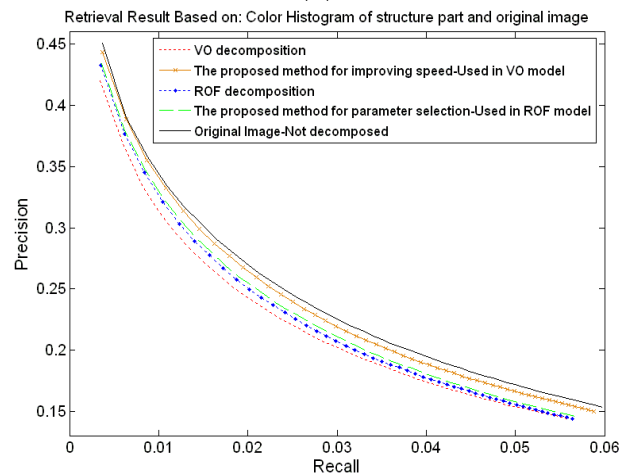
برای بخش بافت هم مانند بخش ساختار از ویژگی گابور برای استخراج اطلاعات استفاده شده است. نتایج بازیابی برای ویژگی‌های گابور تصویر اصلی و تصویر بافت در شکل ۱۲ نشان داده شده است.



(الف)



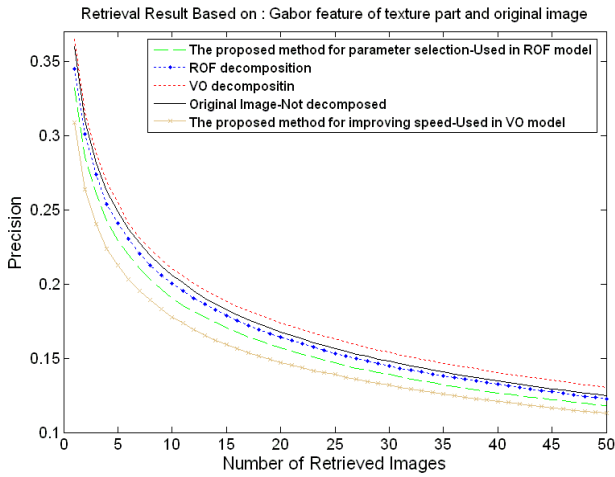
(ب)



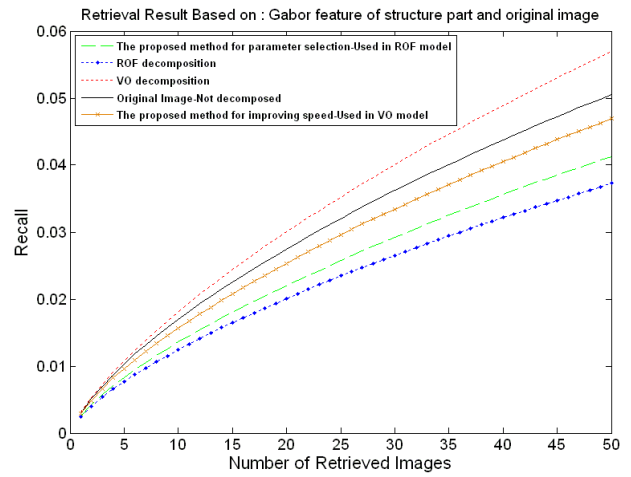
(ج)

شکل ۱۰: مقایسه هم‌زمان ویژگی هیستوگرام لبه استخراج شده از تصویر اصلی و استخراج شده از بخش ساختار برای روش‌های جداسازی مورد آزمایش، (الف) گراف دقت، (ب) گراف فراخوانی و (ج) گراف دقت- فراخوانی.

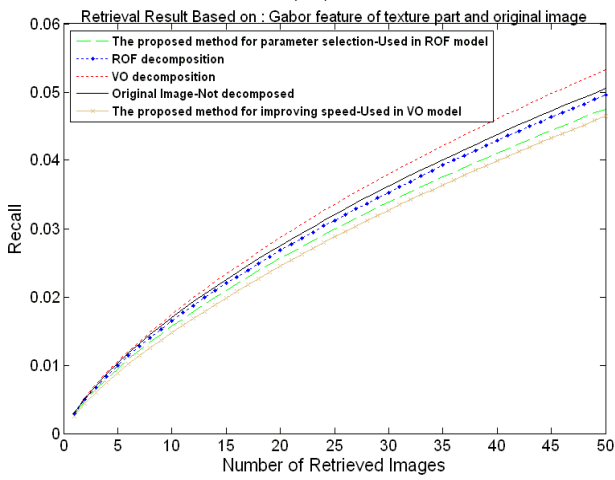
با توجه به شکل ۹ ملاحظه می‌شود که همه روش‌های جداسازی مورد آزمایش، نتیجه بهتری در بازیابی بر اساس هیستوگرام راستای لبه نسبت به استخراج هیستوگرام لبه از تصویر اصلی می‌دهند. این موضوع به ویژه در مورد روش جداسازی ROF که از نظر حفظ لبه‌های ساختار ضعیف عمل می‌کند قابل توجه است. بهبود نتیجه بازیابی بر اساس هیستوگرام راستای لبه به خوبی تأییدکننده ایده اصلی به کار رفته در این مقاله است. زیرا همان طور که قبلاً اشاره شد، بافت ذاتی موجود در تصویر می‌تواند در استخراج ویژگی‌های مربوط به بخش ساختار مانند نویز عمل کند. از



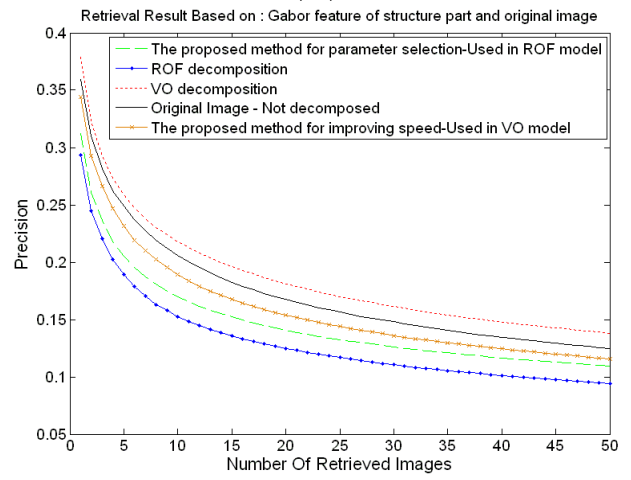
(الف)



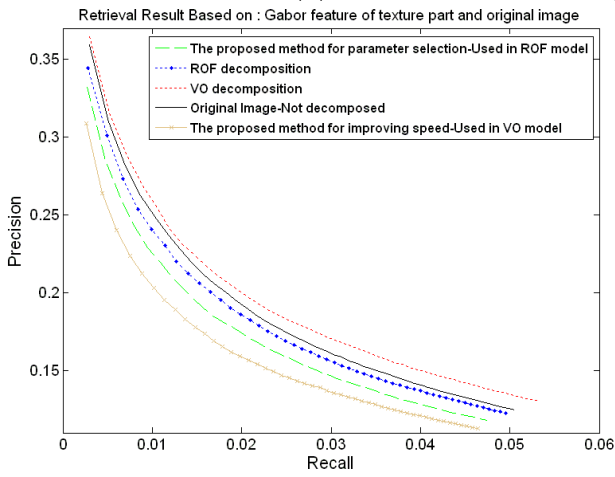
(الف)



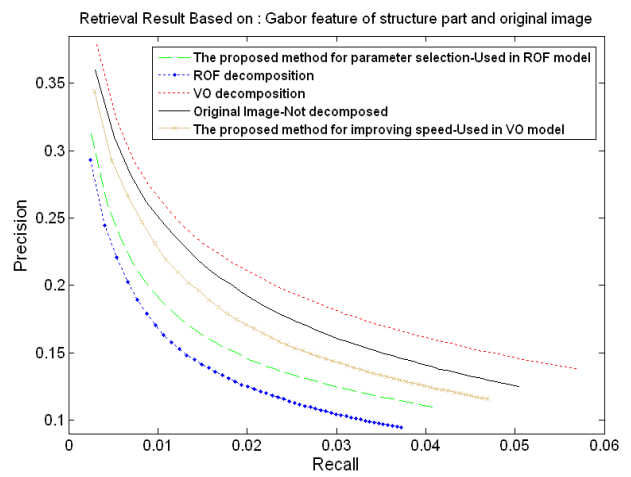
(ب)



(ب)



(ج)



(ج)

شکل ۱۲: مقایسه هم‌زمان ویژگی گابور استخراج‌شده از تصویر اصلی و استخراج‌شده از بخش بافت تصویر برای روش‌های جداسازی مورد آزمایش، (الف) گراف دقت، (ب) گراف فراخوانی و (ج) گراف دقت-فراخوانی.

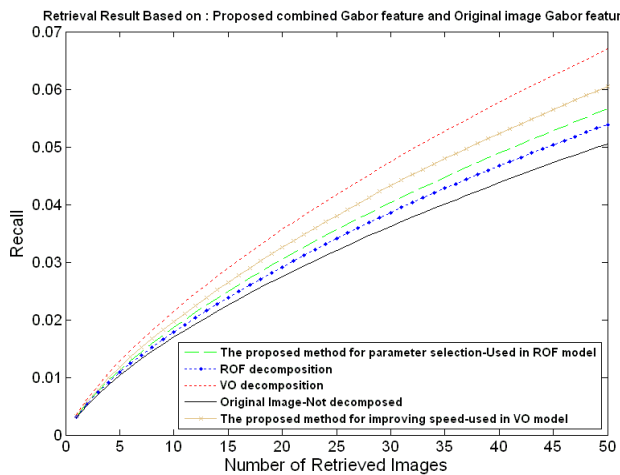
شکل ۱۱: مقایسه هم‌زمان ویژگی گابور استخراج‌شده از تصویر اصلی و استخراج‌شده از بخش ساختار تصویر برای روش‌های جداسازی مورد آزمایش، (الف) گراف دقت، (ب) گراف فراخوانی و (ج) گراف دقت-فراخوانی.

زیاد لبه‌های بخش ساختار، بخش مهمی از اطلاعات فرکانسی تصویر حذف می‌شوند. بنابراین افت دقت بازیابی برای این روش نسبت به روش ROF قابل درک است.

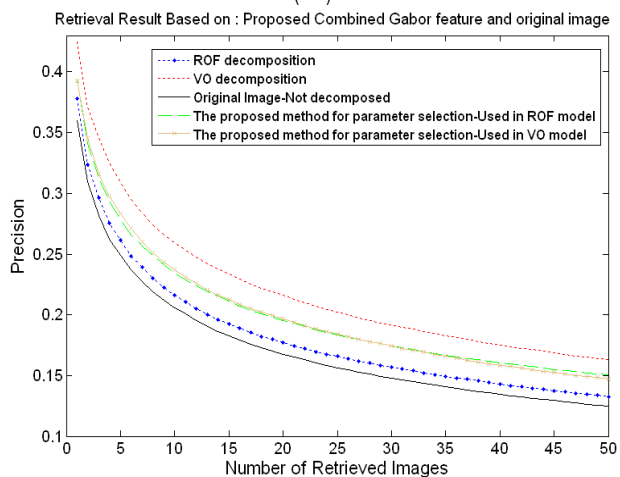
۵-۵ روش پیشنهادی برای استفاده هم‌زمان از اطلاعات فرکانسی بافت و ساختار

همان طور که در بخش ۳ اشاره شد، یک راهکار پیشنهادی برای افزایش دقت سامانه بازیابی تصویر، جداسازی تصویر به مؤلفه‌های بافت و

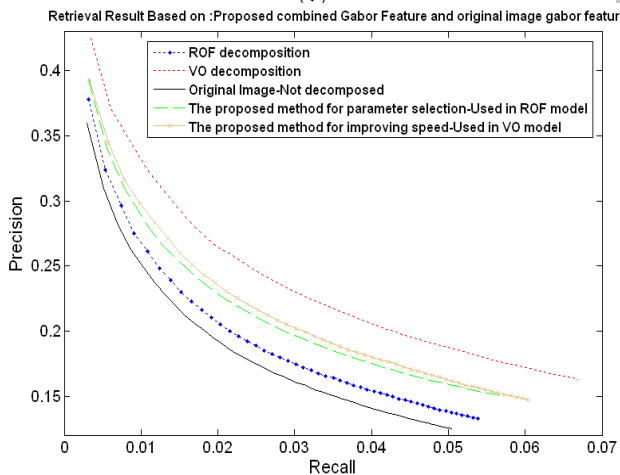
بردار ویژگی گابور به دست آمده از بخش بافت برای همه روش‌های جداسازی مورد آزمایش نتایجی ضعیف‌تر از بردار ویژگی گابور به دست آمده از تصویر اصلی دارد. هر چند برای روش جداسازی VO حدود ۰٫۵٪ افزایش دقت مشاهده شده است. علت این است که در تصاویر بافت، لبه‌های ساختار که بخش مهمی از اطلاعات فرکانسی تصویر را در خود دارند، تضعیف شده‌اند. همچنین اثر حذف لبه‌های بخش ساختار از تصویر بافت در روش پیشنهادی برای افزایش سرعت در VO و در روش تنظیم وقتی پارامتر در ROF، در شکل ۱۲ به خوبی دیده می‌شود. با تضعیف



(الف)



(ب)

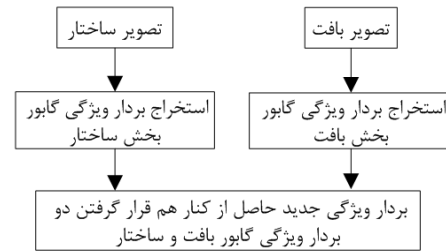


(ج)

شکل ۱۴: مقایسه هم‌زمان بردار ویژگی گابور ترکیبی پیشنهادی استخراج‌شده از بافت و ساختار و بردار گابور استخراج‌شده از تصویر اصلی برای روش‌های جداسازی مورد آزمایش، (الف) گراف دقت، (ب) گراف فراخوانی و (ج) گراف دقت-فراخوانی.

مراجع

- [1] Y. Liu, D. Zhang, G. Lu, and W. Ma, "A survey of content-based image retrieval with high-level semantics," *Pattern Recognition*, vol. 40, no. 1, pp. 262-282, Jan. 2007.
- [2] J. Aujol, G. Gilboa, T. Chan, and S. Osher, "Structure-texture image decomposition - modeling, algorithms, and parameter selection," *Int. J. of Computer Vision*, vol. 67, no. 1, pp. 111-136, Apr. 2006.
- [3] S. F. Chang, T. Sikora, and A. Purl, "Overview of the MPEG-7 standard," *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 11, no. 6, pp. 688-695, Jun. 2001.



شکل ۱۳: تولید بردار ویژگی جدید از بردار ویژگی‌های بخش بافت و ساختار.

ساختار و استفاده هم‌زمان از اطلاعات فرکانسی هر دو بخش است. برای این منظور اطلاعات فرکانسی تصاویر بافت و ساختار به‌طور جداگانه با استفاده از فیلتر گابور استخراج می‌شوند. به این ترتیب دو بردار ویژگی، یکی برای تصویر بافت و یکی برای تصویر ساختار به‌دست می‌آید. اطلاعات فرکانسی بخش ساختار در واقع اطلاعات فرکانسی لبه‌های تصویر هستند که در بخش بافت تضعیف شده‌اند و اطلاعات فرکانسی بافت شامل اجزای ریز مقیاس تصویر هستند که در بخش ساختار وجود ندارند. برای استفاده هم‌زمان از اطلاعات فرکانسی موجود در بخش بافت و ساختار، می‌توان بردارهای ویژگی گابور بخش بافت و ساختار را کنار هم قرار داد و یک بردار ویژگی جدید برای بازیابی ایجاد کرد (شکل ۱۳).

نتایج بازیابی بر اساس اعمال بردار ویژگی حاصل از ترکیب بردار گابور بخش بافت و ساختار در شکل ۱۴ نشان داده شده‌اند.

با توجه به شکل ۱۴ ملاحظه می‌شود جداسازی تصویر به مؤلفه‌های بافت و ساختار و ترکیب بردار ویژگی گابور به‌دست آمده از این دو مؤلفه بهترین نتیجه را برای همه روش‌های جداسازی مورد آزمایش در بازیابی می‌دهد. بردار ویژگی گابور ترکیبی، حاوی اطلاعات فرکانسی بافت و ساختار به‌صورت هم‌زمان است. هر یک از این دو بردار بدون وجود اطلاعات بخش دیگر محاسبه شده و دوباره به‌صورت یک بردار واحد با هم ترکیب شده‌اند. افزایش دقت برای روش جداسازی VO با بردار گابور ترکیبی پیشنهادی به مقدار ۶/۵٪، برای روش جداسازی ROF به مقدار ۱/۸٪ و برای روش‌های انتخاب پارامتر وقتی پیشنهادی و روش پیشنهادی برای افزایش سرعت به مقدار ۳/۳٪ نسبت به ویژگی گابور استخراج‌شده از تصاویر اصلی مشاهده می‌شود.

۶- جمع‌بندی

در این تحقیق راهکار جدیدی برای بهبود روش‌های استخراج ویژگی در سیستم بازیابی تصویر بر اساس محتوا با استفاده از جداسازی تصویر به مؤلفه‌های بافت و ساختار ارائه شد. جداسازی تصاویر به بافت و ساختار و استخراج ویژگی از هر بخش برای ویژگی‌های هیستوگرام لبه، هیستوگرام رنگ و گابور مورد بررسی قرار گرفت. همچنین برای جبران سربار محاسباتی فرایند جداسازی تصویر، روش‌هایی برای ایجاد مصالحه بین سرعت و کیفیت جداسازی مطرح شد و نتایج این روش‌ها در سیستم بازیابی با روش‌های اصلی ROF و VO مقایسه شد. برای استفاده هم‌زمان از همه اطلاعات فرکانسی تصاویر بافت و ساختار، بردار ویژگی جدیدی با ترکیب بردارهای ویژگی گابور بخش بافت و ساختار پیشنهاد شد که باعث افزایش دقت قابل ملاحظه‌ای در بازیابی تصویر می‌شود.

۷- سپاس‌گزاری

این تحقیق از پشتیبانی مالی مرکز تحقیقات مخابرات ایران در چارچوب قرارداد شماره ۴۸۲۴/۵۰۰/ت مورخ ۱۳۸۸/۳/۲۷ بین دانشگاه شهید بهنیر کرمان و آن مرکز محترم برخوردار بوده است.

- [23] J. Z. Wang, J. Li, and G. Wiederhold, "SDIMPLIcity: semantic sensitive integrated matching for picture libraries," *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 23, no. 9, pp. 142-147, Sep. 1999.
- [۲۴] ش. شمسی‌گوشکی، بازیابی تصاویر رنگی بر پایه محتوا با استفاده از روش‌های چندپرسی و بازخورد ربط، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید باهنر کرمان، اردیبهشت ۱۳۸۹.
- [۲۵] ح. نظام آبادی پور و ا. کبیر، "ارزیابی معیارهای عدم شباهت در بازیابی و طبقه‌بندی تصویر،" فصلنامه فنی و مهندسی مدرس، ش. ۲۲، صص. ۸۹-۹۸، زمستان ۱۳۸۴.
- [۲۶] س. حیاتی، س. سریزدی، ح. نظام آبادی پور و ا. شمسی، "رهیافتی جدید برای نماه‌سازی تصاویر بر اساس تجزیه تصویر،" یازدهمین کنفرانس سالانه انجمن کامپیوتر ایران، تهران، اسفند ۱۳۸۸.
- [۲۷] س. حیاتی، جداسازی تصویر به مؤلفه‌های بافت و ساختار برای بازیابی تصویر بر اساس محتوا، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید باهنر کرمان، تیر ۱۳۸۹.
- [28] F. Zhang, X. Ye, and W. Liu, "Image decomposition and texture segmentation via sparse representation," *IEEE Signal Processing Letters*, vol. 15, pp. 641-644, 2008.
- [29] M. Bertalmio, L. Vese, G. Sapiro, and S. Osher, "Simultaneous structure and texture image inpainting," *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 12, no. 8, pp. 882-889, Aug. 2003.
- [30] K. Singh, M. Ma, D. W. Park, and S. An, "Image indexing based on MPEG-7 scalable color descriptor," *Key Engineering Material*, vol. 277-279, pp. 375-382, 2005.
- سعید حیاتی مدرک کارشناسی خود را در رشته‌ی مهندسی کامپیوتر در سال ۱۳۸۶ از دانشگاه صنعتی اصفهان و مدرک کارشناسی ارشد برق - مخابرات را از دانشگاه شهید باهنر کرمان در سال ۱۳۸۹ دریافت نموده است. زمینه‌های تحقیقاتی مورد علاقه‌ی او پردازش تصویر، بازیابی تصویر و پردازش سیگنال است.
- سعید سریزدی کارشناسی مهندسی الکترونیک و کارشناسی ارشد مهندسی مخابرات گرایش سیستم خورش را به ترتیب در سال‌های ۱۳۶۴ و ۱۳۶۶ از دانشگاه صنعتی اصفهان و مدارک D.E.A در زمینه پردازش سیگنال و دکترا در زمینه پردازش تصویر را از دانشگاه Rennes فرانسه به ترتیب در سال‌های ۱۳۷۳ و ۱۳۷۶ دریافت کرد. وی هم‌اکنون عضو هیات علمی دانشگاه شهید باهنر کرمان است. زمینه‌های پژوهشی مورد علاقه او مورفولوژی ریاضی، بازیابی تصویر، واترمارکینگ دیجیتال و کاربرد معادلات دیفرانسیل پارامتری در پردازش تصویر است.
- حسین نظام‌آبادی پور تحصیلات خود را در دوره کارشناسی مهندسی برق - الکترونیک در دانشگاه شهید باهنر کرمان در سال ۱۳۷۷ و در مقاطع کارشناسی ارشد و دکتری مهندسی برق - الکترونیک از دانشگاه تربیت مدرس به ترتیب در سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۸۳ به پایان رسانده است. وی هم‌اکنون استاد بخش مهندسی برق دانشگاه شهید باهنر کرمان است. زمینه‌های پژوهشی مورد علاقه‌ی او پردازش تصویر، بازشناسی الگو، کاربرد رایانش نرم در پردازش تصویر و روشهای بهینه‌سازی ابتکاری است.
- [4] L. Rudin, S. Osher, and E. Fatemi, "Nonlinear total variation based noise removal algorithm," *Physica*, vol. 60, no. 1-4, pp. 259-268, Nov. 1992.
- [5] Y. Meyer, *Oscillating Pattern in Image Processing and Nonlinear Evolution Equations*, the 15th Dean Jacqueline B. Lewis Memorial Lectures, 2002.
- [6] L. Vese and S. Osher, "Modeling texture with total variation minimization and oscillating patterns in image processing," *J. of Scientific Computing*, vol. 19, no. 1-3, pp. 553-572, Dec. 2003.
- [7] L. Vese, S. Osher, "Color texture modeling and color image decomposition in variational PDE approach," in *Proc. of the Eighth Int. Symp. on Symbolic and Numeric Algorithms for Scientific Computing, SYNASC'06*, pp.103-110, 2006.
- [8] P. Clough, M. Grubinger, A. Hangury, and H. Muller, "Overview of the imageclef 2007 photographic retrieval task," in *Proc. CLEF 2007 Workshop, LNCS, Budapest, Hungary*, pp. 445-471, 2008.
- [9] R. Shahidi and C. Moloney, "Decorrelating structure and texture components of a variational decomposition," *IEEE Trans. on Image Processing*, vol. 18, no. 2, pp. 299-309, Feb. 2009.
- [10] R. Shahidi and C. Moloney, "Variational textured image decomposition with improved edge segregation," in *Proc. IEEE Int. Conf. on Image Processing, ICIP'06*, pp. 1569-1572, 8-11 Oct. 2006.
- [11] J. Murong, K. Huiling, W. Qian, and C. Yunmei, "Adaptive parameter computing on structure-texture image decomposition," in *Proc. Int. Conf. on Computer Science and Software Engineering*, pp. 371-373, 12-14 Dec. 2008.
- [12] K. A. Patwardhan and G. Sapiro, "Automatic image decomposition," in *Proc. IEEE Int. Conf. on Image Processing, ICIP'04*, vol. 1, pp. 645-648, Sep. 2004.
- [13] S. J. Osher, A. Sole, and L. A. Vese, "Image decomposition and restoration using total variation minimization and the H-1 norm," *Sci. Multiscal Model. Simul.*, vol. 1, no. 3, pp. 349-370, 2003.
- [14] T. Sikora, "The MPEG-7 visual standard for content description - an overview," *IEEE Trans. on Circuit and System for Video Technology*, vol. 11, no. 6, pp. 696-702, Jun. 2001.
- [15] J. Winn, A. Criminisi, and T. Minka, "Object categorization by learned universal visual dictionary," in *Proc. IEEE Intl. Conf. on Computer Vision*, vol. 2, pp. 1800-1807, Beijing, China, Oct. 2008.
- [16] F. Magouyres, "Mathematical analysis of model which combines total variation and wavelet for image restoration," in *Proc. Workshop on Image Processing and Related Mathematical Topics*, 10 pp., 2002.
- [17] I. Daubechies and G. Teschke, "Variational image restoration by means of wavelets: simultaneous decomposition, deblurring and denoising," *App. Comp. Harmonic Analysis*, vol. 19, no. 1, pp. 1-17, Jul. 2005.
- [18] D. K. Park, Y. S. Jeon, and C. S. Won, "Efficient use of local edge histogram descriptor," in *Proc. 2000 ACM workshops on Multimedia*, pp. 51-54, 2000.
- [19] J. Z. Wang, J. Li, D. Chan, and G. Wiederhold, "Semantics - sensitive retrieval for digital picture libraries," *Digital Library Magazine*, vol. 5, no. 11, Nov. 1999.
- [20] D. Paquin, D. Levy, E. Schreibmann, and L. Xing, "Multiscale image registration," *Math. Biosci. Eng.*, vol. 3, pp. 389-418, 2006.
- [21] A. Yamada, M. Pickering, S. Jeannin, L. Cieplinski, J. R. Ohm, and M. Editors, Eds., "MPEG - 7 visual part of experimentation model version 8.0," ISO/IEC JTC1/SC29/WG11/N3673, Oct. 2000.
- [22] B. S. Manjunath, J. R. Ohm, V. V. Vasudevan, and A. Yamada, "MPEG-7 color and texture descriptors," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 11, no. 6, pp. 703-715, Jun. 2001.