

مروری بر کاربرد بینایی ماشین در صنعت فرش

A Review for Application of Machine Vision Systems in Carpet Industry

سرورالسادات دشمن فنا یزدی^۱، پدram پیوندی^{۱*}، مرتضی ودود^۲

۱- دانشکده مهندسی نساجی، پردیس فنی و مهندسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

۲- هسته علمی بینایی ماشین در صنعت نساجی و پوشاک، دانشگاه یزد، یزد، ایران

چکیده

در دنیای امروز صنایع تولید فرش جایگاه مناسبی پیدا کرده‌اند. میزان تنوع در طرح و رنگ تولید فرش بر اساس نیاز مشتری روز به روز در حال افزایش است. برای این افزایش تولید، نیاز به ابزاری است که بتواند در سریع‌ترین زمان، بهترین محصول را تولید کند. از این رو باید تلاش شود تا فرآیند تولید فرش از طراحی تا بافت محصول در کمترین زمان و هزینه ممکن صورت پذیرد. داشتن محصولات با کیفیت در کنار افزایش سرعت تولید از اهمیت بالای برخوردار می‌باشد. استفاده از بینایی ماشین یک روش کاربردی می‌باشد که می‌تواند در زمینه کنترل کیفیت، ارزیابی ظاهر فرش، تبدیل نقشه فرش دستی به نقشه رایانه‌ای و سایر مراحل تولید فرش باعث افزایش سرعت و کیفیت گردد.

مقدمه

۱-۱- بینایی ماشین

کنترل کیفی را در خطوط مختلف ارائه نمایند. باتوجه به اینکه ارزیابی‌های کنترل کیفیت در صنعت نساجی غالباً بصری می‌باشد. استفاده از بینایی ماشین در این صنعت بسیار مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است و تحقیقات زیادی در این زمینه صورت گرفته است که یکی از موارد مورد توجه در این زمینه صنعت فرش می‌باشد.

۱-۲- فرش

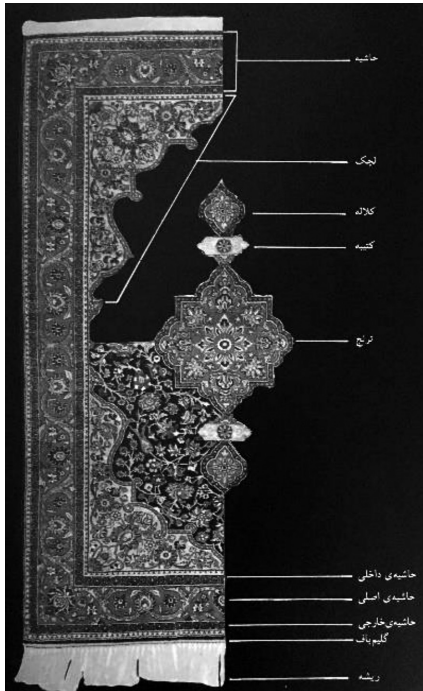
فرش به معنای گستردنی و آنچه بر زمین گسترده شود، آمده است و اگرچه در بین عامه مردم و حتی در بسیاری از موارد در میان متخصصان، منظور از فرش همان قالی است، اما فرش، علاوه بر قالی، زیراندازهای

بینایی ماشین استفاده از حس گرها برای دریافت سیگنال‌های تشکیل دهنده تصویر یک شی است که توسط کامپیوتر و یا سایر وسایل پردازش سیگنال برای تفسیر و تحلیل سیگنال‌های دریافت شده از قطعه مورد استفاده قرار می‌گیرد. در حقیقت بینایی ماشین شاخه‌ای از علم مهندسی است که به رشته‌های علوم کامپیوتری، علم نورشناسی، مهندسی مکانیک و اتوماسیون صنعتی ارتباط دارد [۱]. یکی از اصلی‌ترین کاربردهای بینایی ماشین در صنایع، کنترل کیفیت محصولات خروجی در کارخانه‌ها می‌باشد که باعث شده است این سامانه‌ها تنوع وسیعی از سرویس‌های

کلمات کلیدی

فرش،
نقشه فرش،
بینایی ماشین،
پردازش تصویر

* مسئول مکاتبات، پیام نگار: peivandi@yazd.ac.ir



شکل (۱): نمونه‌ای از اجزای نقشه فرش [۳]

دیگری مانند انواع گلیم، زیلو، پلاس، نمد، جاجیم و حصیر از نوع زیرانداز را هم شامل می‌شود. قالی، فرشی است پرزدار که از طریق درگیری پرز و گره زدن آن بر تار (چله) و نیز پودگذاری بافته می‌شود. قالی، زیراندازی است یکرو، دارای تار، پرز، پود ضخیم و پود نازک، گره‌دار و دستبافته‌ای است که بر اساس شواهد موجود پیشینه بافت آن به دوره هخامنشی می‌رسد. انواع فرش شامل: حصیر، نمد، پلاس، جاجیم، گلیم، گبه، زیلو و قالی می‌باشد. در حال حاضر روند تولید فرش به‌سوی صنعتی شدن پیش رفته و روزبه‌روز تقاضا افزایش می‌یابد، از این رو سرعت در تمام مراحل تولید فرش باید بالا رفته تا این تقاضا را جابگو باشد. در نتیجه پردازش تصویر یکی از روش‌هایی است که به بالا بردن سرعت در مراحل همچون کنترل کیفیت، ارزیابی ظاهر فرش و تبدیل نقشه فرش‌های دستی به رایانه‌ای کمک شایانی می‌کند [۲].

۱-۲-۱- نقشه فرش

یکی از عوامل بااهمیتی که شهرت فرش‌های ایران را جهانی کرده است نقش‌های زیبا و طرح‌های متنوع آن‌هاست. طراح ایرانی گاهی با ترسیم نقش‌های رمزی و نمادین مانند انواع اسلیمی‌ها مقاصد خود را در طرح‌های فرش منعکس کرده و جانورانی همچون اژدها، فیل و مار را با این شکل‌ها مجسم کرده است و گاهی نیز تصویرهای واقعی موجودات زنده مانند شیر، اسب، آهو، گورخر و پرندهای گوناگون را در صحنه‌هایی از طبیعت، شکارگاه و مجالس بزم وارد کرده و با این تصاویر، شاخه‌ها و درختانی پر از شکوفه‌ها، گل‌ها و میوه‌ها را در ترکیه‌های اسلیمی و ختایی‌ها و لچک و ترنج و حاشیه باشند، به چرخش درآورده است. به استثنای طرح‌های منظره‌ای و چهره‌بافی، طرح بیشتر فرش‌های ایران به‌صورت متقارن است و در بیشتر حالات طرح کامل یک فرش، تکرار یک چهارم سطح آن است. به‌طورمعمول بیشتر فرش‌های ایران حاشیه دارند که تعداد و ابعاد آن‌ها بسته به منطقه‌های گوناگون فرش‌بافی تغییر می‌کند و تعداد آن‌ها ۳ تا ۶ و گاهی نیز تا ۱۵ ردیف می‌رسد. به‌طورمعمول یکی از آن‌ها حاشیه اصلی و با عرض بزرگ‌تر بوده و بقیه حاشیه‌های جانبی، بیرونی و درونی هستند که به‌اصطلاح آن‌ها را حاشیه‌ای محافظ نیز می‌خوانند و گاهی نیز ممکن است مانند برخی از فرش‌های سفارشی و جدید بافت اصفهان و کاشان و کرمان بدون حاشیه باشند [۳، ۴].

نقشه‌های فرش علاوه بر نوع بافت از جهات دیگری نیز به انواع مختلفی تقسیم می‌شوند:

- از نظر اندازه نقشه فرش به سه نوع قدی (۲/۱)، ربعی (۴/۱) و تمام (سراسری) تقسیم می‌شوند.

- انواع نقشه فرش از لحاظ سبک نیز عبارت‌اند از: سنگین، ساده، یک‌طرفه، واگیره (تکرار یک نگاره)، شکسته (اشکال هندسی و زاویه‌دار)، گردان (خط‌های دورانی و قوسی شکل).

- از نظر رنگ دو نوع نقشه فرش رنگی و سیاه‌قلم را می‌توان معرفی نمود.

- از نظر نوع روش نیز همان‌طور که توضیح داده شد به دو روش دستی

و رایانه‌ای انجام می‌شوند [۵].

۱-۲-۲- اصول تشخیص نقشه فرش

تشخیص نقشه فرش در تصویر به وسیله بینایی انسان طی چهار مرحله انجام می‌شود؛

- الف- پیدا کردن خصوصیتی از تصویر که جزئی از پس‌زمینه نیست؛
- ب- شناسایی منطقه‌ای در تصویر که نماینده تصویری واحد است؛
- ج- تعریف لبه‌های تصویر (به‌دست‌آوردن شکل دوبعدی) و
- د- مقایسه تصویر بدست آمده در مرحله (ج) با آرایه‌های تشکیل دهنده نقشه فرش

۱-۳- روش‌های شاخص پردازش تصویر در زمینه فرش

پردازش تصویر روشی برای تبدیل تصویر به شکل دیجیتال و انجام برخی از عملیات روی آن، برای دریافت تصویری بهبود یافته یا برای استخراج برخی از اطلاعات مفید از آن است. در چند دهه اخیر استفاده از روش‌های پردازش تصویر در زمینه ارزیابی، استخراج مشخصات فرش و تشخیص نقشه فرش موردتوجه قرار گرفته است. برخی از این روش‌ها همراه با کاربردشان در مقالات مروری در جدول (۱) آمده است:

۲- مروری بر پژوهش‌های انجام شده در زمینه فرش

پردازش تصویر در دو شاخه اصلی نقشه فرش و فرش در پژوهش‌های صورت گرفته موردبررسی قرار گرفته است که نقشه فرش به سه زیرشاخه خواندن نقشه، تشخیص آرایه‌ها و کاهش رنگ و در زمینه فرش نیز به دو زیرشاخه ارزیابی ظاهر فرش و استخراج مشخصات

جدول (۱): روش‌های کاربردی پردازش تصویر در صنعت فرش

ردیف	تابع	کاربرد
۱	فیلتراسیون [۶]	پیش پردازش تصویر
۲	شکل شناسی [۷]	استخراج
۳	آستانه گیری [۶]	پیش پردازش تصویر
۴	شبکه عصبی [۶]	ارزیابی تصویر فرش
۵	تشخیص لبه [۷]	اندازه گیری سائز شکل در تصویر فرش
۶	خوشه بندی [۸]	دسته بندی اشکال نقشه
۷	داده کاوی [۸]	کاهش رنگ تصویر
۸	الگوریتم شانه گذاری [۹]	شناسایی خطوط در نقشه فرش
۹	تبدیل هاف [۱۰]	تشخیص خطوط در نقشه فرش
۱۰	پنجره گذاری [۱۰]	تشخیص خطوط در نقشه فرش
۱۱	رشد ناحیه [۱۳]	بخش بندی تصویر
۱۲	تبدیل فوریه [۶]	بردار ویژگی اشکال در نقشه فرش
۱۳	فوریه-ملین [۱۷]	حذف اثر چرخش، انتقال و تغییر مقیاس در تصویر
۱۴	موجک [۱۷]	حذف اثر نویز و اعوجاج در تصویر
۱۵	فاصله منهتن [۱۷]	بازشناسی اشکال نقشه فرش
۱۶	فاصله ماهالانوبیس [۱۶]	تشخیص و جایگزینی داده های پرت
۱۷	آب پخشان [۵۰]	تشخیص و تفکیک پرزهای فرش
۱۸	LIV [۲۷]	تکنیک تنوع شدت محلی برای اندازه گیری حساسیت بافت فرش
۱۹	LBP [۴۰]	تکنیک الگوی باینری محلی برای استخراج ویژگی بافت فرش
۲۰	SKL [۴۰]	دیورجانس کولیک لیبلر برای ارزیابی سایش فرش

فرش تقسیم بندی گردید.

۱-۲- نقشه فرش

خواندن نقشه

نقشه های فرش به دو دسته چاپی و دستی تقسیم می شوند. آنچه در تمام نقشه های فرش مشاهده می شود، خطوط باریک و ضخیمی است که به صورت خط های راست افقی و عمودی وجود دارد که از تلاقی این خطوط چهارخانه هایی با اندازه های یکسان به وجود می آیند. خواندن نقشه بدین معنی است که خطوط باریک و ضخیم نقشه های دستی



شکل (۳): نمودار جریان شناسایی خطوط در تصویر [۹]





شکل (۶): نمودار جریان بهسازی لبه برای آشکار سازی خطوط [۱۱]

میانگین، علاوه بر استفاده از نتایج حاصل از پژوهش پیشین خود برای آشکار سازی خطوط نقشه، مرحله کاهش رنگ پیکسل‌های تصویر به رنگ‌های پالت را اضافه کردند. در شکل ۸ نمودار جریان کاهش رنگ آمده است [۱۲].

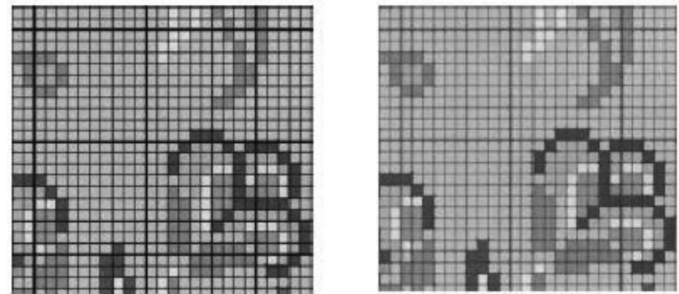
منصور فاتح و همکاران در سال ۱۳۹۱ روشی برای خواندن خودکار نقشه‌های دستی معرفی کردند. چهار مرحله کلی این روش در نمودار جریان شکل ۹ آمده است. این روش متناسب با کاربرد معرفی شده و به همین علت از دقت مناسبی برخوردار است [۱۳].

در سال ۱۳۹۴ سعید میرجلیلی و همکاران روشی را بر اساس الگوریتم میانه‌گیری برای نقشه‌خوان خودکار فرش دستی معرفی نمودند که روند کار در شکل ۱۰ آمده است. سه مؤلفه R, G, B هر رنگ نسبت به هم یک تناسب منحصر به فرد دارند که از این تناسب برای ویژگی خاص هر رنگ استفاده شده است. شکل ۱۱ نمونه‌ای از نتیجه استفاده از این روش است [۱۴].

با توجه به تحقیقات انجام شده روش رشد ناحیه و C میانگین دارای کارایی بهتری نسبت به دیگر روشها می باشند

تشخیص آرایه‌های نقشه

نقشه‌های فرش از اشکال و آرایه‌های گوناگونی تشکیل شده‌اند. چنانچه



شکل (۴): (الف) تصویر اولیه، (ب) تصویر نهایی ترسیم خطوط [۹]

گرد، نقشه فرش آسیب دیده و در نهایت از کیفیت فرش حاصل از این نقشه کاسته خواهد شد.

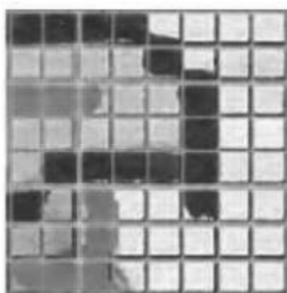
در سال ۱۳۸۶ احمد ایزدی‌پور و همکاران مطالعه‌ای برای تشخیص صحیح خطوط باریک و ضخیم نقشه دستی فرش انجام دادند. الگوریتم پردازش تصویر مورد استفاده در نمودار جریان شکل ۳ نشان داده شده است و در شکل ۴ نمونه‌ای از نتیجه حاصل از استفاده از این روش می‌باشد [۹].

فاطمه شیر و همکاران نیز در سال ۱۳۸۹ با ارائه سه روش لبه‌یابی سوئل، پنجره‌گذاری و تبدیل هاف موقعیت خطوط را به دست آورده و با یک پس پردازش اصلاحی درصد خطا را کاهش دادند. شکل ۵ تصویر نمونه‌ای از نقشه اصلاح نشده و نمونه‌ای از تصویر نهایی ترسیم خطوط است [۱۰].

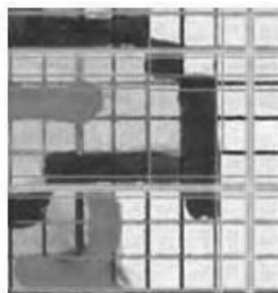
همچنین این پژوهشگران در همان سال در مطالعه‌ای دیگر برای بهسازی تصویر لبه به منظور آشکار سازی خطوط نقشه به صورت شکل ۶ عمل نمودند:

در مرحله آشکار سازی خطوط از چهار روش: ۱- استفاده از تصویر گرادیان، ۲- آغشته سازی، ۳- تقویت لبه‌های بلند و ۴- تبدیل هاف، استفاده گردید. در کل بهسازی لبه‌ها در تصویر لبه به طور چشمگیری آشکار سازی خطوط نقشه را بهبود بخشیده و دقت را افزایش داد. شکل ۷ نمونه‌ای از تأثیر استفاده از بهسازی لبه را نشان می‌دهد [۱۱].

ایزدی‌پور و همکاران در سال ۱۳۸۹ به منظور معرفی روشی برای خواندن خودکار نقشه چاپی فرش و مقایسه آن با روش خوشه یابی C

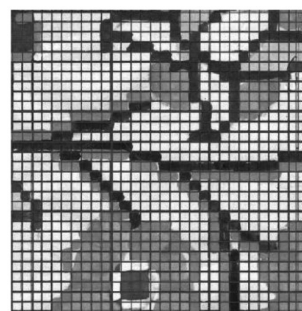


(ب)

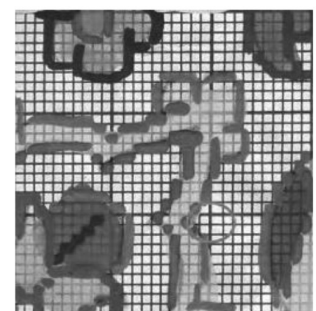


(الف)

شکل (۷): (الف) آشکار سازی خطوط قبل از بهسازی لبه‌ها، (ب) آشکار سازی خطوط با بهسازی لبه‌ها با روش دوم [۱۱]

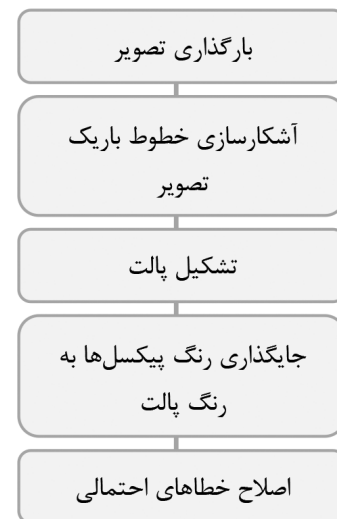


(ب)



(الف)

شکل (۵): (الف) تصویر نمونه‌ای از نقشه که خطوط با رنگ پوشیده شده، (ب) تصویر نهایی نمونه‌ای از ترسیم خطوط بر روی نقشه [۱۰]

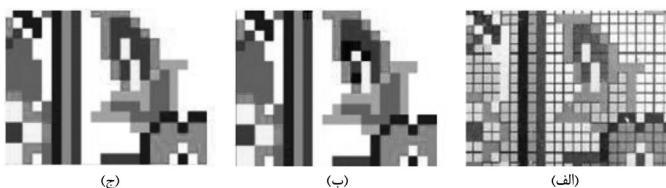


هریک از این آرایه‌ها توسط رایانه شناخته شوند، با استفاده از این شناخت و ترکیب آن با رنگ‌های مورد استفاده در فرش، می‌توان نقشه فرش را به صورت خودکار تحلیل کرد؛ به‌طور مثال می‌توان با داشتن فایل‌های تصویری نقشه‌های مختلف فرش ایران مشخص کرد که هر تصویر متعلق به کدام مرکز قالیبافی ایران است و یا با ترکیب آرایه‌ها، اضافه کردن و یا جایگزین کردن آن در نقشه فرش، نقشه دیگری را به وجود آورد. برای دسته‌بندی و خوشه‌بندی این آرایه‌ها می‌توان از توصیفگرهای مختلف استفاده کرد.

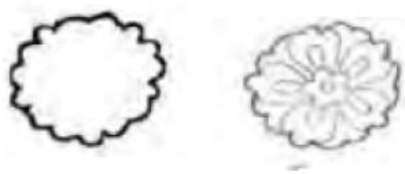
در سال ۱۳۹۱ غالبی و همکاران پژوهشی دیگر در مورد بازشناسی نقش‌مایه‌های فرش انجام دادند. برای رسیدن به این هدف در ابتدا به جداسازی نقش‌مایه‌ها و ساختار بندی آن‌ها و سپس به کمک



پیش‌پردازش‌هایی، نقاط پیرامونی هر نقش‌مایه به‌دست‌آمده و هر نقش‌مایه با توصیفگر فوریه آن توصیف شد و درنهایت با استفاده از دسته‌بند نزدیک‌ترین فاصله و معیارهای فاصله اقلیدسی، اقلیدسی نرمال و مایه‌الانوبیس، کلاس‌ها بازشناسی شدند. برای بهبود روش بازشناسی از تغییر تعداد مؤلفه‌های بردار ویژگی و کاهش بعد با تبدیل آنالیز مؤلفه‌های اصلی (PCA) استفاده گردید. با اعمال این روش‌ها،



مجله علمی - ترویجی علوم و فناوری نساجی و پوشاک، دوره ۷، شماره ۳، پائیز ۱۳۹۷



(الف) (ب)

شکل (۱۳): (الف) یک نمونه از آرایه گل پنج پر، (ب) امضای آرایه گل پنج پر [۱۵]



شکل (۱۲): نمودار جریان خوشه بندی آرایه های فرش [۱۵]

آن برای مقایسه شباهت میان تصاویر ارائه شده است. این روش ها دربرگیرنده دو مرحله برون خط و برخط بودند. در مرحله برون خط ویژگی های تصاویر موجود در پایگاه داده استخراج و ذخیره شد و در مرحله برخط، ویژگی تصاویر پرسش شده برگرفته و با ویژگی های تصاویر موجود در پایگاه داده مورد مقایسه قرار گرفته و نتایج مشابه مشخص گردید. طبق ارزیابی روش آنالیز مؤلفه های اصلی دارای کارایی بسیار بالایی برای سرعت بخشیدن به جستجو در پایگاه داده تصاویر و همچنین فشرده سازی تصاویر هست. همچنین در پایگاه داده هایی که دارای نویز کمتر از ۱۰ درصد هستند می توان از روش انتقال کوسینوس گسسته (DCT) استفاده کرد. در شکل ۱۶ نمودار جریان ارزیابی تصویر قابل مشاهده است [۱۸].

به نظر می رسد که استفاده از روش موجک و فوری-ملین به دلیل در نظر گرفتن جزئیات داخلی آرایه ها مناسب تر بوده و درصد بازشناسی بالاتری را دارد.

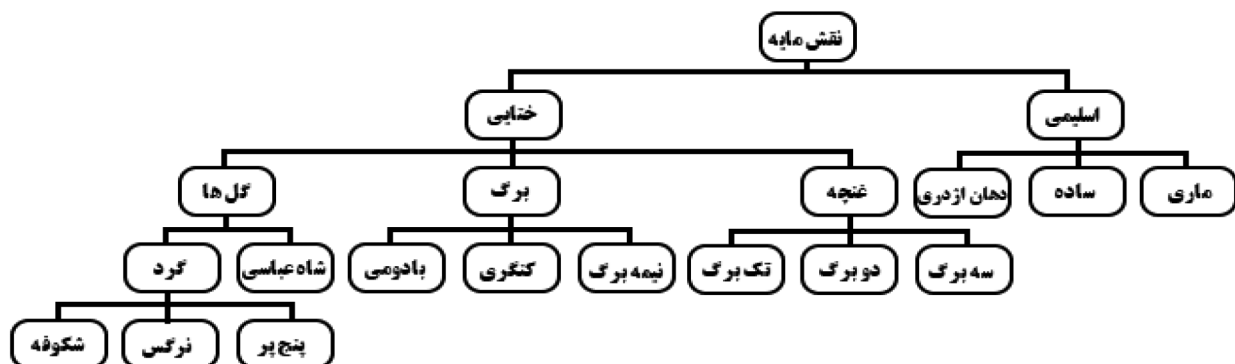
کاهش رنگ نقشه

تصاویر گرفته شده از نقشه فرش ها به دلیل تغییرات نوری محیط دارای تعداد رنگ بیشتری نسبت به نقشه اصلی فرش است و به دلیل محدودیت در تعداد رنگ نقشه برای تولید، باید حتی الامکان به تعداد صحیح رنگ نقشه رسید که به این منظور با استفاده از پردازش تصویر رنگ های تصاویر کاهش داده شده است. همچنین تشخیص صحیح رنگ های نقشه فرش از اهمیت بالایی برخوردار است زیرا اگر به درستی تصویر کاهش رنگ نیابد، رنگ خانه های نقشه اشتباه تشخیص داده

بهترین نرخ بازشناسی برای ۱۷ کلاس و زیر-کلاس، ۷۲ درصد بود که در شکل ۱۴ نشان داده شده است [۱۶].

در سال ۱۳۹۱ مجید خداکرمی و همکاران پژوهشی دیگر در رابطه با بازنمایی گل های فرش تحقیقی انجام دادند. در این تحقیق مجموعه گل های موجود در چهارده کلاس طبقه بندی شد. از آنجایی که گل ها دارای چرخش، تغییر مقیاس و انتقال هستند، توصیفگر مطلوب باید نسبت به این تغییرات پایا باشد. در اینجا از دو توصیفگر موجک و فوری-ملین (WFMT) استفاده شده است. در توصیفگر موجک از انحراف معیار مقدار عناصر زیر باندها استفاده شده است. برای ارزیابی توصیفگرهای به کاررفته، گل ها بازشناسی شدند. برای بازشناسی از روش نزدیک ترین همسایه استفاده شده که بیشترین نرخ بازشناسی با معیار فاصله منهن به دست آمد. برای روش غالبی که بر اساس شمارگر گل ها و توصیفگر فوریه بوده، نرخ بازشناسی ۶۹،۴ درصد گزارش شده است. در روش فوری-ملین که جزئیات داخلی نیز مدنظر بود، نرخ بازشناسی ۸۱،۵ درصد حاصل شد. شکل ۱۵ نمودار جریان بازشناسی است [۱۷].

در تحقیقی که توسط قادری زاده در سال ۱۳۹۶ انجام گردید، روش های مکانی برای استخراج ویژگی تصاویر فرش های ایرانی و نیز استفاده از



شکل (۱۴): نمودار ساختار نقش مایه های گل قالی [۱۶]



شکل (۱۷): نمودار جریان کاهش رنگ در نقشه چاپی فرش [۱۹]

روش، جستجو برای پیدا کردن بهترین مجموعه رنگ با تعداد مشخص، انجام شد و تعداد رنگ‌های نهایی ۱/۵ برابر تعداد رنگ‌های تعیینی توسط کاربر گردید [۲۲،۲۱].

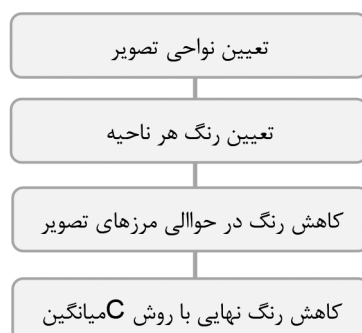
خردور و همکاران در سال ۱۳۹۲ در تحقیقی بر روی کاهش رنگ تمرکز کرده و روشی ارائه دادند تا در کاهش رنگ نواحی پیوسته‌تری به دست آید. روش استفاده شده در نمودار جریان شکل ۱۹ نشان داده شده است و تعداد رنگ به ۱/۲ برابر تعداد اعلام‌شده توسط کاربر رسید [۲۳].

طبق پژوهش‌های انجام شده در خصوص نقشه فرش نقطه‌گذاری شده، الگوریتم یادگیری تقویت شده بازده بالایی را حاصل کرد و در مورد نقشه فرش پیش از نقطه گذاری روش رشد ناحیه تعداد رنگ نزدیکتر به تعداد رنگ واقعی را بدست می‌دهد.

ارزیابی نقشه

کیفیت در طراحی نقشه از اهمیت بالایی برخوردار است و وجود ایراد در نقشه در نهایت سبب تولید محصولی با درجه کیفیت پایین خواهد شد. ایراداتی که ممکن است در نقشه فرش وجود داشته باشد شامل: شکستگی خطوط، نقاط اضافی، هم اندازه نبودن حاشیه‌های افقی و عمودی و دایره نبودن ترنج در نقشه‌های رایانه‌ای و در نقشه‌های دستی علاوه بر اشکالات ذکر شده، بیرون زدن رنگ از مرز خانه‌ها و کامل رنگ نشدن خانه‌ها هستند.

در سال ۱۳۹۱ متولی‌زاده و همکاران تحقیقی در رابطه با درجه‌بندی



شکل (۱۸): نمودار جریان برای کاهش رنگ نقشه قالی پیش از نقطه‌گذاری [۲۲،۲۱]



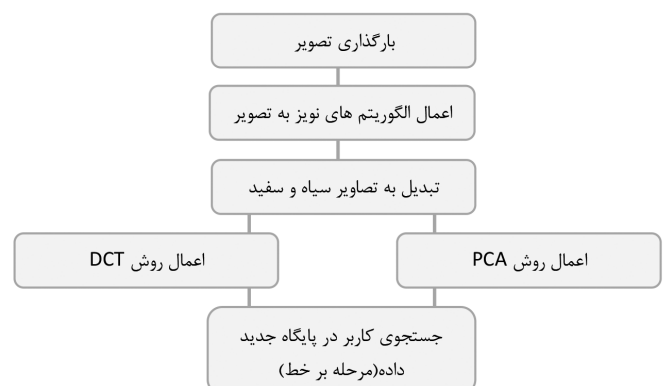
شکل (۱۵): نمودار جریان بازشناسی آرایه‌های قالی برگرفته از [۱۷]

خواهد شد و در نهایت باعث به هم ریختگی نقشه و کاهش کیفیت فرش حاصل خواهد شد.

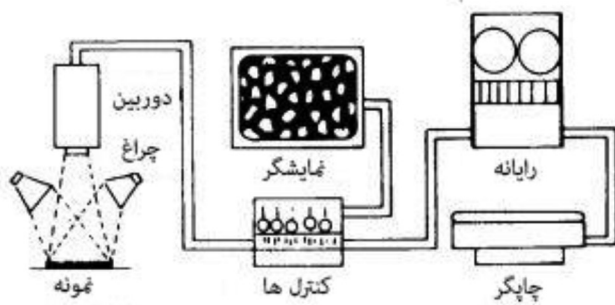
منصور فاتح و همکاران در سال ۱۳۹۰ به منظور معرفی روش کاهش رنگ تمام‌خودکار با دقت بالا پژوهشی را انجام دادند. برای این منظور از روش یادگیری تقویت‌شده استفاده شد که دقتی در حدود ۹۸ درصد دارد. میزان کاهش رنگ در روش پیشنهادی به نحوی بود که دقت الگوریتم کاهش پیدا نکرد. از این رو پالت نهایی، از تعداد رنگ بیشتری در مقایسه با پالت اصلی برخوردار بود. برای رسیدن به این هدف از مراحل آورده شده در نمودار جریان شکل ۱۷ استفاده شد [۱۹].

در سال ۲۰۱۳ عبدالرحمن در مقاله‌ای به استخراج رنگ‌های اساسی در یک تصویر با استفاده از کمی سازی پرداخت. هدف اصلی این بود که حداقل تعداد رنگ تصویر فرش (که توسط یک اسکتر به دست آمد) از ۱۶ میلیون رنگ تا ۵ رنگ به منظور اصلاح اشکال تصویر اصلی به طور خودکار بدون اعوجاج برسد. در این مقاله، برخی از الگوریتم‌های کوانتومی رنگ معرفی شده است که عبارت‌اند از: الگوریتم CDS (سیستم طراحی فرش)، برش-میانه، وو و شبکه عصبی. مقایسه نتایج استفاده از الگوریتم‌های کمی سازی نشان داد الگوریتم شبکه عصبی می‌تواند بهترین نتایج را بدون دخالت کاربر به دست آورد [۲۰].

در سال ۱۳۹۳ منصور فاتح و همکاران بر روی کاهش رنگ در نقشه‌های دستی پیش از نقطه‌گذاری مطالعه‌ای انجام دادند. الگوریتم پیشنهادی از ۴ مرحله اصلی آورده شده در نمودار جریان شکل ۱۸ تشکیل شده است. روش معرفی شده کاملاً خودکار نیست و تعداد رنگ‌های نقشه باید توسط کاربر به عنوان ورودی به الگوریتم داده شود. درواقع در این



شکل (۱۶): نمودار جریان بازیابی تصاویر فرش برگرفته از [۱۸]



شکل (۲۱): شماتیک سیستم آنالیز تصویر [۲۵]

می‌دهد. به علت تخریب لیف، سایش، سایه‌دار شدن، چرک شدن، توسعه زبری سطح و تغییر رنگ که اکثر این عوامل بر روی بافت خاب فرش تأثیر می‌گذارند.

جوز و همکاران در سال ۱۹۸۶ بر روی تغییر ظاهر فرش با تمرکز بر اندازه‌گیری‌های بافت فرش تحقیق کردند. در این تحقیق مجموعه‌ای از فرش‌های پلی‌استر آزمایش شدند و عکس‌های آن‌ها با استفاده از تحلیل تصویر کامپیوتری مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. این روش در ارزیابی تفاوت‌های معنادار در ظاهر فرش و به‌ویژه تغییرات بافتی ناشی از وضوح یا انسجام خاب/ پرز ممکن است ارزشمند باشد. هیستوگرام سطح خاکستری با تغییرات ظاهری، تفاوت در فاصله پرز و خواص مربوط به فرش مرتبط است. شکل ۲۱ سیستم آنالیز تصویر را به صورت شماتیک نشان می‌دهد [۲۵]. سوو و همکاران در سال ۱۹۸۸ مطالعه‌ای برای تجزیه و تحلیل بافت انجام دادند که از ویژگی‌های عددی به ترتیب در آمار سطح خاکستری مرتبه دوم و آمار مرتبه اول اختلاف سطح خاکستری استفاده کردند. برخی از ویژگی‌های برگرفته از ماتریس وابستگی سطح خاکستری فضایی، ماتریس وابستگی سطح خاکستری همسایگی، روش اختلاف سطح خاکستری و روش طول اجرای سطح خاکستری، قادر به تمایز درجه‌های سایش فرش پشمی بودند [۲۶]. در سال ۱۹۸۹ وود و همکاران در زمینه ارزیابی بافت فرش با استفاده از تجزیه و تحلیل تصویر مطالعه‌ای انجام دادند. در این مطالعه علاوه بر تأکید روی شرایط بهینه برای اندازه‌گیری بافت (به‌ویژه الزامات نورپردازی و تمرکز دوربین) تأثیرات جهت‌گیری نمونه و رنگ زیر لایه نیز تأکید شد. نتیجه کلی سایش، روشن شدن سطح فرش به علت دو اثر: افزایش بازتاب الیاف خابی که نزدیک‌تر به سطح افقی هستند نسبت



شکل (۲۲): نمودار جریان ارزیابی فرش فرسوده برگرفته از [۲۷]



شکل (۱۹): نمودار جریان روش پیشنهادی کاهش رنگ [۲۳]

سلامت نقشه‌های دستی فرش انجام دادند. به منظور این کار از روش آمده در نمودار جریان شکل ۲۰ استفاده شد و بر اساس میزان تفاوت پیکسل‌های نقشه دستی نقاش با نقشه دیجیتالی شده همان نقش می‌توان به طراح نقشه رتبه‌ای (نمره) اختصاص داد. در این تحقیق اشاره‌ای به مزایای استفاده از الگوریتم سوبلی که به صورت جداگانه پردازش لبه‌های عمودی و افقی را انجام می‌دهد، شده است [۲۴].

۲-۲- فرش

ارزیابی ظاهر فرش

ارزیابی بصری در فرش شامل ارزیابی و کنترل کیفیت در روند تولید و ارزیابی ظاهر فرش پس از استفاده طولانی مدت است. فرش به دلیل وجود خطا در مرحله طراحی، بافت و تکمیل دچار ایراد شده که در مرحله کنترل کیفیت از لحاظ بصری مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و بر روی درجه کیفیت محصول تأثیر خواهد گذاشت. در بحث ارزیابی ظاهر فرش پس از استفاده، حفظ ظاهر یک ویژگی کلیدی فرش است که اغلب مهم‌تر از دوام طولانی مدت شناخته می‌شود. نکته مهم این است که چگونه و با چه قیمتی فرش ظاهر اصلی خود را از دست



شکل (۲۰): نمودار جریان درجه‌بندی سلامت نقشه دستی فرش [۲۴]



شکل (۲۵): نمودار جریان ارزیابی هندسه پرز و ظاهر فرش فرسوده [۳۰]

سطح خاکستری فضایی و تفاوت سطح خاکستری مورد بررسی قرار گرفت که روند مشابهی داشت. به طور کلی، این روش‌ها برای تمایز درجه سایش و همچنین ارائه نشانه‌ای از تناوب بافتی مؤثر است. روند کلی در تباین به عنوان یک تابع از تغییرات در سطوح خاکستری به دلیل سایش به ما نشان می‌دهد که تباین، روشنایی و یکپارچگی واحد تکرار شونده می‌تواند تفاوت‌های عمده بین فرش‌های فرسوده شده و غیر فرسوده را به دست آورد. در شکل ۲۴ آنالیز هم رخدادی به صورت شماتیک نشان داده شده است [۲۹].

وو و همکاران در سال ۱۹۹۱ به طور دقیق به بررسی جزئیات تکنیک‌های بهبود تصویر نوین برای ارزیابی هندسه پرز و همراه با تغییرات ظاهری در فرش‌های جدید و فرسوده پرداختند. الگوریتم‌های جدید توسعه یافته نشان می‌دهد که چگونه توزیع اندازه پرز، تعداد



شکل (۲۶): نمودار جریان ارزیابی وضوح بافت با کوواریانس [۳۱]

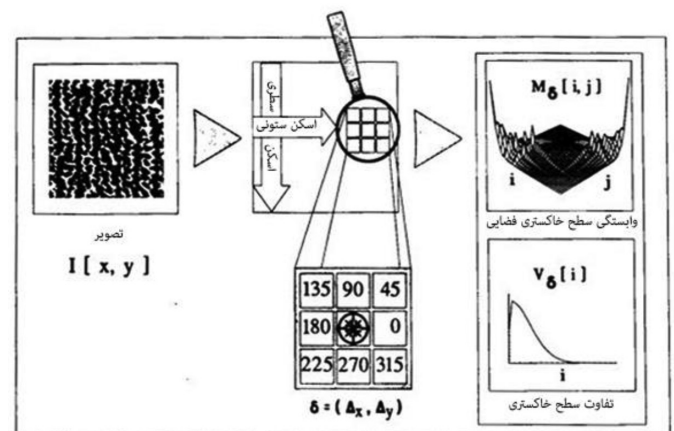


شکل (۲۳): نمودار جریان استفاده از روش‌های ابزاری برای تشخیص فرسودگی فرش [۲۸]

به نمونه جدید و از بین رفتن سایه‌ها از طریق کاهش اندازه حفره‌های بین پرزها است. ویژگی‌های چنین تصاویری از دست دادن لبه‌های موج‌دار و کاهش تباین تصویر است. با تبدیل یک تصویر به یک فرم نشان‌دهنده درجه وضوح، اندازه‌گیری حساسیت بافت امکان‌پذیر شد. این اساس تکنیک تنوع شدت محلی شده (LIV) است. شکل LIV یک تصویر ممکن است با استفاده از یک فیلتر تشخیص لبه مناسب مانند فیلتر سوبل پردازش شود. شکل ۲۲ نمودار جریان ارزیابی فرش را نشان می‌دهد [۲۷].

وو و همکاران در سال ۱۹۹۰ بر روی گسترش روش‌های عینی یا ابزاری برای اندازه‌گیری درک کاربر از ظاهر فرش کار کردند. کار گزارش شده شامل اندازه‌گیری توزیع دسته نخ یا اندازه پرز از طریق مراحل آمده در نمودار جریان شکل ۲۳ است [۲۸].

سُبوس و همکاران در سال ۱۹۹۱ در مطالعاتی به منظور ارزیابی اثرات سایش بر بافت‌های فرش، تلاش کردند که اجزای متناوب بافت را در فرش‌های پشمی جدا کنند. بافت به عنوان یک الگوی فضایی تکراری از شدت سطح خاکستری نمونه‌گیری شده، تعریف شده است. ابتدا فایل‌های تصویری با استفاده از تعدیل هیستوگرام کاهش رنگ یافتند، سپس ویژگی‌های بافتی با محاسبه اختلاف سطح خاکستری و آمار سطح خاکستری مرتبه دوم ارزیابی شد. دو روش وابستگی



شکل (۲۴): چارت جریان برای آنالیز هم رخدادی [۲۹]



شکل (۲۹): نمودار جریان اندازه گیری تناوب و موقعیت پرز [۳۵]

است [۳۱].

وود در سال ۱۹۹۳ پارامترهای مهم فرش در رده بندی را به روش پردازش تصویر تحلیل نمود تا به مدلی جهت پیش بینی رده بندی آن دست یابد. پارامترهای مهم فرش در رده بندی، وضوح پرز، روشنایی خاب، درشتی بافت، جهت گیری، پیوستگی، یکنواختی اندازه پرز، و تراکم نقاط روشن می باشند. اهمیت و وابستگی این پارامترها با در نظر داشتن نوع فرش قابل توجه است که مهم ترین پارامترهای اثرگذار در پیش بینی خواص فرش، روشنایی و وضوح خاب، جهت و تناوب آن بود. در این پژوهش، مزایای استفاده از فیلتر بالاگذر را بر بسته



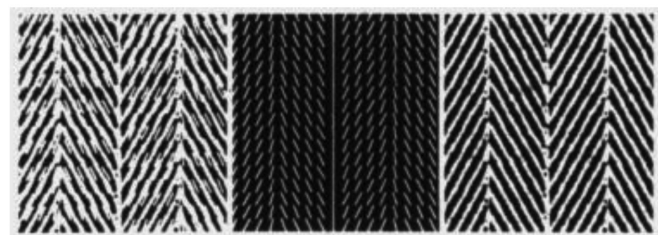
شکل (۳۰): نمودار جریان اندازه گیری تناوب و موقعیت پرز [۳۶]



شکل (۲۷): نمودار جریان اندازه گیری تناوب و موقعیت پرز [۳۴]

پرزها، یکنواختی توزیع فضایی پرز و نسبت ابعاد (فاکتور شکل) پرز می تواند به صورت عینی اندازه گیری شود. برای جستجوی پرزها در تصویر از دو روش باینری ساده و نقشه برداری دره استفاده شد که دقت روش نقشه برداری دره در شناسایی پرزها بیشتر از باینری ساده بود. تفاوت در ظاهر بافت به علت سایش یا ساختارهای فرشهای مختلف، با توزیع اندازه پرز، یکنواختی توزیع فضایی پرز و تجزیه و تحلیل شکل پرزهای تکی مشخص شد. شکل ۲۵ نمودار جریان ارزیابی هندسه پرز است [۳۰].

در سال ۱۹۹۲ سُبوس و همکاران در مقاله ای به ارزیابی از بین رفتن وضوح بافت فرش با استفاده از کوواریانس پرداختند. در این مقاله، کوواریانس تصویر با فرآیندی دیجیتالی از مورفولوژی ریاضی، به تصویر فرش باینری اعمال شد تا پارامترهای تناوب بافت به دست آیند. داده کوواریانس به اندازه گیری فرکانس، بزرگی، و میانگین تناوب کمک می کند. روش کوواریانس این مزایا را دارد: این محاسبات سریع و کارآمد است. شکل ۲۶ نمودار جریان ارزیابی وضوح بافت با کوواریانس



(الف) (ب) (ج)

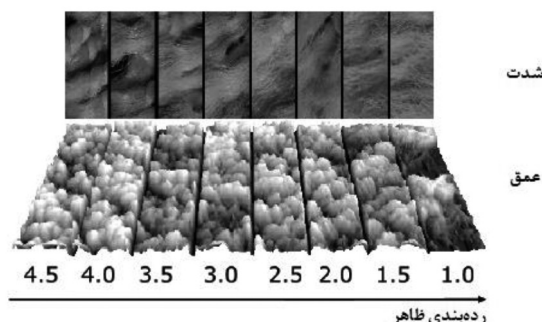
شکل (۲۸): تصویر آنالیز میدان جریان. (الف) تصویر اصلی، (ب) مسیرهای جریان، و (ج) ترکیب نقشه جریان و تصویر اصلی است [۳۵]



شکل (۳۳): نمودارهای جریان تکنیک‌های مورد استفاده در ارزیابی فرش [۳۹]

خاکستری برای اندازه‌گیری تناوب و جایابی پرز استفاده کردند. این روش، برای طرح‌های مرتب با اجزای تعریف شده استفاده شده است و از مراکز ثقل ماکزیمم شدت محلی برای تعیین موقعیت مراکز پرز کمک گرفته شد. موقعیت این نقاط با توجه به میانگین فاصله، تراکم و توزیع فضایی پرز آنالیز شدند. نمونه‌ها نشان دادند که فرسایش مکانیکی باعث افزایش فاصله پرز تا پرز، کاهش تراکم فضایی، و تمایل به رندوم شدن می‌شود (روند کار در نمودار شکل ۲۷ آمده است) [۳۴]. و در همان سال آنها در پژوهشی دیگر با استفاده از تحلیل میدان جریان و تکنیک‌های پردازش تصویر، تغییرات در جهت قرارگیری نخ خاب (سایه انداختن و اثرات مرزی) در اثر فرسایش را تعیین نمودند. نمونه‌ها نشان دادند که نتایج سایش مکانیکی در جهت‌گیری بافت در امتداد مسیر رفت‌وآمد است. شکل ۲۸ تصویر آنالیز میدان جریان و شکل ۲۹ نمودار جریان این پژوهش است [۳۵].

زو در سال ۱۹۹۴ در مطالعه‌ای تلاش کرد تا از تجزیه و تحلیل تصویر برای ارزیابی تغییرات ظاهری در فرش‌های پرزدار با استفاده از توصیف ویژگی پرز استفاده کند. یک گروه از تکنیک‌های پیش‌پردازش تصویر



شکل (۳۴): تغییر ظاهر سطح تصویر گرفته شده با دوربین روی فرش حلقوی [۴۰]



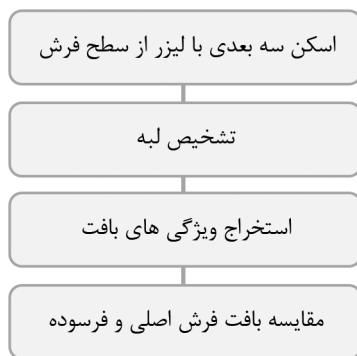
شکل (۳۱): نمودار جریان روش ارزیابی خودکار سایش فرش [۳۷]

می‌کند [۳۲].

در سال ۱۹۹۳ پوردیهیمی و همکاران در تحقیقی تغییرات ظاهر خاب فرش طی فرسایش مکانیکی را با کمک پارامترهای سطح بررسی نمودند. کاربرد آنالیز تصویر مقیاس خاکستری در اندازه‌گیری متغیرهای میکرو ساختاری و زبری یا برجستگی نیز بررسی شد. برجستگی سطح به صورت ناحیه شدت نرمال شده و ابعاد فراکتال اندازه‌گیری شده و سایش مکانیکی به طور کلی مستلزم کاهش برجستگی و تغییرات است، اما ساختار فرش اثر مهمی بر روند مشاهده شده دارد. شدت متوسط شاخصی مهم در تغییر بافت است. در کل متوسط شدت و ابعاد فراکتال کاندیدهای امیدوارکننده برای ارزیابی خودکار ظاهر فرش است [۳۳]. همچنین پور دیهیمی و همکاران (۱۹۹۴)، از آنالیز تصویر مقیاس



شکل (۳۲): نمودار جریان مقایسه روش‌های عینی و ذهنی ارزیابی سایش فرش [۳۸]



شکل (۳۷): نمودار جریان ارزیابی برچسب سایش در فرش فرسوده [۴۲]

برای ارزیابی عینی از حفظ ظاهر بافت فرش، مناسب و نتایج با روش ذهنی مرتبط بود. شکل ۳۲ نمودار جریان مقایسه روش های عینی و ذهنی ارزیابی سایش فرش است [۳۸].

در سال ۲۰۰۶ اولجای و همکاران تکنیک های تصویری را بررسی کردند که آزمون های ابزاری را در ارزیابی فرش از بین می برد. این مقاله مروری ابتدا در مورد برخی از تکنیک هایی که در مطالعات قبلی برای ارزیابی فرش مورد استفاده قرار گرفته اند و سپس روش هایی که می توانند برای ساخت یک سطح سه بعدی با استفاده از تصاویر دوبعدی گرفته شده توسط دوربین ویدئویی مورد استفاده قرار گیرند، صحبت می کند. شکل ۳۳ نمودارهای حاصل از این پژوهش بود [۳۹].

اوجولا و همکاران در سال ۲۰۱۰ روشی مؤثر جهت تعیین رده بندی ظاهر فرش های فرسوده با استفاده از داده های به دست آمده از تصاویر شدت و عمق فرش ها پیشنهاد نمودند (به عنوان نمونه در شکل ۳۴، عدد ۵، بیانگر کمترین تغییر در ظاهر و ۱ بیانگر بیشترین تغییر هست). تکنیک الگوی باینری محلی (LBP) همراه با اختلاف کولبک لیبلر هزینه محاسبه کمی را برای پیش بینی سایش ارائه می دهد. شکل ۳۴ تغییر ظاهر سطح را نشان می دهد [۴۰].

اوجولا و همکاران در سال ۲۰۱۰ با استفاده از تکنیک الگوهای باینری محلی به ارزیابی توصیف برچسب سایش در فرش پرداختند. در این پژوهش استفاده از تکنیک های پردازش تصویر، به ویژه از آمار الگوی باینری محلی، زمانی که با یک سازگاری متقارن از اختلاف کولبک-لیبلر ترکیب شود، به دلیل اینکه آمارها در برابر تغییرات روشنایی مقاوم هستند، پیشنهاد گردید و به عنوان یک نوآوری، الگوهای باینری محلی ثابت چرخشی موجود را با استفاده از ثابت های «آینه» و «مکمل»



شکل (۳۸): روش نوری برای اندازه گیری عمق در اشکال سه بعدی بر پایه مثلث بندی [۴۳]

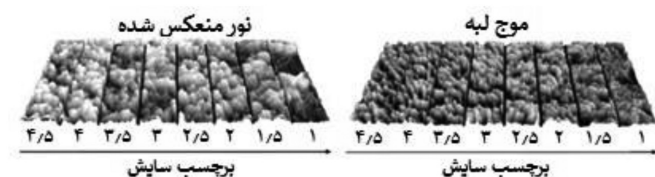


شکل (۳۵): نمودار جریان ارزیابی برچسب سایش در فرش فرسوده [۴۱]

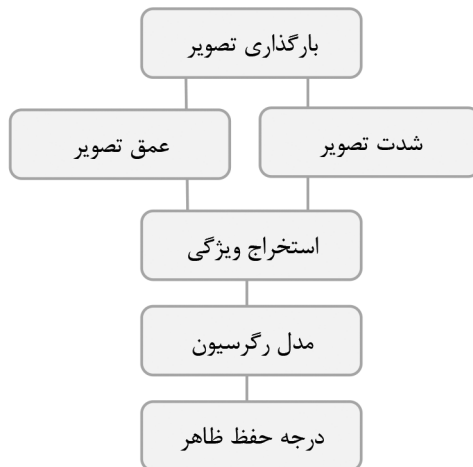
همانند نمودار جریان ۳۰ به عنوان ابزاری مؤثر در استخراج پرزهای تکی از پس زمینه تصویر استفاده شده است. از آنجاکه ویژگی های پرز مانند هندسه، جهت گیری و آرایش فضایی عوامل کلیدی در ارزیابی بصری و در نتیجه تحلیل تصویر از ظاهر فرش است، این مقاله روی استفاده از سه روش شکل، جهت گیری و آنالیزهای الگوی فضایی برای ویژگی های پرز تمرکز کرده است [۳۶].

در سال ۱۹۹۶ استین لاندت و همکاران در تحقیقی انواع پارامترهای مؤثر و همین طور ترکیب پارامترها با یکدیگر را در ارائه مدلی مناسب جهت پیش بینی سایش فرش با استفاده از روش شبکه عصبی بررسی نمودند. واضح است که با فرسایش، شدت رنگ ها افزایش می یابد؛ اما این میزان افزایش برای دو فرش با رنگ های مختلف اما ساختارهای برابر یکسان نیست، به همین سبب شدت به تنهایی پارامتری قابل اعتماد برای مدل سازی نیست به همین علت در تحلیل آماری، توزیع و شدت (هم شدت آبی و قرمز و سبز و هم شدت میانگین) استفاده شد. پارامترهای دیگری نیز دخیل بودند که از روش های طیف توانی فوری و ماتریس های آماری به دست آمدند. شکل ۳۱ نمودار جریان ارزیابی خودکار سایش است [۳۷].

پرسلی در سال ۱۹۹۷ یک روش عینی برای اندازه گیری حفظ بافت در فرش ها را با روش ذهنی معمول مقایسه کرد. این مطالعه نشان داده است که استفاده از روش های تجزیه و تحلیل تصویری و کوواریانس و هم رخدادی پتانسیل بسیار عالی برای ارائه اندازه گیری قابل اعتماد



شکل (۳۶): مقایسه تشخیص سطح سایش با دو روش نور منعکس شده و موج لبه [۴۲]



شکل (۴۱): نمودار جریان استخراج ویژگی‌های بافت با اسکنر سه‌بعدی [۴۵]

می‌دهد [۴۲].

در سال ۲۰۱۰ اورجولا و همکاران در مقاله‌ای با استفاده از یک اسکنر سه‌بعدی جدید به استخراج ویژگی‌های بافت فرش‌های فرسوده پرداختند. در این مقاله آن‌ها آمار الگوهای باینری محلی را با اقتباس از اختلاف کولبک - لیبلر محاسبه کردند که هزینه محاسبه کمتری را در برمی‌گیرد و میزان درجه سایش نمونه‌های منسوج کفپوش را برآورد می‌کند، سپس دو پارامتر: (۱) همبستگی رتبه اسپیرمن و (۲) همبستگی خطی پیرسون، را برای مقایسه عملکرد اسکنر پیشنهادی و اسکنر قدیمی محاسبه کردند و هر دو پارامتر نشان داد که اسکنر پیشنهادی بهتر عمل می‌کند، زیرا به‌طور خاص برای فرش‌ها طراحی شده، سریع‌تر، ارزان‌تر، بهتر و همچنین بسیار مناسب‌تر برای فرش‌های تیره‌تر است. شکل ۳۸ روش نوری مورد استفاده و شکل ۳۹

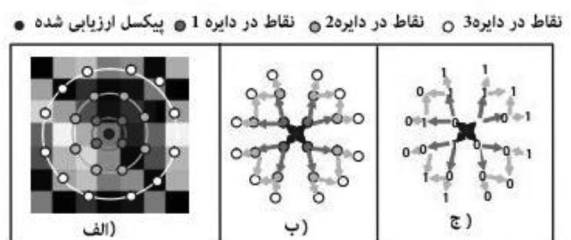


شکل (۴۲): نمودار جریان بررسی مقاومت سایشی کفپوش با پردازش تصویر برگرفته از [۴۶]



شکل (۳۹): نمودار جریان استخراج ویژگی‌های بافت با اسکنر سه‌بعدی [۴۳]

گسترش دادند. در شکل ۳۵ نمودار جریان این روش رسم شده است [۴۱]. همچنین در همان سال اورجولا و همکاران پژوهشی دیگر در مورد استفاده از یک آشکارساز لبه موجک انجام دادند که هدف رسیدن به تصاویر عمق خوب برای یک سیستم خودکار بود که باید درصد بالایی از ارزیابی‌های صحیح را برای طیف وسیعی از فرش‌ها داشته باشد. در این پژوهش از دو روش نور منعکس شده و موج لبه برای تشخیص لبه استفاده شد و سپس با استفاده از اختلاف کولبک-لیبلر و الگوهای باینری محلی ثابت چرخشی گسترش یافته با ثابت‌های آینه و مکمل، ویژگی‌های بافت از دو تصویر عمق و شدت برگرفته و در نهایت نتایج مورد ارزیابی قرار گرفتند. شکل ۳۶ نمونه‌هایی از تغییر در ظاهر سطح گرفته شده با هر دو روش و شکل ۳۷ نمودار جریان را نشان



شکل (۴۰): بررسی اجمالی از تکنیک الگوی باینری محلی هندسی. (الف) نقاط جای گرفته روی سه دایره با شعاع‌های متفاوت در یک پنجره ۷×۷. پیکسل مرکز و نقاط در محدوده دایره‌های با شعاع‌های مختلف با رنگ‌های متفاوت شناسایی شدند. (ب) ساختار مجاورت. ارتباط بین نقاط مجاور با استفاده از فلش از نقطه‌ای که به عنوان آستانه استفاده می‌شود، کشیده شده است. (ج) نمایش باینری [۴۴]



شکل (۴۳): نمودار جریان شناسایی عیوب فرش برگرفته از [۴۷]

الگوی باینری محلی بر اساس تشخیص فرکانس الگوهایی که مربوط به درجه بندی حفظ ظاهر است، استخراج گردید و در نهایت با استفاده از مدل های رگرسیون خطی بر روی ویژگی های بافت برگرفته از تصاویر شدت و عمق، تغییرات ظاهری اندازه گیری شد (شکل ۴۱ نمودار جریان استخراج ویژگی های بافت) [۴۵].

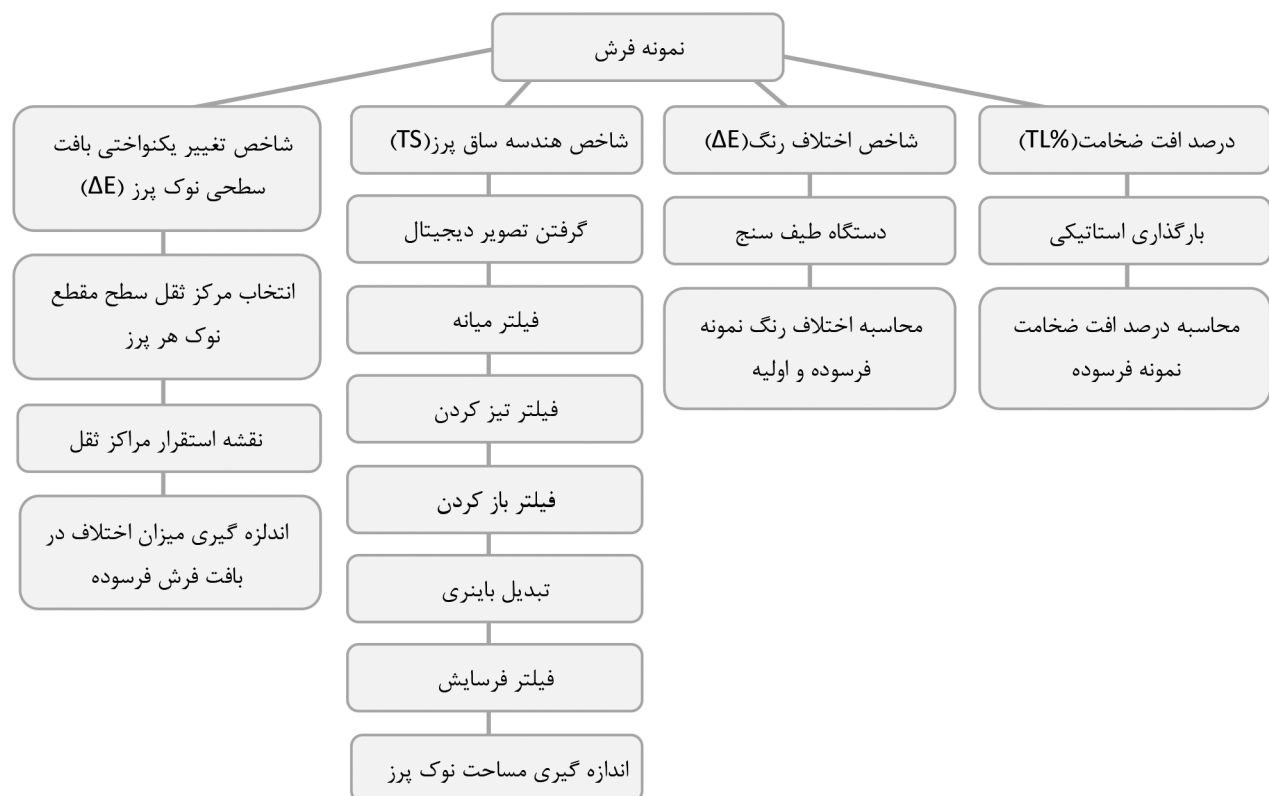
مختاری و همکاران در سال ۲۰۱۵ به بررسی مقاومت سایشی کفپوش به وسیله تکنیک پردازش تصویر پرداختند. تصاویر نمونه ها توسط یک اسکنر گرفته شده و با روش پردازش تصویر با دو توابع مختلف، تصاویر ارزیابی شدند که روند پردازش تصویر در نمودار شکل ۴۲ نشان داده شده است. همچنین تغییرات وزن نمونه های کفپوش به عنوان شاخص برای نشان دادن روند سایش مورد بررسی قرار گرفت [۴۶].

صادقی کبودیان و همکاران در سال ۱۳۸۸ با استفاده از الگوریتم های پردازش تصویر و شبکه عصبی به شناسایی عیوب فرش پرداختند. در این پژوهش یک سامانه خودکار شناسایی عیوب برای فرش ارائه می شود. برای تشخیص عیوب فرش، از اطلاعات رنگ برگرفته از فرش بر اساس فضای رنگی CIELAB (تبدیل غیر خطی از فضای RGB) استفاده شده

نمودار جریان استخراج ویژگی های بافت است [۴۳].

کویینونس و همکاران در سال ۲۰۱۱ از روش الگوهای باینری محلی هندسی برای اندازه گیری حفظ ظاهر در فرش استفاده کردند. در پژوهش های پیشین روش الگوهای باینری محلی نتایج خوبی را نشان می داد یکی از مشکلات آن تمایز بین درجات حفظ ظاهر در فرش بود، به این منظور از یک تعمیم الگوهای باینری محلی به نام الگوی باینری محلی هندسی استفاده شد که اساس آن ارزیابی تفاوت های مقیاس خاکستری بین نقاط مجاور تعریف شده بر روی یک مسیر در همسایگی بود و تقارن مسیرهای الگوی باینری محلی هندسی ارزیابی شد. شکل ۴۰ توضیح کلی تکنیک الگوی باینری محلی هندسی است [۴۴].

اورجولا و همکاران در سال ۲۰۱۲ یک سیستم ارزیابی خودکار درجه حفظ ظاهر برای فرش هایی با ساختار کم خاب بدون الگوهای رنگی ارائه کردند. در این مقاله ابتدا تصاویر شدت و عمق از تصویر اصلی اکتساب شد که تصویر محدوده از دو روش: نور منعکس شده و موج لبه به دست آمده است. سپس ویژگی های بافت با استفاده از تکنیک های



شکل (۴۴): نمودار جریان شناسایی عیوب فرش برگرفته از [۴۸]

رابطه مناسب برای تخمین‌ها، راستی‌آزمایی و معرفی شد. شکل ۴۴ نمودار جریان شناسایی عیوب فرش است [۴۸].

میر جلیلی و همکاران در سال ۱۳۹۴ برای تطبیق بافت فرش دستی با نقشه از پردازش تصویر استفاده کردند. در این مقاله برای تطبیق بافت فرش دستی با نقشه در حین بافتن فرش (به علت منظم دیده شدن گره‌ها از پشت فرش) عکس از پشت فرش گرفته شد. برای تشخیص آخرین گره بافته‌شده ابتدا آخرین ردیف بافته‌شده را پیدا کرده و با تشخیص محل‌هایی که هنوز گره‌زده نشده، رنگ آخرین گره تشخیص داده شد. اگر رنگ تشخیص داده‌شده با رنگ همتای آن در نقشه برابر بود پیامی مبنی بر صحیح بافتن فرش داده می‌شود و در غیر این صورت پیام خطا داده‌شده تا بافنده فرش متوجه خطا شود و گره خود را اصلاح نماید. شکل ۴۵ نمودار جریان تشخیص رنگ آخرین گره بافته‌شده فرش و ۴۶ نمونه‌ای از نتیجه کار است [۴۹].

در زمینه ارزیابی فرش مستعمل روش‌های تشخیص لبه، آستانه‌گیری، تجزیه و تحلیل هم‌رخدادی LIV، LBP و SKL بیشتر موردتوجه محققین قرار گرفته است.

تعیین مشخصات

از سال‌ها پیش خصوصیات ظاهری فرش موردتوجه محققین بوده است. از جمله خصوصیات تأثیرگذار بر ظاهر فرش می‌توان به نقشه، مساحت، جهت‌گیری و تراکم پرز اشاره کرد. بر اثر مرور زمان و مستعمل شدن

است. برای شناسایی عیوب فرش دو روش پیشنهاد شده است: ۱- روش بهینه‌شده مبتنی بر تصمیم‌گیری محلی در فضای CIELAB، ۲- تلفیق تصاویر شاخص دار با روش قبل. از تصاویر شاخص دار به‌منظور کاهش حجم محاسبات استفاده شده است. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که کارایی الگوریتم استفاده از تصاویر شاخص دار در مقایسه با روش اول از نظر زمان پردازش و دقت شناسایی بهبود قابل توجهی یافته است. برای استخراج رنگ‌های مرجع از روش‌های پیش‌فرض (میانگین‌گیری) و خودکار (K- میانگین، C- میانگین فازی و شبکه عصبی) استفاده شد. روند شناسایی کلی عیوب در نمودار جریان شکل ۴۳ آمده است [۴۷]. طباطبایی و همکاران در سال ۱۳۹۴ به‌منظور تخمین طول عمر فرش‌های پشمی پژوهشی با محوریت تغییر ظاهر و رنگ فرش به روش آماری انجام دادند. چهار شاخص درصد افت ضخامت (TL)، میزان اختلاف رنگ نخ‌های پرز (ΔE)، تغییر مشخصات هندسی ساق پرزها (TS) و تغییر یکنواختی بافت سطحی نوک ساق پرزها (ET) از گروه خواص عملکردی مرتبط با دوام ظاهر و رنگ فرش‌ها مدنظر قرار گرفته شدند. دو خواص TS و ET با استفاده از روش پردازش تصویر اندازه‌گیری شدند. در ابتدا با استفاده از آزمون چند متغیره، متغیرهای مؤثر انتخاب‌شده و سپس با آنالیز واریانس چند متغیره معنی‌داری مدل‌های حاصل ارزیابی شد. معادلات بهینه برای هر گروه خواص با استفاده از الگوی رگرسیون چندگانه چندمتغیره تعیین شد. مدل معکوس مربوط به عامل شدت فرسایش به‌عنوان



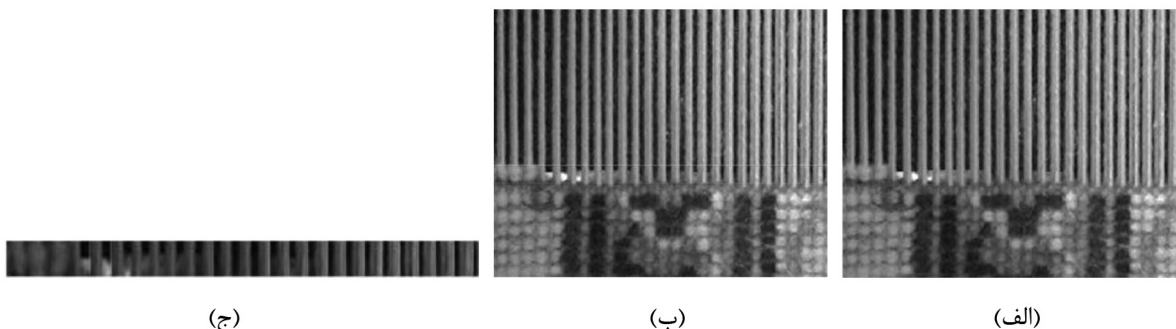
شکل (۴۷): نمودار جریان تشخیص و تعیین مشخصات هندسی پرزهای فرش [۵۰]

تحقیق از الگوریتم آب پخشان برای تشخیص و تفکیک پرزهای فرش از یکدیگر استفاده شد و سپس مشخصات هندسی پرزهای تفکیک شده (از جمله مساحت، زاویه جهت گیری و تراکم) اندازه گیری شد. نتایج حاکی از این بود که این روش مستقل از رنگ نمونه و جهت نمونه برداری است. روند تشخیص و تعیین مشخصات هندسی پرزهای فرش به کار رفته در نمودار جریان شکل ۴۷ آمده است [۵۰].

مارشال در سال ۲۰۱۸ با استفاده از شبکه های عصبی و مکاترونیک جهت خاب فرش را تعیین کرد. در این روش نمونه هایی از فرش های

شکل (۴۵): نمودار جریان تشخیص رنگ آخرین گره بافته شده فرش [۴۹]

(کهنگی) فرش این خصوصیات تغییر می کنند که این امر بر ظاهر فرش، خصوصاً جلای آن، تأثیر بسیار دارد. هرچه این خصوصیات پایدارتر باشند، فرش دارای دوام طول عمر بیشتری خواهد بود. در سال ۱۳۸۷ طبیبی و همکاران به منظور تشخیص و تعیین مشخصات هندسی پرزهای فرش از الگوریتم آب پخشان استفاده نمودند. در این



شکل (۴۶): نمونه ای از ورودی و خروجی برنامه تطبیق رنگ فرش. (الف) تصویر از پشت فرش (ورودی)، (ب) تعیین رمز آخرین ردیف بافته شده روی تصویر، (ج) تعیین محلی که از رنگ سفید به مشکی می رود برای یافتن محل گره و تطبیق رنگ آن با نقشه (خروجی) [۴۹]

زمینه پردازش تصویر در فرش پرداخته شد. در زمینه خواندن نقشه اغلب محققین از روش لبه‌یابی و پنجره‌گذاری، در کاهش رنگ بیشتر روش خوشه‌بندی و در تشخیص آرایه‌های نقشه اغلب توصیفگر فوریه و روش خوشه‌بندی را مورد استفاده قرار داده بودند. در زمینه ارزیابی فرش نیز محققان اغلب از روش‌های تشخیص لبه، آستانه‌گیری، تجزیه و تحلیل هم‌رخدادی، LBP، LIV، SKL استفاده کردند. مطالعات نشانگر این مهم بودند که بهره‌گیری از بینایی ماشین و پردازش تصویر در ارزیابی ظاهر و مشخصات فرش و همچنین خواندن نقشه، تشخیص آرایه‌ها، کاهش رنگ و ارزیابی نقشه فرش می‌تواند کمک شایانی به فرآیند کنترل کیفیت، کاهش زمان فرآیند طراحی تا تولید و کاهش هزینه‌ها داشته باشد. در زمینه نقشه فرش از پردازش تصویر می‌توان به منظور تغییر ابعاد و ویرایش نقشه‌های فرش استفاده نمود، همچنین در خصوص ارزیابی نقشه‌های فرش و ارزیابی ظاهر فرش پس از تولید پژوهش‌های زیادی انجام نشده است که می‌تواند مورد توجه پژوهشگران در این زمینه قرار گیرد.

مراجع:

۱. ماشین بینایی، www.fa.wikipedia.org، آخرین بازدید ۱۳۹۸/۳/۶.
۲. معرفی فرش، www.parsehcarpet.com، آخرین بازدید ۱۳۹۸/۳/۶.
۳. نصیری م، افسانه جاویدان فرش ایران، انتشارات فرهنگسرای میردشتی، ۱۳۸۹.
۴. ژوله ت، پژوهشی در فرش ایران، انتشارات یساولی، ۱۳۹۰.
۵. انواع نقشه کشی فرش، www.zilooome.com، آخرین بازدید ۱۳۹۸/۳/۶.
۶. زینل پور م، پیوندی پ، ایزدان ح، مروری بر روش‌های تولید، ارزیابی و تشخیص الگوی استتاری، مجله علوم و فناوری نساجی، سال ششم، شماره ۳، ۹-۲۱، ۱۳۹۶.
۷. گزنال ر، وودز ر، پردازش تصویر دیجیتال در متلب، ترجمه کیا م، چاپ پنجم، انتشارات علوم رایانه، ۱۳۹۵.
۸. زارع نژاد ز، پیوندی پ، خوشه‌بندی تصاویر پوشاک با استفاده از پردازش تصویر و الگوریتم K-means، مجله علوم و فناوری نساجی، سال سوم، شماره ۱، ۱-۱۰، ۱۳۹۲.
۹. ایزدی پور، کبیر ا، شناسایی خودکار خطوط نقشه فرش، هشتمین کنفرانس سیستم‌های هوشمند، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران، شهریور ۱۳۸۶.
۱۰. شیرینی ف، کبیر ا، آشکارسازی خطوط نقشه‌های دستی فرش، ششمین کنفرانس ماشین بینایی و پردازش تصاویر ایران، دانشگاه اصفهان، آبان ۱۳۸۹.
۱۱. شیرینی ف، کبیر ا، بهسازی تصویر لبه برای آشکارسازی خطوط نقشه فرش، سومین همایش ملی مهندسی رایانه و فناوری اطلاعات، سازمان سما همدان، بهمن ۱۳۸۹.
۱۲. ایزدی پور، کبیر ا، ارائه روشی برای خواندن خودکار نقشه چاپی فرش و مقایسه آن با روش خوشه‌یابی C-میانگین، نشریه مهندسی برق و مهندسی رایانه ایران، سال هشتم، شماره ۱، ۵۶-۴۹، ۱۳۸۹.
۱۳. فاتح م، کبیر ا، خواندن خودکار نقشه‌های دستی فرش، سیستم‌های هوشمند در مهندسی برق، سال سوم، شماره ۲، ۳۰-۱۵، ۱۳۹۱.
۱۴. میرجلیلی س، میرجلیلی ا، نقشه خوان اتوماتیک فرش دستی توسط رابط گرافیکی متلب و ویژگی خاص هر رنگ، سومین کنفرانس ملی و اولین کنفرانس بین‌المللی پژوهش‌های کاربردی در مهندسی برق، مکانیک و مکترونیک، دانشگاه صنعتی مالک

برجسب‌گذاری شده مختلف برای آموزش و معتبر ساختن یک شبکه عصبی پیچشی مورد استفاده قرار گرفت. همچنین نمونه‌ها برای آزمایش یک‌راه حل الکترومکانیکی مورد استفاده قرار گرفتند [۵۱]. در زمینه تعیین مشخصات ظاهری فرش پژوهش‌های کمی انجام شده است و طبق تحقیق انجام شده الگوریتم آب پخشان مستقل از رنگ نمونه و جهت نمونه‌برداری عمل می‌کند که این خود مزیت بزرگی به حساب می‌آید، لیکن می‌توان با روش‌های دیگری مقایسه نمود تا میزان دقت این روش مشخص گردد.

۳- نتیجه‌گیری

در این مقاله زمینه‌هایی که پردازش تصویر در صنعت فرش می‌تواند کاربرد داشته باشد معرفی شدند و به مرور تحقیق‌های انجام شده در

اشتر تهران، بهمن ۱۳۹۴.

۱۵. غالبی ح، کبیر ا، داودی ه، خوشه‌بندی آرایه‌ای گل‌های فرش با بکارگیری توصیفگر فوریه، ششمین کنفرانس ماشین بینایی و پردازش تصاویر ایران، دانشگاه اصفهان، آبان ۱۳۸۹.
۱۶. غالبی ح، کبیر ا، شیخان م، بازشناسی نقش‌مایه‌های قالی، بیستمین کنفرانس مهندسی برق ایران، دانشگاه تهران، اردیبهشت ۱۳۹۱.
۱۷. خداکرمی سرگنجه م، کبیر ا، بازنمایی گل‌های قالی با استفاده از تبدیل‌های موجک و فوریه - ملین، سیستم‌های هوشمند در مهندسی برق، سال سوم، شماره ۴، ۲۷-۳۸، ۱۳۹۱.
۱۸. قادری زاده س، بازیابی تصاویر فرش‌های ایرانی با روش مکانی غیر فرکانسی PCA، دومین کنفرانس ملی پژوهش‌های نوین در مهندسی برق و رایانه، موسسه آموزش عالی بصیر تهران، شهریور ۱۳۹۶.
۱۹. فاتح م، کبیر ا، نیلی احمد آبادی م، کاهش رنگ در نقشه چاپی فرش به کمک یادگیری تقویت‌شده، نشریه مهندسی برق و مهندسی رایانه ایران، سال نهم، شماره ۳، ۱۳۳-۱۴۲، ۱۳۹۰.
20. Abdulrahman, W., Carpet Image Processing Using Quantification, *Elektrorevue*, 4, 3, 51-56, 2013.
۲۱. فاتح م، کبیر ا، کاهش رنگ نقشه‌های دستی فرش پیش از نقطه‌گذاری، نشریه مهندسی برق و مهندسی رایانه ایران، ب-مهندسی رایانه، سال دوازدهم، شماره ۱، ۳۳-۴۱، ۱۳۹۳.
22. Fateh, M., Kabir, E, Color Reduction in Hand-drawn Persian Carpet Cartoons before Discretization using image segmentation and finding edgy regions, *Journal of AI and Data Mining*, 6, 1, 47-58, 2018.
۲۳. خردور ب، فاتح م، کبیر ا، کاهش رنگ نقشه‌های دستی فرش، پیش از نقطه‌گذاری با تکیه بر پیوستگی نواحی، نوزدهمین کنفرانس ملی سالانه انجمن کامپیوتر ایران، دانشگاه شهید بهشتی تهران، اسفند ۱۳۹۲.

۳۴. متولی زاده م، فائز ک، درجه بندی سلامت نقشه های دستی فرش، اولین کنفرانس بازشناسی الگو و تحلیل تصویر ایران، دانشگاه بیرجند، اسفند ۱۳۹۱.

25. Jose, D. J., Hollies, N. R. S., & Spivak, S. M., Instrumental techniques to quantify textural change in carpet part I: image analysis, *Textile research journal*, 56, 10, 591-597, 1986.
26. Siew, L. H., Hodgson, R. M., & Wood, E. J., Texture measures for carpet wear assessment, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 10, 1, 92-105, 1988.
27. Wood, E. J., & Hodgson, R. M., Carpet texture measurement using image analysis, *Textile Research Journal*, 59, 1, 1-12, 1989.
28. Wu, Y., Pourdeyhimi, B., Spivak, S. M., & Hollies, N. R. S., Instrumental techniques to quantify textural and appearance changes in carpet: Part III: Colorimetric image analysis, *Textile research journal*, 60, 11, 673-687, 1990.
29. Sobus, J., Pourdeyhimi, B., Gerde, J., & Ulcay, Y., Assessing changes in texture periodicity due to appearance loss in carpets: gray level co-occurrence analysis, *Textile Research Journal*, 61, 10, 557-567, 1991.
30. Wu, Y., Pourdeyhimi, B., & Spivak, S. M., Texture evaluation of carpets using image analysis, *Textile Research Journal*, 61, 7, 407-419, 1991.
31. Sobus, J., Pourdeyhimi, B., Xu, B., & Ulcay, Y., Evaluating loss of texture definition in carpets using mathematical morphology: Covariance, *Textile research journal*, 62, 1, 26-39, 1992.
32. Wood, E. J., Description and measurement of carpet appearance, *Textile research journal*, 63, 10, 580-594, 1993.
33. Pourdeyhimi, B., Sobus, J., & Xu, B., Evaluating carpet appearance loss: surface intensity and roughness, *Textile research journal*, 63, 9, 523-535, 1993.
34. Pourdeyhimi, B., Xu, B., & Wehrle, L., Evaluating carpet appearance loss: periodicity and tuft placement, *Textile research journal*, 64, 1, 21-32, 1994.
35. Pourdeyhimi, B., Xu, B., & Nayernouri, A. (1994). Evaluating carpet appearance loss: pile lay orientation. *Textile research journal*, 64(3), 130-135.
36. Xu, B., Assessing carpet appearance retention by image analysis, *Textile Research Journal*, 64, 12, 697-709, 1994.
37. Van Steenlandt, W., Collet, D., Sette, S., Bernard, P., Lüning, R., Tezer, L., ... & Schulz, H. J., Automatic assessment of carpet wear using image analysis and neural

networks, *Textile research journal*, 66, 9, 555-561, 1996.

38. Presley, A. B., Appearance retention of carpets using image analysis; correlation with subjective method, *Clothing and Textiles Research Journal*, 15, 4, 235-245, 1997.
39. Ulcay, Y., Gemci, R., & Altun, Ş., Carpet Evaluation By Imaging, *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 11, 1, 27-31, 2006.
40. Orjuela, S. A., Rooms, F., Philips, W., De Meulemeester, S., & de Keyser, R., Automated wear label assessment in carpets by using local binary pattern statistics on depth and intensity images, *IEEE ANDESCON*, 2010.
41. Orjuela, S., Vansteenkiste, E., Rooms, F., De Meulemeester, S., Keyser, R., & Philips, W., Evaluation of the wear label description in carpets by using local binary pattern techniques, *Textile Research Journal*, 80, 20, 2132-2143, 2010.
42. Vargas, S. A. O., Jaramillo, B. O., De Meulemeester, S., Alvarez, J. C. G., Rooms, F., Pižurica, A., & Philips, W., Surface reconstruction of wear in carpets by using a wavelet edge detector, In *International Conference on Advanced Concepts for Intelligent Vision Systems*, Springer, Berlin, Heidelberg, 2010.
43. Orjuela, S. A., Vansteenkiste, E., Rooms, F., De Meulemeester, S., De Keyser, R., & Phillips, W., Feature extraction of the wear label of carpets by using a novel 3d scanner. In *Optics, Photonics, and Digital Technologies for Multimedia Applications*, International Society for Optics and Photonics, 2010.
44. Quinones, R., Orjuela, S. A., Ortiz-Jaramillo, B., Van Langenhove, L., & Philips, W., Quantifying appearance retention in carpets using geometrical local binary patterns, In *International Conference on Advanced Concepts for Intelligent Vision Systems*, Springer, Berlin, Heidelberg, 2011.
45. Vargas, S. O., Vansteenkiste, E., Rooms, F., Philips, W., Ortiz-Jaramillo, B., De Meulemeester, S., ... & De Keyser, R., Automatic grading of appearance retention of carpets using intensity and range images, *Journal of Electronic Imaging*, 21, 2, 1-10, 2012.
46. Mokhtari, F., Varkiyani, S. M. H., & Latifi, M., Evaluation of Floorcovering Abrasion Resistance by Means of Image Processing Technique, *Journal of textiles and polymers*, 3, 2, 40-45, 2015.

۴۷. صادقی کبودیان م، روش های شناسایی عیوب فرش توسط الگوریتم های پردازش تصویر و شبکه های عصبی، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی برق مخابرات، دانشکده

- برق، مکانیک و مکاترونیک. دانشگاه صنعتی مالک اشتر تهران، دی ۱۳۹۴.
۵۰. طبیبی جلیلی ع، افخمی غ، حسینی راوندی ع، تشخیص و تعیین مشخصات هندسی پرزهای فرش با استفاده از الگوریتم آبپخشان، نشریه علمی و پژوهشی شریف، سال بیست و چهارم، شماره ۴۳، ۷۱-۷۷، ۱۳۸۷.
۴۸. طباطبایی هنزایی م، قانع م، حسنی ح، زینل همدانی ع، تخمین طول عمر فرش های پشمی با رویکرد تغییرات ظاهر و رنگ، نشریه علمی-پژوهشی علوم و فناوری رنگ، سال نهم، شماره ۴، ۳۴۱-۳۵۰، ۱۳۹۴.
۴۹. میرجلیلی س، میرجلیلی ا، تطبیق بافت فرش دستی با نقشه توسط پردازش تصویر، سومین کنفرانس ملی و اولین کنفرانس بین المللی پژوهش هایی کاربردی در مهندسی
51. [51] Marshall, M., Neural networks and mechatronics for detecting carpet pile direction, Journal of Textiles and Fibrous Materials, 1, 1, 1-7, 2018.

