

بازنمایی گل‌های قالی با استفاده از تبدیل‌های موجک و فوریه-ملین

مجید خداکرمی سرنجگه^۱ و احسان‌اله کبیر^۲

۱- کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه تربیت مدرس - تهران - ایران

micromajid84@yahoo.com

۲- استاد، دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه تربیت مدرس - تهران - ایران

kabir@modares.ac.ir

چکیده: در این مقاله، به بازنمایی و توصیف گل‌های قالی می‌پردازیم. مجموعه گل‌های موجود در چهارده کلاس طبقه‌بندی می‌شوند. از آنجایی که گل‌ها دارای چرخش، تغییر مقیاس و انتقال هستند، توصیفگر مطلوب باید نسبت به این تغییرات پایا باشد. در این مقاله از دو توصیفگر موجک و فوریه-ملین استفاده شده است. در توصیفگر موجک از انحراف معیار مقدار عناصر زیرباندها استفاده شده است. برای ارزیابی توصیفگرهای به کار رفته، گل‌ها را بازنمایی می‌کنیم. برای بازنمایی از روش نزدیکترین همسایه استفاده شده که بیشترین نرخ بازنمایی با معیار فاصله مانهاتان به دست آمد. برای روشی که قبلاً براساس کانتور گل‌ها و توصیفگر فوریه بوده، نرخ بازنمایی ۶۹٫۴ درصد گزارش شده است. در روش فوریه-ملین که جزئیات داخلی نیز مد نظر بود، نرخ بازنمایی ۸۱٫۵ درصد حاصل شد.

واژه‌های کلیدی: تبدیل فوریه-ملین، تبدیل موجک، تصویر دودویی، فرش، گل قالی، ویژگی‌های پایا.

۱- مقدمه

(انمونه‌هایی از آرایه‌های تشکیل دهنده شکل (۱)، به صورت جداگانه نشان داده شده است.

چنانچه هریک از این آرایه‌ها توسط رایانه شناخته شوند، با استفاده از این شناخت و ترکیب آن با رنگ‌های مورد استفاده در قالی و همچنین طرح‌های مورد استفاده، می‌توان نقشه قالی را به صورت خودکار تحلیل کرد؛ مثلاً می‌توان با داشتن فایل‌های تصویری مختلف نقشه‌های قالی ایران مشخص کرد که هر تصویر متعلق به کدام مرکز قالیبافی ایران است و یا با ترکیب آرایه‌ها و اضافه کردن و یا جایگزین کردن آن در طرحی از قالی، طرح نو دیگری را به وجود آورد و همچنین، روش‌های دیگری که هنگامی که راه شناخت و تحلیل آرایه‌ها به صورت خودکار باز شد، می‌توانند ایجاد و استفاده شوند [۴].

برای انجام پردازش بر روی نقشه قالی، فرض می‌شود که نقشه قالی از ترکیب آرایه‌های مختلف تشکیل شده است و از قرار گرفتن این آرایه‌ها کنارهم، باغی ایرانی برای نقشه قالی شکل گرفته است. هنگام طراحی نقشه قالی معمولاً آن را به چند قسمت تقسیم می‌کنند که در شکل (۱)، یک قسمت از ۶ قسمت نقشه یک قالی نشان داده شده است. این نقشه از مجموعه‌ای از گل‌ها، برگ‌ها و شاخه‌هایی که آنها را به هم پیوند می‌دهند، تشکیل شده است که هریک از این عناصر به تنهایی آرایه خوانده می‌شود. در شکل

تاریخ ارسال مقاله : ۱۳۹۱/۰۳/۲۲

تاریخ پذیرش مقاله : ۱۳۹۲/۰۱/۲۷

نام نویسنده مسئول : مجید خداکرمی سرنجگه

نشانی نویسنده مسئول : ایران- تهران - دانشگاه تربیت مدرس -

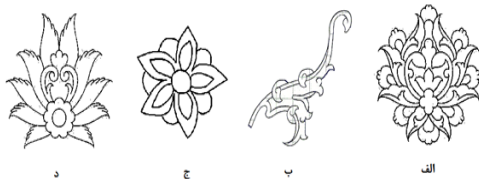
دانشکده فنی و مهندسی.

بازنمایی گل‌های قالی با استفاده از تبدیل‌های موجک و فوریه-ملین

موجک، توصیفگر^۲ WFMT نامیده می‌شود [۱۴] که در این مقاله از آن استفاده می‌شود. از تبدیل موجک برای مقاوم شدن در مقابل نویز و اعوجاج استفاده شده است [۱۴]. همچنین، به علت کاهش ابعاد تصویر توسط تبدیل موجک، سرعت پردازش نیز افزایش می‌یابد.

۲- مروری بر کارهای دیگران

در زمینه بازنمایی گل قالی، غالبی از توصیفگر فوریه بر روی کانتور گل استفاده کرده است [۴]. اما در زمینه توصیفگری که شامل جزئیات داخلی گل قالی نیز باشد تاکنون کاری انجام نشده است. کارهایی که به نظر می‌رسد بیشترین تشابه را با این کار داشته باشند، بازنمایی لوگو، اثر انگشت، کف دست و از این قبیل است. نمونه ای از گل‌های مورد نظر ما در شکل نشان داده شده است.



شکل (۳): نمونه گل‌های قالی؛ (الف و د) گل شاه عباسی؛ (ب) گل اسلیمی و (ج) گل نرگس.

کارهایی که روی لوگو انجام شده است، عمدتاً دو روش هستند که برخی براساس کانتور هستند که مناسب کار ما نیستند و برخی که بر اساس ناحیه هستند، برای داده‌های ما کارایی ندارند. کاری که از نظر جزئیات، بیشترین شباهت را به کار ما دارد، بازنمایی اثر انگشت است و روش کار در این مقاله بر اساس ایده‌هایی است که از روش‌های به کار برده شده برای اثر انگشت گرفته شده است.

یکی از روش‌هایی که برای کار ما مناسب است استخراج ویژگی از زیر باندهای تبدیل موجک است. در سال ۲۰۰۳ هنری سلواراج^۳ [۱۸] از این روش برای بازشناسی اثر انگشت استفاده کرده است. در سال ۲۰۰۱ ماریوس تیکو^۴ [۲۰] با استفاده از موجک‌های مختلف و دسته بند k-NN نرخ بازشناسی نسبتاً خوبی به دست آورده



شکل (۱): قسمتی از یک نقشه دستی قالی [۴].



شکل (۲): نمونه‌هایی از آرایه‌های موجود در نقشه قالی شکل

(۱) الف) شکوفه؛ (ب) غنچه؛ (ج) گل شاه عباسی و (د) نیم

برگ [۴].

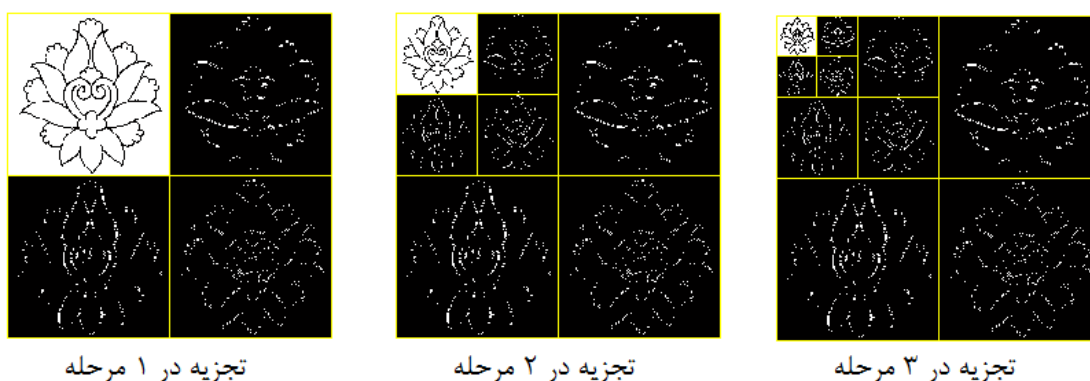
یکی از کاربردهای مهم توصیف تصویر، جستجوی یک تصویر در بین مجموعه تصاویر است. معمولاً علاقه مندیم که توصیفگر انتخابی، در مقابل تغییرات مقیاس، چرخش و جابه‌جایی مقاوم باشد. همچنین، روشی که در عین سادگی، توصیف مناسبی برای شکل‌های مورد نظر ما داشته باشد ارجح و برتر است. تبدیل موجک نسبت به چرخش، انتقال و تغییر مقیاس حساس است. برای پایا شدن در مقابل این تغییرات از خروجی تبدیل موجک ویژگی‌های مناسبی استخراج می‌شود. از تبدیل فوریه برای حذف اثر انتقال و از تبدیل ملین برای حذف اثر چرخش و تغییر مقیاس استفاده می‌شود. این دو تبدیل در کنار هم به اختصار^۱ FMT نامیده می‌شوند. تئوری این تبدیل در [۱۲، ۱۳] شرح داده شده است. این روش در مقایسه با روش‌های دیگر کمترین پیش پردازش را نیاز دارد. مجموعه توصیفگر FMT با تبدیل

سرعت پردازش خوبی داشته است. در سال ۲۰۰۳ جین^۹ در یک مقاله به طور مفصل این روش را تشریح کرده است [۱۴]. برای بازشناسی نیز از دسته بند k -NN و فاصله اقلیدسی استفاده شده است. همچنین، در سال ۲۰۰۹، چنگ^{۱۰} از تبدیل‌های گابور و موجک برای استخراج بردار ویژگی از اثر انگشت استفاده کرده است [۲۵].

۳- معرفی توصیفگرهای انتخاب شده

توصیفگر اول که بر مبنای استخراج ویژگی از زیر باندهای تبدیل موجک است، بدین صورت است که ابتدا تصویر را با استفاده از تبدیل موجک تا چند مرحله تجزیه می‌کنیم. در در شکل (۴) مراحل تجزیه تا سه مرحله نشان داده شده است.

است. در سال ۲۰۱۰ سانجکار^۵ نیز با استفاده از موجک هار از همین روش در بازشناسی اثر انگشت استفاده کرده است [۲۱]. در [۲۲] نیز این روش به کار برده شده است. روش دیگر استفاده از تبدیل موجک و تبدیل فوریه-ملین است. در سال ۲۰۰۸ اسماعیل^۷ و رمضان^۸ از این روش برای بازشناسی اثر انگشت استفاده کرده اند [۲۳]. در اینجا به جای اینکه در ابتدا از تصویر تبدیل موجک گرفته شود، از خروجی تبدیل فوریه-ملین تبدیل موجک گرفته شده است و در انتها از دسته بند k -NN برای دسته بندی استفاده شده است. در سال ۲۰۰۷ نبیل^{۱۱} از این روش برای تطابق اثر انگشت استفاده کرده است [۲۴]. همچنین در کنار فوریه-ملین، ویژگی‌های انحراف معیار زیر باندهای موجک و انرژی تصویر نیز در بازشناسی به کار برده شده است. نبیل با به کار گرفتن این روش به نرخ بازشناسی نسبتاً بالا و



تجزیه در ۱ مرحله

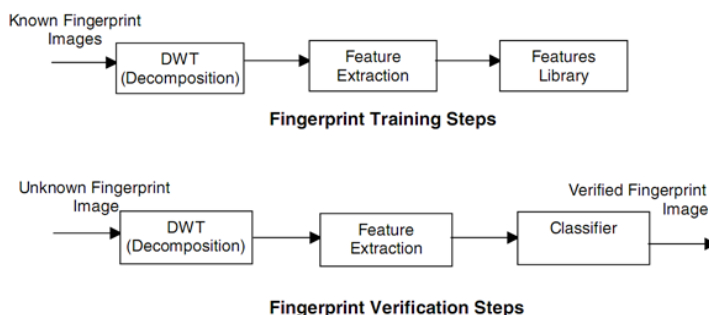
تجزیه در ۲ مرحله

تجزیه در ۳ مرحله

شکل (۴): اعمال تبدیل موجک با پایه دابیشی ۲ بر روی گل قالی تا مرحله سوم.

را تجزیه کنیم، به تعداد ۴ زیر باندها می‌رسیم. در هر زیرباند، دو ویژگی میانگین و انحراف معیار زیرباند حساب می‌شود و با استفاده از یک دسته بند تصاویر دسته بندی می‌شوند. دیاگرام این روش در شکل نشان داده شده است.

پس از تجزیه توسط موجک از زیر باندهای به دست آمده (یعنی LLk , LHk , HLk , HHk); در اینجا برای $k=1,2,3$ برای استخراج ویژگی استفاده می‌کنیم. در هر مرحله تعداد چهار زیرباند داریم و اگر تا مرحله ۳م تصویر



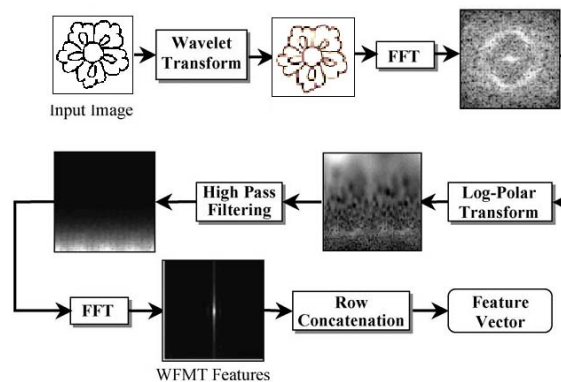
شکل (۵): استخراج ویژگی با زیر باندهای تبدیل موجک [۲۲].

بازنمایی گل‌های قالی با استفاده از تبدیل‌های موجک و فوریه-ملین

فشرده می‌کند. سپس از تصویر به دست آمده تبدیل فوریه گرفته می‌شود. اندازه تبدیل فوریه در مقابل انتقال پایاست. با انتقال ماتریس اندازه تبدیل فوریه از مختصات کارتیزین به مختصات قطبی، چرخش در تصویر به انتقال بر روی محور زاویه تبدیل می‌شود و با لگاریتمی کردن محور شعاعی، تغییر مقیاس در تصویر به انتقال عمودی تبدیل می‌شود. در نتیجه، با انتقال به مختصات لگاریتمی-قطبی اثر چرخش و تغییر مقیاس به انتقال افقی و عمودی تبدیل می‌شود. با گرفتن اندازه تبدیل فوریه از خروجی این قسمت اثر انتقال از بین می‌رود. سپس از پشت سر هم قرار دادن سطرهای ماتریس حاصل، بردار ویژگی به دست می‌آید. نمودار مراحل اعمال این توصیفگر بر روی تصویر در شکل نشان داده شده است.

برای بهبود نرخ بازشناسی می‌توان ماتریس هم‌رخدادی^{۱۱} را برای زیرباندی که در مرحله اول تجزیه می‌شوند، حساب کرد. چند ویژگی حاصل از ماتریس‌های هم‌رخدادی مانند بیشینه احتمال^{۱۲}، تباین^{۱۳}، آنتروپی^{۱۴}، انرژی^{۱۵}، همگنی محلی^{۱۶} و برجستگی خوشه‌ای^{۱۷} توسط هارالیک^{۱۸} در سال ۱۹۷۳ معرفی شده اند [۱۹].

روش دیگری که در برابر تغییر مقیاس، چرخش و انتقال مقاوم است، استفاده از توصیفگر فوریه-ملین با موجک (WFMT) است. در این روش، ابتدا تصویر ورودی با استفاده از تبدیل موجک تجزیه می‌شود تا ابعاد تصویر، بدون اینکه لبه‌های محلی از بین برود، کاهش یابد. همچنین، با این کار، خروجی در مقابل نویز و اعوجاج نیز مقاوم می‌شود. در واقع، تبدیل موجک انرژی را در زیر ناحیه LL



شکل (۶): بلوک دیاگرام تولید ویژگی WFMT بر گرفته از [۱۹].

۴- معرفی مجموعه داده

برای تهیه مجموعه گل‌ها، از نقشه‌های دستی قالی، کتاب‌ها و مجلات استفاده شده است. بیشتر این داده‌ها از منابع مذکور رویش شده و برخی نیز از روی پشت قالی به صورت دستی کشیده شده‌اند. گل‌هایی که در دسترس بوده است، مجموعه‌ای است که غالبی آنها را جمع‌آوری کرده است [۴]. در پژوهشی که او انجام داده [۴] جزئیات داخلی گل‌ها حذف شده‌اند و تنها کانتور آنها مد نظر بوده است.

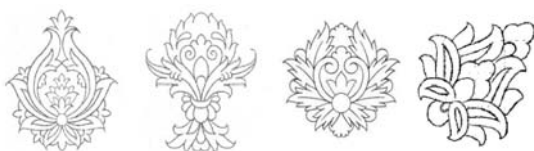
به دلیل اینکه پردازش‌های انجام شده روی داده برای به دست آوردن کانتور بوده، این پردازش‌ها برای کار ما مناسب نیست. بنابراین، در این مقاله با توجه به اینکه جزئیات داخلی مد نظر است، پردازش‌های مناسب را برای آماده

سازی تصاویر انجام می‌دهیم. همچنین، تعدادی گل نیز به مجموعه گل‌های جمع‌آوری شده اضافه شده است.

پس از جمع‌آوری داده توسط غالبی، با استفاده از نظرهای اساتید قالی، گل‌ها به چند شاخه و زیر شاخه تقسیم شده‌اند. در شکل ساختار بندی مجموعه نشان داده شده است. در این ساختار گل‌ها به چهارده زیر شاخه انتهایی تقسیم شده‌اند. آرایه‌ها به دو بخش اسلیمی و ختایی تقسیم شده است. شاخه اسلیمی دارای سه زیر بخش ماری، ساده و دهان‌اژدری است. شاخه ختایی دارای سه زیر بخش غنچه، برگ و گل‌هاست. زیر بخش غنچه دارای سه زیر بخش سه برگ، دو برگ و تک برگ است. زیر بخش برگ دارای سه زیر بخش نیمه برگ، کنگری و بادامی است. زیر بخش گل‌ها دارای دو زیر بخش شاه‌عباسی و گرد است.



شکل (۹): گل‌های رنگی که از کتاب‌ها رویش شده‌اند.



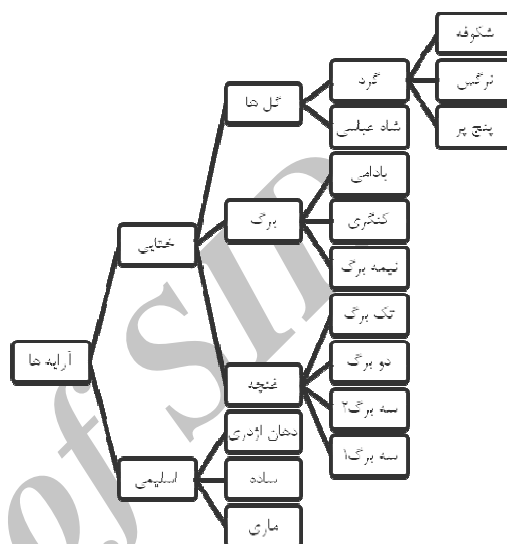
شکل (۱۰): گل‌های خاکستری که دارای لبه‌های واضحی

هستند و از مجلات رویش شده‌اند.

به این علت که عکس‌ها از منابع مختلف جمع آوری شده‌اند، اندازه آنها با هم یکی نیست. از آنجایی که در این مقاله بر روی خود تصویر کار می‌شود، برای استخراج ویژگی نیاز است عکس‌ها هم اندازه باشند. به همین علت، در ابتدا اندازه تمام عکس‌های اصلی رویش شده، به 256×256 تبدیل شد و در مرحله بعد گل‌های رنگی نیز به خاکستری تبدیل شدند.

در مرحله بعد، گل‌های بدون لبه‌های مشخص، خطوط خیلی کم رنگ و زمینه‌های شطرنجی برخی از عکس‌ها اصلاح شد که قسمت‌هایی از آن با تنظیم روشنایی و فیلتر کردن و قسمت‌هایی که خیلی خراب بودند، به طور دستی درست شدند. تا این مرحله گل‌ها خاکستری هستند و دارای نویز و لبه‌های اضافی هستند. همچنین، سطح روشنایی همه گل‌ها یکنواخت نیست. در این مرحله نیاز است که گل‌ها باینری شوند. پس از نویز زدایی، گل‌ها با آستانه گیری ساده باینری شدند. در شکل خروجی این مرحله نشان داده شده است که تصویر ورودی برای توصیفگر ماست.

زیر بخش گل گرد نیز دارای سه زیر بخش گل پنج‌پر، گل نرگس و گل شکوفه است. به این علت که گل‌های غنچه سه برگ دارای دو دسته‌ی متفاوت از هم هستند، این گل به دو کلاس تقسیم شد که در نهایت گل‌ها به چهارده کلاس تقسیم شدند.



شکل (۷): ساختار بندی مجموعه گل‌های قالی [۴].

برای اینکه گل‌ها برای الگوریتم ما قابل استفاده باشند پیش پردازش‌هایی بر روی آنها انجام شده است که در ادامه توضیح داده می‌شوند. برخی از گل‌های مجموعه از نقشه قالی رویش شده‌اند و به صورت دستی از زمینه قالی جدا شده‌اند که به نسبت کیفیت پایین تری دارند. در شکل نمونه این گل‌ها نشان داده شده است. برخی دیگر از عکس‌ها رنگی و از کتاب‌ها رویش شده بودند و کیفیت بالاتری دارند که نمونه این گل‌ها در شکل نشان داده شده است و برخی نیز از مجلات رویش شده‌اند که خطوط واضحی دارند و رنگی نیستند. چند نمونه از این گل‌ها نیز در شکل نشان داده شده است.



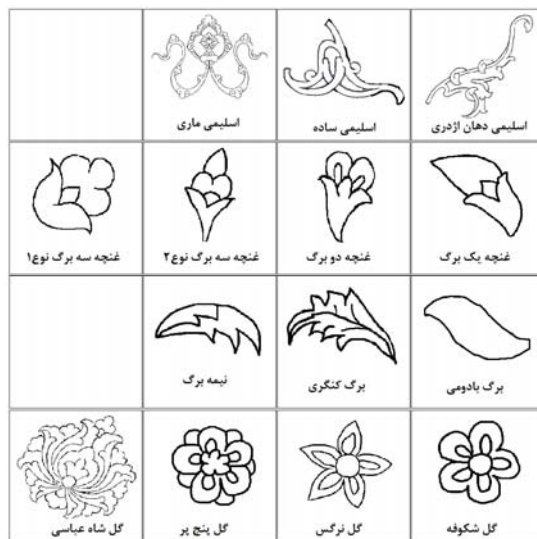
شکل (۸): گل‌های اولیه که از نقشه‌های قالی جدا شده‌اند.

بازنمایی گل‌های قالی با استفاده از تبدیل‌های موجک و فوریه-ملین

۵- نحوه بازنمایی و بازشناسی

برای بازنمایی، از توصیفگرهای موجک و WFMT استفاده می‌کنیم. همچنین برای به دست آوردن میزان کارایی توصیفگر از بازشناسی استفاده می‌کنیم. برای بازشناسی ابتدا برای هر کلاس چند نماینده انتخاب می‌شود و به ورودی توصیفگر داده می‌شود و خروجی حاصل از توصیفگر در پایگاه داده ذخیره می‌شود. نماینده‌ها از نمونه‌های یادگیری انتخاب می‌شوند. پس از اینکه پایگاه داده آماده شد، از نمونه‌های آزمایش نیز به توصیفگر داده می‌شود و خروجی آن با پایگاه داده مقایسه می‌شود و به هر کلاسی که نزدیک بود، به آن کلاس تخصیص می‌دهیم. برای ارزیابی نرخ بازشناسی از K-NN استفاده شد که بیشترین نرخ بازشناسی با معیار فاصله مانهاتان به دست آمد. برای $K > 2$ هر کلاس که بیشترین تخصیص را داشت به آن کلاس تعلق می‌گیرد و اگر دو کلاس به تعداد مساوی امتیاز آوردند کلاسی که میانگین فاصله کمتری دارد گل به آن اختصاص می‌یابد.

برای انتخاب نماینده به صورت زیر عمل می‌کنیم. ابتدا نمونه‌های یادگیری هر کلاس را با استفاده از الگوریتم K-Means به چند خوشه تقسیم می‌کنیم و اگر فاصله مرکز دو خوشه، از دو برابر فاصله دورترین داده خوشه کمتر باشد آن دو خوشه را یکی می‌کنیم، تا جایی که مراکز خوشه‌ها به اندازه کافی از هم فاصله داشته باشند. سپس از هر خوشه نمونه‌ای را که به میانگین نمونه‌های آن خوشه نزدیکتر است، به عنوان نماینده آن خوشه در نظر می‌گیریم و نماینده خوشه‌ها را به عنوان نماینده‌های آن کلاس در هنگام بازشناسی در نظر می‌گیریم. در نتیجه هر کلاس بیش از یک نماینده دارد. با این روش نماینده‌های مناسب برای هر کلاس انتخاب می‌شود که در شکل نشان داده شده‌اند.



شکل (۱۱): گل‌ها پس از تبدیل شدن به پایتری برای ۱۴ کلاس

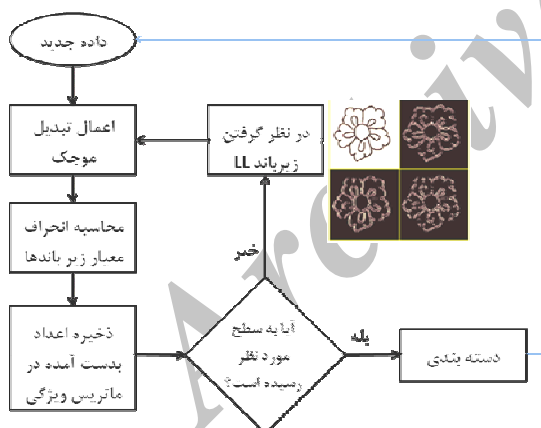
از تعداد نمونه موجود برای هر کلاس، نیمی از آنها به عنوان نمونه‌های یادگیری و نیمی دیگر به عنوان نمونه‌های آزمایش در نظر گرفته شده‌اند. در جدول تعداد نمونه‌های مربوط به هر آرایه، برای این مجموعه داده نشان داده شده است. برخی از گل‌ها تنوع کمتری دارند و برخی نیز مانند گل شاه‌عباسی از تنوع بیشتری برخوردارند و به همین جهت نمونه‌های بیشتری از آن تهیه شده است.

جدول (۱): تعداد نمونه‌های موجود از هر آرایه

آرایه	تعداد نمونه یادگیری	تعداد نمونه آزمایش
اسلیمی ماری	۱۴	۱۶
اسلیمی ساده	۱۹	۱۸
اسلیمی دهان‌آذری	۱۰	۱۱
غنچه سه برگ ۱	۲۶	۲۶
غنچه سه برگ ۲	۲۲	۲۲
غنچه دو برگ	۱۱	۱۱
غنچه تک برگ	۱۰	۱۰
نیمه برگ	۲۵	۲۷
برگ کنگری	۲۶	۲۹
برگ بادومی	۲۶	۲۸
گل شاه‌عباسی	۱۳۴	۱۴۶
گل پنج پر	۱۴	۱۶
گل نرگس	۱۰	۱۱
شکوفه	۲۶	۳۴
مجموع	۳۷۳	۴۰۵

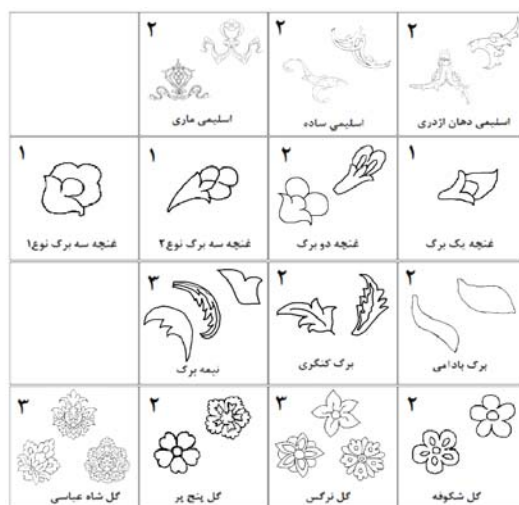
۶-۱- نتایج بازشناسی با توصیفگر موجک (روش اول)

همان‌گونه که گفته شد، چنانچه از تصویر، تبدیل موجک بگیریم و در هر مرحله انحراف معیار زیرباندهای آن را محاسبه کنیم و در یک بردار قرار دهیم، در نهایت یک بردار ویژگی به دست می‌آید که چون انحراف معیار است، نسبت به تغییرات مقیاس، چرخش و انتقال پایاست. همچنین، نوع موجک انتخاب شده و تعداد مراحل تجزیه، نرخ بازشناسی را تغییر می‌دهد. به دلیل اینکه گل‌ها از منابع مختلف تهیه شده‌اند، خطوط برخی از آنها ضخیم و برخی نازک هستند، ولی چون در ورودی توصیفگر از زیرباند هموار شده تبدیل موجک استفاده می‌شود که در واقع خروجی فیلتر پایین‌گذر است، خطوط هموار می‌شوند. همچنین، از لبه یاب سوبل نیز برای لبه یابی استفاده شد که نرخ بازشناسی را بهبود داد. در شکل دیاگرام دسته بندی با موجک نشان داده شده است.



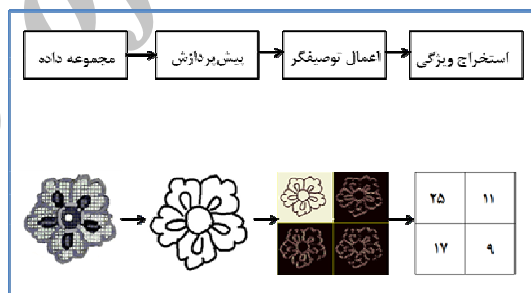
شکل (۱۵): دیاگرام دسته بندی با موجک

اگر یک مرحله تجزیه کنیم، بردار ویژگی چهار تایی خواهد شد و نرخ بازشناسی کم خواهد شد. برای بزرگتر از پنج مرحله نیز نرخ بازشناسی کم خواهد شد. بیشترین نرخ بازشناسی با چهار مرحله به دست آمد که در نرخ بازشناسی به ازای موجک‌های مختلف نشان داده شده است. همچنین، بهترین پایه موجک که بالاترین نرخ بازشناسی را می‌دهد، دایشی ۸ است.

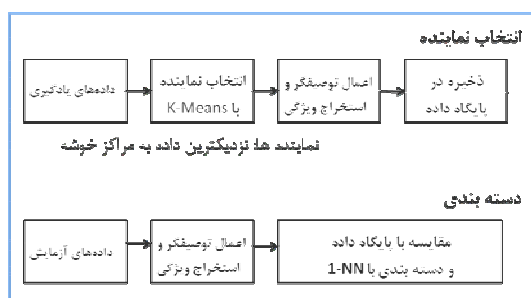


شکل (۱۲): نماینده های انتخاب شده و تعداد آنها

دیاگرام نحوه بازنمایی نشان داده شده است. در شکل نیز دیاگرام نحوه بازشناسی نشان داده شده است. همان طور که نشان داده شده است، ابتدا نماینده‌ها انتخاب می‌شوند و سپس دسته بندی انجام می‌شود.



شکل (۱۳): نحوه بازنمایی



شکل (۱۴): نحوه بازشناسی

۶-۲ نتایج بازنمایی و بازشناسی

برای بازنمایی از دو روش که شرح داده شد، استفاده شده است. همچنین، برنامه های این دو روش در محیط نرم افزار متلب پیاده سازی شد و نتایج آن در ادامه توضیح داده می‌شود.

بازنمایی گل‌های قالی با استفاده از تبدیل‌های موجک و فوریه-ملین

جدول (۲): نرخ بازشناسی با ویژگی انحراف معیار موجک در چهار مرحله تجزیه (به درصد).

شماره کلاس	آرایه‌ها	Haar	Db2	Db4	Db8	Sym4
۱	اسلیمی ماری	68.7	68.7	75	87.5	87.5
۲	اسلیمی ساده	77.7	83.3	83.3	88.8	66.6
۳	اسلیمی دهان‌آزدری	45.4	72.7	81.8	63.6	81.8
۴	غنچه سه برگ ۱	30.7	38.4	38.4	46.1	38.4
۵	غنچه سه برگ ۲	27.2	77.2	59	54.5	50
۶	غنچه دو برگ	36.3	54.5	81.8	81.8	72.7
۷	غنچه تک برگ	10	10	20	20	40
۸	نیمه برگ	40.7	18.5	44.4	37	33.3
۹	برگ کنگری	89.6	72.4	68.9	72.4	68.9
۱۰	برگ بادامی	100	100	100	100	100
۱۱	گل شاه‌عباسی	97.2	95.8	96.5	95.2	97.9
۱۲	گل پنج‌پر	62.5	68.75	75	62.5	75
۱۳	گل نرگس	54.5	27.2	45.4	54.5	45.4
۱۴	گل شکوفه	47	41.1	58.8	73.5	67.6
	نرخ بازشناسی کل	71.1	71.6	76.0	76.8	76.0

نتیجه با موجک خانواده دایبشی ۲ به دست آمد که نرخ بازشناسی به ۸۱٫۵ درصد رسید. همان‌طور که مشاهده می‌شود، نرخ بازشناسی برای پایه‌های موجک مختلف، متفاوت است. در جدول نرخ بازشناسی به ازای موجک‌های مختلف نشان داده شده است.

۶-۲- نتایج بازشناسی با فوریه - ملین (روش

دوم)

دیاگرام این روش در شکل نشان داده شده است. در اینجا از توصیفگر WFMT استفاده شد. میزان نرخ بازشناسی برای موجک‌های مختلف آزمایش شد و بهترین

جدول (۳): نرخ بازشناسی توصیفگر فوریه-ملین بر پایه‌های موجک مختلف در سطح ۳ (به درصد).

شماره کلاس	آرایه‌ها	بدون موجک	Haar	Db2	Db4	Sym4	Bior3.1
۱	اسلیمی ماری	25.0	50.0	43.7	43.7	43.7	56.2
۲	اسلیمی ساده	66.6	72.2	61.1	77.8	66.6	55.5
۳	اسلیمی دهان‌آزدری	63.6	72.2	90.9	63.6	63.6	45.4
۴	غنچه سه برگ ۱	61.5	80.7	84.6	69.2	88.4	34.6
۵	غنچه سه برگ ۲	59.1	63.6.5	63.6	63.6	72.7	50.0
۶	غنچه دو برگ	36.4	54.5	72.7	54.5	54.5	18.2
۷	غنچه تک برگ	40.0	60.0	50.0	50.0	60.0	30.0
۸	نیمه برگ	37.0	44.5	51.8	51.8	33.3	22.2
۹	برگ کنگری	70.0	79.3	82.8	79.3	82.7	55.1
۱۰	برگ بادامی	92.8	99.5	89.3	96.4	96.4	100
۱۱	گل شاه‌عباسی	94.5	95.2	98.6	93.1	93.1	89.0
۱۲	گل پنج‌پر	75.0	75.0	62.5	68.7	62.5	43.7
۱۳	گل نرگس	72.7	72.7	63.6	72.7	63.6	36.3
۱۴	شکوفه	91.2	82.3	85.3	88.2	63.6	97.0
	نرخ بازشناسی کل	75.3	80.4	81.5	79.0	78.2	67.4

ماتریس سردرگمی نمایش خوبی از خطاها را نشان

می‌دهد. در **Error! Reference source not found.**

ماتریس سردرگمی برای توصیفگر موجک و در **Error!**

Reference source not found. ماتریس سردرگمی

برای توصیفگر فوریه-ملین نشان داده شده است.

گل‌هایی که با هم اشتباه می‌شوند در بخش زیر آورده

شده‌اند. سایر خطاها تا حدودی متفرقه هستند.

۷- بررسی نتایج

در **Error! Not a valid bookmark self-**

reference. نتایج نرخ بازشناسی برای توصیفگرهای

استفاده شده، نشان داده شده است. همچنین، در هر سه

روش، دسته بندی به یک شکل انجام گرفته است.

۸- خطاها

جدول (۴) مقایسه نرخ بازشناسی

روش دوم : توصیفگر فوریه-ملین	روش اول : توصیفگر موجک با انحراف معیار	توصیفگر فوریه بر اساس کانتور [4]	روش
تصویر ۳۲ * ۳۲	۱۶	۶۴	تعداد ویژگی
۸۱,۵	۷۶,۸	۶۹,۴	نرخ بازشناسی

جدول (۵) ماتریس سردرگمی برای توصیفگر موجک

شکوفه	گل نرگس	گل پنج‌پر	شاه عباسی	برگ	برگ کنگری	نیمه برگ	تک برگ	دو برگ	سه برگ	سه برگ ۲	سه برگ ۱	دهان‌اژدری	ساده	ماری	آرایه ها
.	.	.	۱	.	.	.	.	.	.	.	.	.	۱	۱۴	ماری
.	.	۱	.	.	.	.	.	.	.	.	.	۱	۱۶	.	ساده
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	۷	۳	۱	دهان‌اژدری
۶	۰	۲	.	.	.	۲	۱	۱	۱	۱۲	۱	.	.	.	سه برگ ۱
۱	.	.	.	۱	۱	۵	۵	.	.	۱۲	۲	.	.	.	سه برگ ۲
.	.	.	.	.	۱	.	۱	۹	.	.	.	.	.	.	دو برگ
۳	.	.	.	.	.	.	۲	.	۳	۲	.	.	.	.	تک برگ
۲	.	.	.	.	۱	۱۰	۵	.	۸	۱	.	.	.	.	نیمه برگ
.	.	۲	.	.	۲۱	۵	.	.	۱	.	.	.	.	.	برگ کنگری
.	.	.	.	۲۸	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	برگ بادامی
.	۴	.	۱۴۰	.	.	.	.	.	.	.	۱	۱	.	۱	شاه‌عباسی
۱	۲	۱۰	.	.	۱	.	.	۱	.	۱	.	.	.	.	گل پنج‌پر
۲	۶	.	.	.	۱	.	.	۱	.	.	۱	.	.	.	گل نرگس
۲۵	.	۱	.	.	.	۴	.	.	.	۴	.	.	.	.	شکوفه

جدول (۶) ماتریس سردرگمی برای توصیفگر فوریه-ملین

شکوفه	گل نرگس	گل پنج‌پر	شاه‌عباسی	برگ بادامی	برگ کنگری	نیمه برگ	تک برگ	دو برگ	سه برگ	سه برگ ۲	سه برگ ۱	دهان	ساده	ماری	آرایه ها
.	.	.	۷	.	۱	.	.	.	.	.	.	۱	.	۷	ماری
.	۱	.	۱	.	۲	.	.	.	.	.	۱	۱۱	۱	۱	ساده
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	۱۰	۱	.	دهان‌اژدری
۱	.	۳	.	.	.	.	.	.	.	.	۲۲	.	.	.	سه برگ ۱
۱	.	.	.	.	.	۲	۳	.	۱۴	۲	.	.	.	.	سه برگ ۲
.	.	.	.	.	.	.	.	۸	۳	.	.	.	.	.	دو برگ
.	.	.	.	.	.	.	۵	.	۴	۱	.	.	.	.	تک برگ
.	.	.	.	.	.	۱۴	۲	۱	۱	۱	.	.	.	.	نیمه برگ
.	.	.	.	.	۲۴	۲	.	.	۲	۱	.	.	.	.	برگ
.	.	.	.	۲۵	.	۳	.	.	.	.	.	.	.	.	برگ
.	.	۲	۱۴۴	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	شاه‌عباسی
۵	۱	۱۰	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	گل پنج‌پر
۴	۷	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	گل نرگس
۲۹	۱	۴	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	شکوفه

بازنمایی گل‌های قالی با استفاده از تبدیل‌های موجک و فوریه-ملین



شکل (۱۴): نیمه برگ الف درست و نیمه برگ ب در کلاس بادامی قرار می‌گیرد.



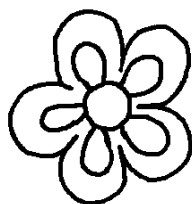
الف

۸-۴- خطاهای گل شاه عباسی

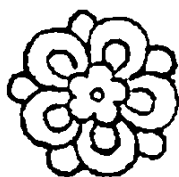
به علت جزئیات داخلی زیاد، این کلاس با بقیه کلاس-ها متمایز است. همچنین، تعداد نمونه‌های این کلاس بسیار بیشتر از بقیه است و به این دو دلیل در این کلاس خطای کمتری رخ می‌دهد. برای برخی از شکل‌ها که جزئیات داخلی کمتری دارند و شکل خلوت است، گل به گروه پنج پر و یا به نرگس تعلق می‌گیرد.

۸-۵- خطاهای گل پنج پر

از گل‌های این مجموعه، تعدادی از آنها در کلاس شکوفه قرار گرفته است. علت این خطا این است که گل ۵ پر و شکوفه هر دو ۵ تا ۵ پر دارند و اختلاف آنها تنها در خمیدگی روی پره‌های آن است و در برخی موارد کاملاً شبیه به هم هستند. شکل (۱۵) یک نمونه از گل‌های شکوفه و پنج پر که با هم اشتباه می‌شوند، نشان داده شده است.



گل شکوفه



گل پنج پر

شکل (۱۵): گل پنج پر و شکوفه که با هم اشتباه می‌شوند.

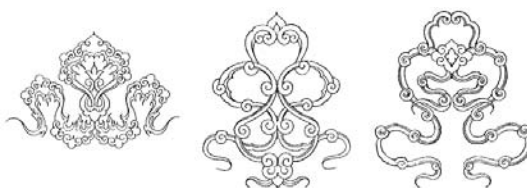
به علت منابع متفاوت برای جمع‌آوری گل‌ها، گاهی اوقات در طرح‌های مختلف این پره‌ها شبیه به هم می‌شوند که در این موارد باعث اشتباه شدن آنها می‌شود.

۸-۶- خطاهای گل نرگس

خطا در این کلاس عمدتاً به کلاس پنج پر و شکوفه

۸-۱- خطاهای اسلیمی ماری

عمده خطاهای این گل مربوط به شاه عباسی است و دلیل این خطا این است که گل ماری مانند شاه عباسی جزئیات داخلی زیادی دارد. گاهی خطاهای متفرقه دیگری نیز در این کلاس مشاهده می‌شود. در شکل (۱۲) چند نمونه اسلیمی ماری نشان داده شده که در کلاس گل شاه عباسی قرار گرفته است.



شکل (۱۲): نمونه‌های اسلیمی ماری که در کلاس گل شاه عباسی قرار گرفته است.

۸-۲- خطاهای غنچه سه برگ نوع ۱

خطاهای این گل عمدتاً در شکوفه جای می‌گیرد و علت آن این است که گل سه برگ، ۳ تا ۳ تا ۲ گلبرگ دارد که شبیه به ۵ پره شکوفه می‌شود. در شکل (۱۳) نمونه‌هایی که به اشتباه در کلاس گل شکوفه قرار می‌گیرند، نشان داده شده‌اند. سایر خطاهای متفرقه هستند.



شکل (۱۳): نمونه غنچه‌های سه برگ نوع ۱ که در کلاس گل شکوفه قرار می‌گیرند.

۸-۳- خطاهای نیمه برگ

خطاهای در این کلاس متفرقه هستند، ولی عمده آنها مربوط به کلاس بادامی می‌شوند. البته، دلیل این خطا این است که برخی از شکل‌های گل نیم برگ صاف هستند و کاملاً شبیه به بادامی می‌شوند. در حقیقت، گل نیم برگ باید مانند شکل (۱۴) باشد، ولی در مجموعه داده برخی از شکل‌ها مانند شکل (۱۴) هستند که با کلاس بادامی اشتباه می‌شوند.

اینکه داده‌ها از منابع مختلفی جمع آوری شده است، کیفیت گل‌ها متفاوت است. به نظر می‌رسد اگر روش‌هایی برای پیش پردازش این گل‌ها توسعه داده شود که مراحل دستی حذف شود، این روش‌های بازنمایی می‌تواند در عمل نیز به کار گرفته شود.

مراجع

[۱] مجید خداکرمی " استفاده از تبدیل‌های موجک و فوریه-ملین در بازنمایی و توصیف گل‌های فرش " پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده برق و کامپیوتر، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۹۰.

[۲] احمد ایزدی پور "خواندن خودکار نقشه چاپی فرش " پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده برق و کامپیوتر، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۶.

[۳] فاطمه شیرینی "آشکارسازی خودکار خطوط در نقشه‌های چاپی و دستی" پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده برق و کامپیوتر، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۹.

[۴] حمیده غالبی "بازشناسی خودکار گل‌های قالی با تاکید بر توصیفگرهای شکل" پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده تحصیلات تکمیلی، دانشگاه آزاد اسلامی تهران جنوب، ۱۳۹۰.

[5] Dengsheng Zhang, Guojun Lu "Review of shape representation and description techniques", Pattern Recognition Society. Vol. 37, pp. 1-19. July. 2003.

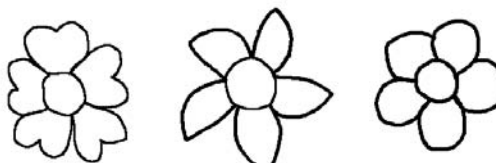
[6] M. Bober, "MPEG-7 visual shape descriptors," Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions on, Vol.11, No.6, pp.716-719, Jun. 2001.

[7] D. Zhang, "Image Retrieval Based on Shape". A Dissertation for the Degree of Doctor of Philosophy, Submitted in Partial Fulfillment In the Faculty of Information Technology Monash University. March, 2002.

[8] F. Mokhtarian, A. K. Mackworth, "A Theory of Multiscale, Curvature-Based Shape Representation for Planar Curves" IEEE Transactions On Pattern Analysis And Machine Intelligence, Vol. 14, No. 8, pp. 789 – 805, August. 1992.

[9] H. Freeman, "Shape Description Via The Use Of Critical Points". Pattern Recognition, Vol. 10, pp. 159-166, January. 1978.

تعلق می‌گیرد. در کل، گل نرگس و شکوفه و پنج پر خیلی به هم شبیه هستند و به آسانی باهم اشتباه می‌شوند. همان طور که مشاهده می‌شود، گل نرگس به شکوفه و پنج پر بسیار شبیه است. در شکل (۶) یک نمونه از این سه کلاس نشان داده شده است.



گل پنج پر

گل نرگس

گل شکوفه

شکل (۶): یک نمونه از گل پنج پر، گل نرگس و گل شکوفه شبیه به هم

۹- نتیجه گیری

در این مقاله در جستجوی توصیفگری بودیم که بتواند گل‌های قالی را به گونه‌ای بازنمایی کند که نسبت به تغییرات مقیاس، چرخش و انتقال پایا باشد. دو توصیفگر برای این کار انتخاب شدند که یکی بر اساس ویژگی انحراف معیار زیر باندهای موجک و دیگری بر اساس طیف توصیفگر فوریه-ملین است. با قرار دادن موجک به عنوان پیش پردازش در توصیفگر فوریه نرخ بازشناسی نسبتاً خوبی به دست آمد. برای دسته بندی نیز، فاصله مانهاتان به کار برده شد. از آنجایی که داده‌ها به دو بخش آزمایش و یادگیری تقسیم شد، برای انتخاب نماینده از میان داده‌های یادگیری، از الگوریتم K-Means استفاده شد. به علت کیفیت پایین برخی از داده‌های مجموعه، نیاز به پیش پردازش‌هایی است که به صورت ماشینی و در مواردی به صورت دستی انجام شدند. در مورد خطاهایی که در دسته بندی پیش می‌آید، نکته قابل توجه این است که عمده خطاها در بین آرایه‌هایی پیش می‌آید که در یک شاخه قرار گرفته‌اند. برای مثال، گل پنج پر، گل نرگس و گل شکوفه در شاخه گل‌ها قرار گرفته‌اند و خطاهای این سه آرایه عمدتاً مربوط به همدیگر است. از آنجایی که شکل گل‌ها دارای جزئیات داخلی متفاوت است (بدین معنی که برخی دارای جزئیات زیاد و برخی دارای جزئیات کم هستند) چنانچه بتوان از ترکیب توصیفگرها استفاده کرد، احتمالاً نرخ بازشناسی بالاتری به دست می‌آید. همچنین، به علت

- Ohabe, "Fingerprint Verification Using Haar Wavelet", 2nd International Conference on Computer Engineering and Technology, Vol. 3. pp. 361-365, April. 2010.
- [22] M. Tico, P. Kuosmanen, J. Saarinen, "Wavelet domain features for fingerprint recognition," *Electronics Letters*, Vol. 37, No. 1, pp.21-22, 4 Jan 2001
- [23] I. A. Ismail, M. A. Ramadan, T. El danf, A. H. Samak "Multiresolution Fourier-Wavelet Descriptor for Fingerprint Recognition," *Computer Science and Information Technology*, 2008. ICCSIT '08. International Conference on, pp.951-955, Sept. 2008.
- [24] N.Y. Khan, M.Y. Javed "Efficient Fingerprint Matching Technique Using Wavelet Based Features," *Digital Image Computing Techniques and Applications*, 9th Biennial Conference of the Australian Pattern Recognition Society on, pp.253-259, Dec. 2007.
- [25] X. Cheng, Ch. Xin-Ming, "An Algorithm for Fingerprint Identification Based on Wavelet Transform and Gabor Feature," *Genetic and Evolutionary Computing*, 2009. WGEC '09. 3rd International Conference on, pp.827-830, 14-17 Oct. 2009
- [26] www.negarkhaneh.ir
- [10] B. Wang, Ch. Shi, "Shape Matching Using Chord-Length Function". Corchado et al. (Eds.): IDEAL 2006, LNCS 4224, pp. 746-753, 2006.
- [11] Y.Mingqiang, K.Kidiyo, R.Joseph" A survey of shape feature extraction techniques", *Pattern Recognition Techniques, Technology and Applications*, pp. 43-90, 2008.
- [12] S. Derrode, F. Ghorbel, "Robust and Efficient Fourier-Mellin Transform Approximations for Gray-Level Image Reconstruction and Complete Invariant Description", *Academic Press*, April. 2001.
- [13] P. L. BUTZER, S. JANSCHKE, "Mellin-Fourier Series and the Classical Mellin Transform", *Computers and Mathematics with Applications Elsevier*, Vol. 40, pp. 49-62, July. 2000.
- [14] A.T.B Jin, D.N.C. Ling, O.T. Song "An efficient fingerprint verification system using integrated wavelet and Fourier-Mellin invariant transform" *Image and Vision Computing Elsevier*, Vol. 22, pp. 503-513, June. 2004.
- [15] J. Wood, "Invariant Pattern Recognition: A Review", *Pattern Recognition Society*, Vol. 29, January. 1996.
- [16] G. Y. Chen, T.D. Bui, A. Krzyzak, "Palmprint Classification using Dual-Tree Complex Wavelets," *Image Processing*, 2006 IEEE International Conference on, pp.2645-2648, Oct. 2006.
- [17] B.D. Patil, J.V. Kulkarni, R.S. Holambe, "Fingerprint Verification Using Wavelet And Local Dominant Orientation," *Visual Information Engineering*, 2006. VIE 2006. IET International Conference on, pp.79-82, Sept. 2006.
- [18] H.Selvaraj, S. Arivazhagan, L. Ganesan, "Fingerprint Verification Using Wavelet Transform", *Proceedings of the Fifth International Conference on Computational Intelligence and Multimedia Applications (ICCIMA'03) 2003 IEEE*, Vol. 2, pp. 281-285, 2007.
- [19] R.M.Haralick, K.Shanmugam, I.Dinstein, "Texture features for image classification", *IEEE transactions on System, Man, Cybernetics*, Vol.8, No.6, pp.610-621, 1973.
- [20] M. Tico, E. Immonen, P. Ramo, P. Kuosmanen, J.Saarinen, "Fingerprint Recognition Using Wavelet Features" *IEEE International Symposium on Circuits and Systems*, Vol. 2, pp. 21-24, May. 2001.
- [21] S. Sanjekar, Prof. Priyadarshan S.

¹ Fourier-Mellin Transform

² Wavelet Fourier-Mellin Transform

³ Henry Selvaraj

⁴ Marius Tico

⁵ Sanjekar

⁶ Ismail

⁷ Ramadan

⁸ Nabeel

⁹ Jin

¹⁰ Cheng

¹¹ co-occurrence

¹² maximum probability

¹³ contrast

¹⁴ entropy

¹⁵ energy

¹⁶ local homogeneity

¹⁷ cluster prominence

¹⁸ R.M.Haralick