مجله علوم و فناوری نساجی
دوره جدید، شماره ۷، شماره پیاپی ۲۳
صفحه ۵۷-۳۹، ۱۳۹۷
ISSN: ۲۱۵۱-۷۱۶۲

مروری بر کاربرد بینایی ماشین در صنعت فرش

A Review for Application of Machine Vision Systems in Carpet Industry

سرورالسادات دشمن‌فنا یزدی[۱و۲]، پدرام پیوندی[۱و۲*]، مرتضی ودود[۱و۲]

۱- دانشکده مهندسی نساجی،پردیس فنی ومهندسی، 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 پیداکرده‌اند. میزان تنوع در طرح و رنگ تولید فرش بر اساس نیاز مشتری روزبه‌روز در حال افزایش است. برای این افزایش تولید، نیاز به ابزاری است که بتواند در سریع‌ترین زمان، بهترین محصول را تولید کند. ازاین‌رو باید تلاش شود تا فرآیند تولید فرش از طراحی تا بافت محصول در کمترین زمان و هزینه ممکن صورت پذیرد. داشتن محصولات باکیفیت 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 وکیفیت گردد.

کلمات کلیدی
فرش،
نقشه فرش،
بینایی ماشین،
پردازش تصویر

مقدمه

۱-۱- بینایی ماشین

بینایی ماشین استفاده از حس گرها برای دریافت سیگنال‌های تشکیل‌دهنده 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 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 موردتوجه پژوهشگران قرار گرفته است و تحقیقات زیادی در این زمینه صورت گرفته است که یکی از موارد مورد توجه در این زمینه صنعت فرش می باشد.

۲-۱- 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، علاوه‌بر قالی، زیراندازهای

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

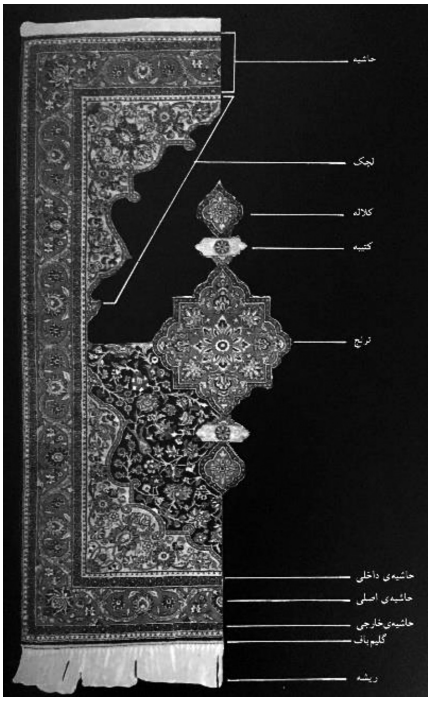
دیگری مانند انواع گلیم، زیلو، پلاس، نمد، جاجیم و حصیر از نوع زیرانداز را هم شامل می‌شود. قالی، فرشی است پرزدار که از طریق درگیری پرز و گره زدن آن بر تار (چله) و نیز پودگذاری بافته می‌شود. قالی، زیراندازی است یکرو، دارای تار، پرز، پود ضخیم و پود نازک، گره‌دار و دستبافته‌ای است که بر اساس شواهد موجود پیشینه 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 جوابگو باشد. در نتیجه پردازش تصویر یکی از روش‌هایی است که به بالا بردن سرعت در مراحلی 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 پرنده‌های گوناگون را درصحنه‌هایی از طبیعت، شکارگاه و مجالس بزم وارد کرده و با این تصاویر، شاخه‌ها و درختانی پر از شکوفه‌ها، گل‌ها و میوه‌ها را در ترکه‌های 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



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

و رایانه‌ای انجام می‌شوند [۵].

۲-۲-۱- 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 تشکیل‌دهنده نقشه فرش

۳-۱- 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

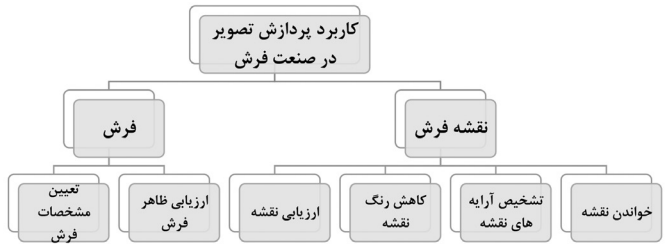
ردیف	تابع	کاربرد
۱	فیلتراسیون[۶]	پیش پردازش تصویر
۲	شکل‌شناسی[۷]	استخراج
۳	آستانه‌گیری[۶]	پیش پردازش تصویر
۴	شبکه عصبی[۶]	ارزیابی تصویر فرش
۵	تشخیص لبه[۷]	اندازه‌گیری سایز شکل در تصویر فرش
۶	خوشه‌بندی[۸]	دسته بندی اشکال نقشه
۷	داده کاوی[۸]	کاهش رنگ تصویر
۸	الگوریتم شانه‌گذاری[۹]	شناسایی خطوط در نقشه 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 کولبک لیبلر برای ارزیابی سایش فرش

فرش تقسیم‌بندی گردید.

۱-۲- نقشه فرش

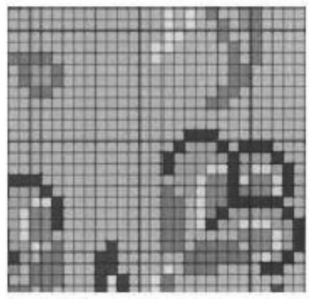
خواندن نقشه

نقشـــه‌های فرش به دو دسته چاپی و دستی تقسیم می‌شوند. آنچه در تمام نقشه‌های فرش مـشاهده می‌شود، خطوط باریک و ضخیمی است که به‌صورت خط‌های راست افقی و عمودی وجود دارد که از تلاقی این خطوط چهارخانه‌هایی با اندازه‌های یکسان به وجود می‌آیند. خواندن نقشه بدین معنی اســت که خطوط باریک و ضخیم نقشه‌های دستی

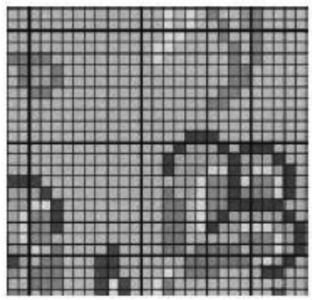


یا چاپی فرش با اســـتفاده از پردازش تصویر به درستی تشخیص داده شـــوند. اگر خطوط به درستی تشخیص داده نشوند، در مراحل بعد که باید رنگ هر خانه تشخیص داده شده و سپس به نقشه رایانه‌ای تبدیل

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



(الف)



(ب)

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

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

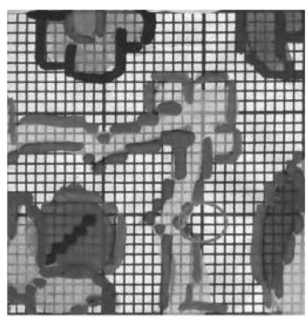
در سال ۱۳۸۶ احمد ایزدی‌پور و همکاران مطالعه‌ای برای تـــشخیص صـحیح خطـــوط باریـــک و ضخیم نقشه دستی فرش انجام دادند. الگوریتم پردازش تصویر مورداستفاده در نمودار جریان شکل ۳ نشان داده شده است و درشکل ۴ نمونه‌ای از نتیجه حاصل از استفاده از این روش می‌باشد [۹].

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

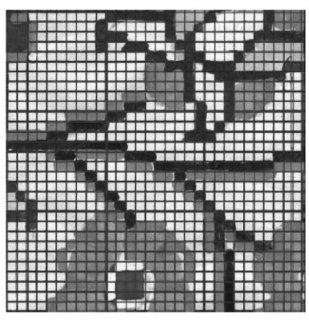
همچنین این پژوهشـــگران در همان ســـال در مطالعه‌ای دیگر برای بهسازی تصویر لبه به‌منظور آشکارسازی خطوط نقشه به‌صورت شکل ۶ عمل نمودند:

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

ایزدی‌پـــور و همکاران در ســـال ۱۳۸۹ به‌منظور معرفی روشـــی برای خواندن خودکار نقشه چاپی فرش و مقایسه آن با روش خوشه یابی C

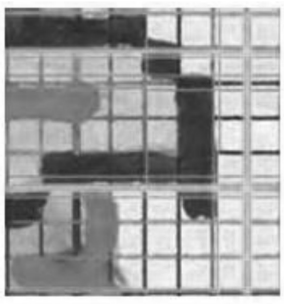


(الف)

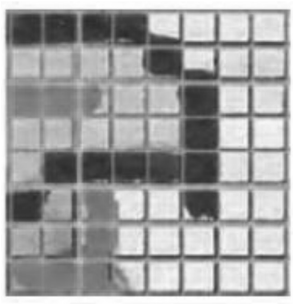


(ب)

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



(الف)



(ب)

شـــکل (۷): الف) آشکارسازی خطوط قبل از بهسازی لبه‌ها، ب) آشکارسازی خطوط با بهسازی لبه‌ها با روش دوم [۱۱]

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

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

منصور فاتح و همکاران در ســـال 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 نقشـــه‌خوان خودکار فرش دستی معرفی نمودند که روند کار در شـــکل ۱۰ آمده است. سه مؤلفه R ،G ،B هر رنگ نسبت به هم یک تناســـب منحصربه‌فرد 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 شـــده روش رشد ناحیه و C میانگین دارای کارائی بهتری نسبت به دیگر روشها می باشند

تشخیص آرایه‌های نقشه

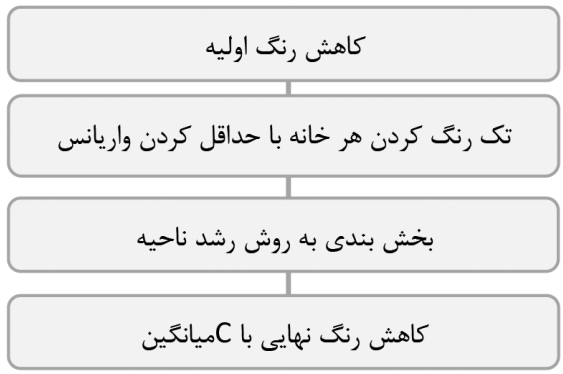
نقشه‌های فرش از اَشکال و آرایه‌های گوناگونی تشکیل شده‌اند. چنانچه

شکل(۸): نمودار جریان کاهش رنگ تصویر نقشه فرش چاپی[۱۲]

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 فرشی، نقشه دیگری را به وجود آورد. برای دسته‌بندی و خوشه‌بندی این آرایه‌ها می‌توان از توصیفگرهای مختلف استفاده کرد.

غالبی و همکاران در سال ۱۳۸۹ در پژوهشی به بررسی توصیفگر فوریه برای توصیف و خوشه‌بندی آرایه‌های فرش پرداختند. آرایه‌های استفاده‌شده در این پژوهش شامل اسلیمی ساده، برگ، گل نیلوفر(شاه‌عباسی)، پنج پر، سه پر و بُتّه بود. برای رسیدن به این هدف از مراحل نمودار جریان شکل ۱۲ استفاده شده و نتیجه حاصل با خوشه‌بندی درست مقایسه شد. شکل ۱۳ نمونه‌ای از استخراج امضای شکل است [۱۵].

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 ساختاربندی آن‌ها و سپس به کمک



شکل(۹): نمودار جریان خواندن خودکار نقشه فرش دستی[۱۳]

شکل (۱۰): نمودار جریان تشخیص رنگ نقشه[۱۴]

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 ماهالانوبیس، 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،

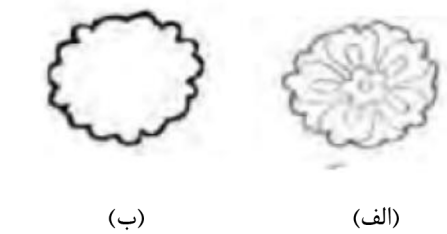
شکل (۱۱): الف)تصویر اصلی نقشه، ب)تصویر خروجی قبل از اصلاح، ج)تصویر خروجی بعد از اصلاح [۱۴]

شکل (۱۲): نمودار جریان خوشه‌بندی آرایه‌های فرش [۱۵]

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

در سال ۱۳۹۱ مجید خداکرمی و همکاران پژوهشی دیگر در رابطه با بازنمایی گل‌های فرش تحقیقی انجام دادند. در این تحقیق مجموعه گل‌های موجود در چهارده کلاس طبقه‌بندی شد. ازآنجایی‌که گل‌ها دارای چرخش، تغییر مقیاس و انتقال هستند، توصیفگر مطلوب باید نسبت به این تغییرات پایا باشد. در اینجا از دو توصیفگر موجک و فوریه-ملین (WFMT) استفاده‌شده است. در توصیفگر موجک از انحراف معیار مقدار عناصر زیر باندها استفاده‌شده است. برای ارزیابی توصیفگرهای به‌کاررفته، گل‌ها بازشناسی شدند. برای بازشناسی از روش نزدیک‌ترین همسایه استفاده‌شده که بیشترین نرخ بازشناسی با معیار فاصله منهتن به دست آمد. برای روش غالبی که بر اساس شمارگر گل‌ها و توصیفگر فوریه بوده، نرخ بازشناسی ۶۹،۴درصد گزارش‌شده است. در روش فوریه-ملین که جزییات داخلی نیز مدنظر بود، نرخ بازشناسی ۸۱،۵درصد حاصل شد. شکل ۱۵ نمودار جریان بازشناسی است [۱۷].

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



(الف) (ب)

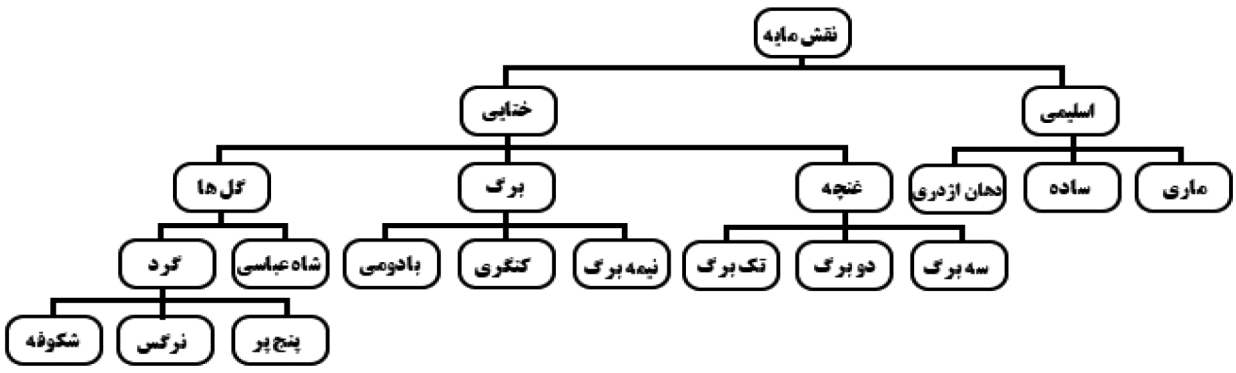
شکل (۱۳): الف)یک نمونه از آرایه گل پنج‌پر، ب) امضای آرایه گل پنج‌پر[۱۵]

آن برای مقایسه شباهت میان تصاویر ارائه شده است. این روش‌ها دربرگیرنده دو مرحله برون‌خط و برخط بودند. در مرحله برون‌خط ویژگی‌های تصاویر موجود در پایگاه داده استخراج و ذخیره شد و در مرحله برخط، ویژگی تصویر پرسش شده برگرفته و با ویژگی‌های تصاویر موجود در پایگاه داده مورد مقایسه قرارگرفته و نتایج مشابه مشخص گردید. طبق ارزیابی روش آنالیز مؤلفه‌های اصلی داراي كارايي بسيار بالايي براي سرعت بخشيدن به جستجو در پایگاه داده تصاویر و همچنین فشرده‌سازی تصاویر هست. همچنین در پایگاه داده‌هایی که داراي نويز كمتر از ۱۰درصد هستند می‌توان از روش انتقال کوسینوس گسسته (DCT) استفاده کرد. در شکل ۱۶ نمودار جریان بازیابی تصویر قابل‌مشاهده است [۱۸].

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

کاهش رنگ نقشه

تصاویر گرفته شده از نقشه فرش‌ها 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 حتی‌الامکان به تعداد صحیح رنگ نقشه رسید که به این منظور با استفاده از پردازش تصویر رنگ‌های تصاویر کاهش داده شده است. همچنین تشخیص صحیح رنگ‌های نقشه فرش از اهمیت بالایی برخوردار است زیرا اگر به درستی تصویر کاهش رنگ نیابد، رنگ خانه‌های نقشه اشتباه تشخیص داده



شکل (۱۴): نمودار ساختار نقش‌مایه‌های گل قالی[۱۶]

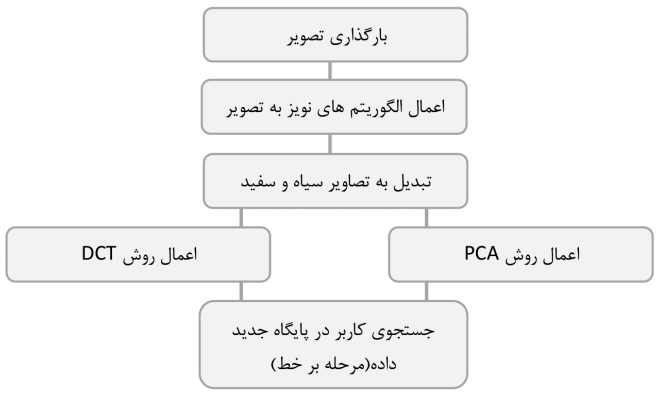
شکل (۱۵): نمودار جریان بازشناسی آرایه‌های قالی برگرفته از[۱۷]

خواهد شـــد و در نهایت باعث به‌هم ریختگی نقشـــه و کاهش کیفیت فرش حاصل خواهد شد.

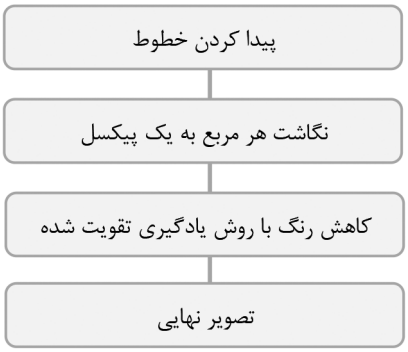
منصور فاتح و همکاران در سال ۱۳۹۰ به‌منظور معرفی روش کاهش رنگ تمام‌خودکار با دقت بالا پژوهشی را انجام دادند. برای این منظور از روش یادگیری تقویت‌شده استفاده شد که دقتی در حدود ۹۸درصد دارد. میـــزان کاهش رنگ در روش پیشـــنهادی به نحوی بود که دقت الگوریتم کاهش پیدا نکرد. ازاین‌رو پالت نهایی، از تعداد رنگ بیشتری در مقایســـه با پالت اصلی برخوردار بود. برای رســـیدن 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 اســـتفاده از کمّی سازی پرداخت. هدف اصلی این بود که حداقل تعداد رنگ تصویر فرش (که توســـط یک اســـکنر به‌دست آمد) از ۱۶ میلیون رنگ تا ۵ رنگ به‌منظور اصلاح اَشکال تصویر اصلی به‌طور خودکار بدون اعوجاج برسد. در این مقاله، برخی از الگوریتم‌های کوانتومی رنگ معرفی شـــده اســـت که عبارت‌انـــد از: الگوریتم CDS (سیستم طراحی فرش)، برش-میانه، وو و شبکه عصبی. مقایسه نتایج اســـتفاده از الگوریتم‌های کمّی سازی نشان داد الگوریتم شبکه عصبی می‌تواند بهترین نتایج را بدون دخالت کاربر به‌دست آورد [۲۰].

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



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



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

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

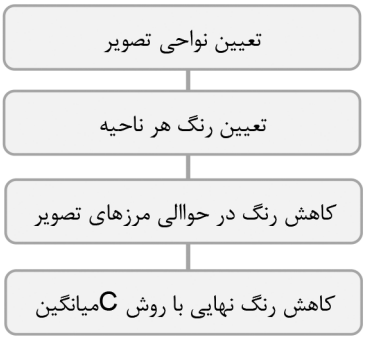
خردور و همکاران در ســـال ۱۳۹۲ در تحقیقـــی بر روی کاهش رنگ تمرکز کرده و روشـــی ارائه دادند تا در کاهش رنگ نواحی پیوسته‌تری به دســـت آید. روش استفاده شـــده در نمودار جریان شکل ۱۹ نشان داده شده است و تعداد رنگ به ۱/۲ برابر تعداد اعلام‌شده توسط کاربر رسید [۲۳].

طبق پژوهش‌های انجام شده در خصوص نقشه فرش نقطه‌گذاری شده، الگوریتم یادگیری تقویت شـــده 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 شـــد. ایراداتی که ممکن است در نقشه فرش وجود داشته باشد شامل: شکســـتگی خطوط، نقاط اضافی، هم اندازه نبودن حاشیه‌های افقی و عمودی و دایره نبودن ترنج در نقشـــه‌های رایانه‌ای و در نقشـــه های دستی علاوه بر اشـــکالات 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 (۱۹): نمودار جریان روش پیشنهادی کاهش رنگ[۲۳]

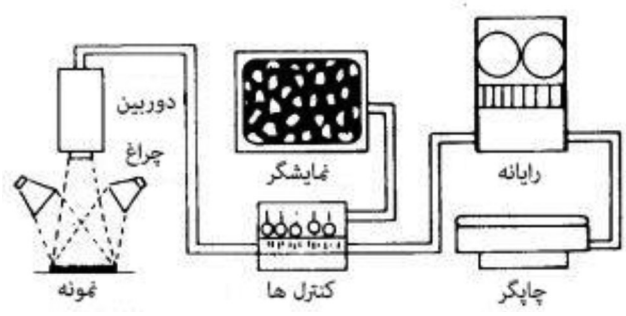
سلامت نقشه‌های دستی فرش انجام دادند. به‌منظور این کار از روش آمده در نمودار جریان شکل ۲۰ استفاده شد و بر اساس میزان تفاوت پیکسل‌های نقشه دستی نقاش با نقشه دیجیتالی شده همان نقش می‌توان به طراح نقشه رتبه‌ای (نمره) اختصاص داد. در این تحقیق اشاره‌ای به مزایای استفاده از الگوریتم سوبلی که به‌صورت جداگانه 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 تاثیر 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(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 تجزیه‌وتحلیل 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 به‌صورت شماتیک نشان می‌دهد [۲۵]. سوو و همکاران در سال ۱۹۸۸ مطالعه‌ای برای تجزیه‌وتحلیل 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 درزمینه ارزیابی بافت فرش با استفاده از تجزیه‌وتحلیل 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

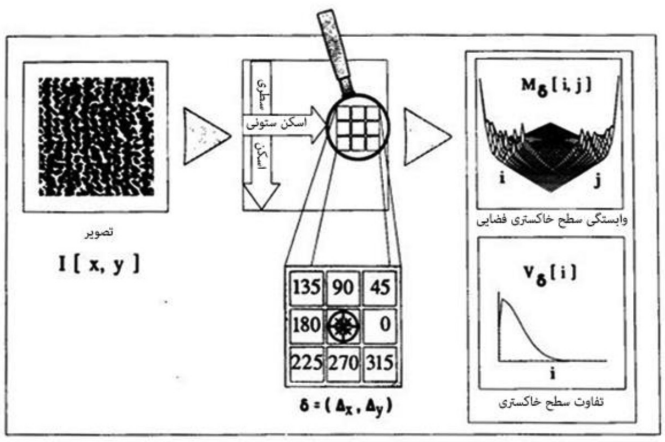
شکل (۲۲): نمودار جریان ارزیابی فرش فرسوده برگرفته از[۲۷]

شکل(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 کارکردند. کار گزارش‌شده 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 مطالعه‌ای به‌منظور ارزیابی اثرات سایش بر بافت‌های فرش، تلاش کردند که اجزای متناوب بافت را در فرش‌های پشمی جدا کنند. بافت به‌عنوان یک الگوی فضایی تکراری از شدت سطح خاکستری نمونه‌گیری شده، تعریف‌شده 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(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. به‌طورکلی، این روش‌ها برای تمایز درجه سایش و همچنین ارائه نشانه‌ای از تناوب بافتی مؤثر است. روند کلی در تباین به‌عنوان یک تابع از تغییرات در سطوح خاکستری به دلیل سایش به ما نشان می‌دهد که تباین، روشنایی و یکپارچگی واحد تکرارشونده می‌تواند تفاوت‌های عمده بین فرش‌های فرسوده شده و غیر فرسوده را به دست آورد. در شکل ۲۴ آنالیز هم رخدادی به‌صورت شماتیک نشان داده‌شده است [۲۹].

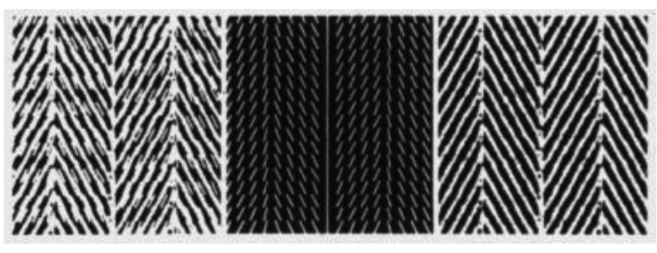
وو و همکاران در سال ۱۹۹۱ به‌طور دقیق به بررسی جزئیات تکنیک‌های بهبود تصویر نوین برای ارزیابی هندسه پرز و همراه با تغییرات ظاهری در فرش‌های جدید و فرسوده پرداختند. الگوریتم‌های جدید توسعه‌یافته نشان می‌دهد که چگونه توزیع اندازه پرز، تعداد

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

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

پرزها، یکنواختی توزیع فضایی پرز و نسبت ابعاد (فاکتور شکل) پرز می‌تواند به‌صورت عینی اندازه‌گیری شود. برای جستجوی پرزها در تصویر از دو روش باینری ساده و نقشه‌برداری دره استفاده شد که دقت روش نقشه‌برداری 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 تجزیه‌وتحلیل شکل پرزهای تکی مشخص شد. شکل ۲۵ نمودار جریان ارزیابی هندسه پرز است [۳۰].

در سال ۱۹۹۲ سُبوس و همکاران در مقاله‌ای 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 اندازه‌گیری فرکانس، بزرگی، و میانگین تناوب کمک می‌کند. روش کوواریانس این مزایا را دارد: این محاسبات سریع و کارآمد است. شکل ۲۶ نمودار جریان ارزیابی وضوح بافت با کوواریانس



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

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

است [۳۱].

وود در سال ۱۹۹۳ پارامترهای مهم فرش در رده‌بندی را به روش پردازش تصویر تحلیل نمود تا به مدلی جهت پیش‌بینی رده‌بندی آن دست یابد. پارامترهای مهم فرش در رده‌بندی، وضوح پرز، روشنایی خاب، درشتی بافت، جهت‌گیری، پیوستگی، یکنواختی اندازه پرز، و تراکم نقاط روشن می‌باشند. اهمیت و وابستگی این پارامترها با در نظر داشتن نوع فرش قابل‌توجه است که مهم‌ترین پارامترهای اثرگذار در پیش‌بینی خواص فرش، روشنایی و وضوح خاب، جهت و تناوب آن بود. در این پژوهش، مزایای استفاده از فیلتر بالاگذر را برجسته

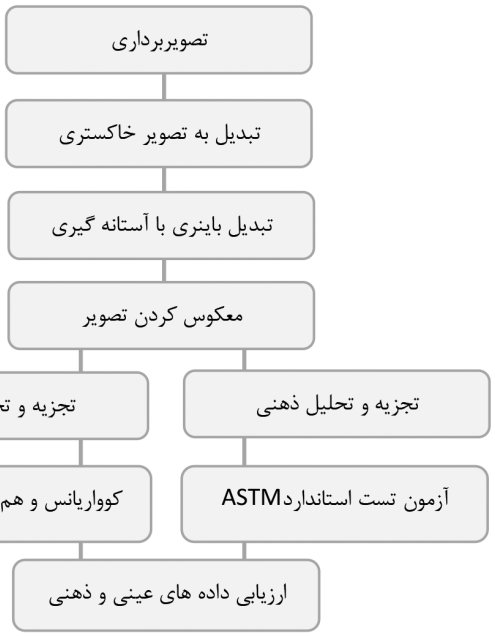
شکل (۳۰): نمودار جریان اندازه‌گیری تناوب و موقعیت پرز[۳۶]

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

می‌کند [۳۲].

در سال ۱۹۹۳پوردیهیمی 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 به‌صورت ناحیه شدت نرمال شده و ابعاد فراکتال اندازه‌گیری شده و سایش مکانیکی به‌طورکلی مستلزم کاهش برجستگی و تغییرات است، اما ساختار فرش اثر مهمی بر روند مشاهده‌شده 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

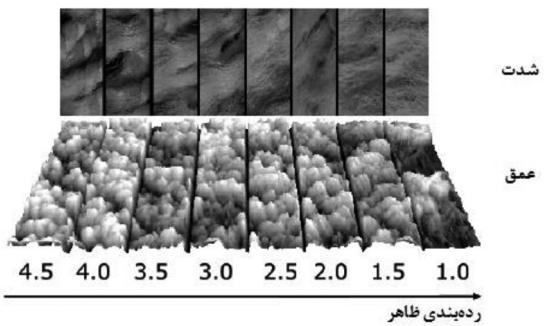
شکل (۳۲): نمودار جریان مقایسه روش‌های عینی و ذهنی ارزیابی سایش فرش[۳۸]



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

خاکستری برای اندازه‌گیری تناوب و جایابی پرز استفاده کردند. این روش، برای طرح‌های مرتب با اجزای تعریف‌شده استفاده‌شده 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 ۱۹۹۴در مطالعه‌ای تلاش کرد تا از تجزیه‌وتحلیل تصویر برای ارزیابی تغییرات ظاهری در فرش‌های پرزدار با استفاده از توصیف ویژگی پرز استفاده کند. یک گروه از تکنیک‌های پیش‌پردازش تصویر



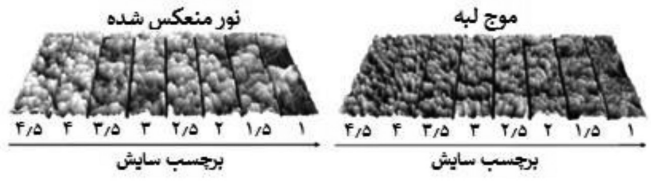
شکل (۳۴): تغییر ظاهر سطح تصویر گرفته‌شده با دوربین روی فرش حلقوی[۴۰]

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

همانند نمودار جریان ۳۰ به عنوان ابزاری مؤثر در استخراج پرزهای تکی از پس‌زمینه تصویر استفاده شده است. ازآنجاکه ویژگی‌های پرز مانند هندسه، جهت‌گیری و آرایش فضایی عوامل کلیدی در ارزیابی بصری و درنتیجه تحلیل تصویر از ظاهر فرش است، این مقاله روی استفاده از سه روش شکل، جهت‌گیری و آنالیزهای الگوی فضایی برای ویژگی‌های پرز تمرکز کرده است [۳۶].

در سال ۱۹۹۶ استین‌لاندت و همکاران در تحقیقی انواع پارامترهای مؤثر و همین‌طور ترکیب پارامترها با یکدیگر را در ارائه مدلی مناسب جهت پیش‌بینی سایش فرش با استفاده از روش شبکه عصبی بررسی نمودند. واضح است که با فرسایش، شدت رنگ‌ها افزایش می‌یابد؛ اما این میزان افزایش برای دو فرش بارنگ‌های مختلف اما ساختارهای برابر یکسان نیست، به همین سبب شدت به‌تنهایی پارامتری قابل‌اعتماد برای مدل‌سازی نیست به همین علت در تحلیل آماری، توزیع و شدت (هم‌شدت آبی و قرمز و سبز و هم‌شدت میانگین) استفاده شد. پارامترهای دیگری نیز دخیل بودند که از روش‌های طیف توانی فوریه و ماتریس‌های آماری به دست آمدند. شکل ۳۱ نمودار جریان ارزیابی خودکار سایش است [۳۷].

پرسلی در سال ۱۹۹۷ یک روش عینی برای اندازه‌گیری حفظ بافت در فرش‌ها را با روش ذهنی معمول مقایسه کرد. این مطالعه نشان داده است که استفاده از روش‌های تجزیه‌وتحلیل تصویری و کوواریانس و هم رخدادی پتانسیل بسیار عالی برای ارائه اندازه‌گیری قابل‌اعتماد



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

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 روش‌های عینی و ذهنی ارزیابی سایش فرش است [۳۸].

در سال ۲۰۰۶ اولجای و همکاران تکنیک‌های تصویری را بررسی کردند که آزمون‌های ابزاری را در ارزیابی فرش از بین می‌برد. این مقاله مروری ابتدا در مورد برخی از تکنیک‌هایی که در مطالعات قبلی برای ارزیابی فرش مورداستفاده قرارگرفته‌اند و سپس روش‌هایی که می‌توانند برای ساخت یک سطح سه‌بعدی با استفاده از تصاویر دوبعدی گرفته‌شده توسط دوربین ویدئویی مورداستفاده قرار گیرند، صحبت می‌کند. شکل۳۳ نمودارهای حاصل از این پژوهش بود [۳۹].

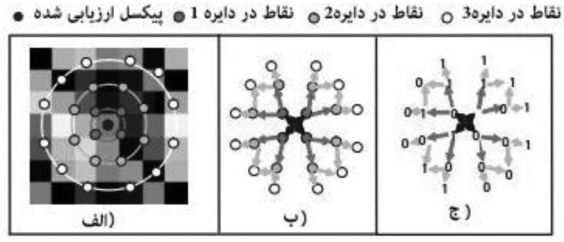
اورجولا و همکاران در سال ۲۰۱۰ روشی مؤثر جهت تعیین رده‌بندی ظاهر فرش‌های فرسوده با استفاده از داده‌های به‌دست‌آمده از تصاویر شدت و عمق فرش‌ها پیشنهاد نمودند (به‌عنوان نمونه در شکل ۳۴، عدد ۴،۵بیانگر کمترین تغییر در ظاهر و ۱بیانگر بیشترین تغییر هست). تکنیک الگوی باینری محلی (LBP) همراه با اختلاف کولبک لیبلر هزینه محاسبه کمی را برای پیش‌بینی سایش ارائه می‌دهد. شکل۳۴ تغییر ظاهر سطح را نشان می‌دهد [۴۰].

اورجولا 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 تکنیک‌های پردازش تصویر، به‌ویژه 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 به‌عنوان یک نوآوری، الگوهای باینری محلی ثابت چرخشی موجود را با استفاده از ثابت‌های «آینه» و «مکمل»

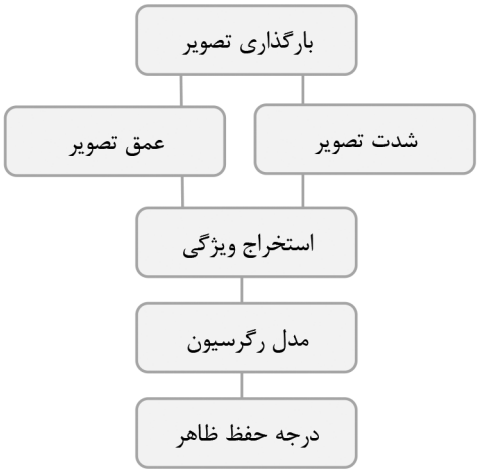
شکل(۳۸): روش نوری برای اندازه‌گیری عمق در اشکال سه‌بعدی بر پایه مثلث‌بندی[۴۳]

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 مورداستفاده 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 منعکس‌شده و موج لبه برای تشخیص لبه استفاده شد و سپس با استفاده از اختلاف کولبک-لیبلر و الگوهای باینری محلی ثابت چرخشی گسترش‌یافته با ثابت‌های آینه و مکمل، ویژگی‌های بافت از دو تصویر عمق و شدت برگرفته و درنهایت نتایج مورد ارزیابی قرار گرفتند. شکل ۳۶ نمونه‌هایی از تغییر در ظاهر سطح گرفته‌شده 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 (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 دربرمی گیرد 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 طراحی‌شده، سریع‌تر، ارزان‌تر، بهتر و همچنین بسیار مناسب‌تر برای فرش‌های تیره‌تر است. شکل ۳۸ روش نوری مورداستفاده و شکل ۳۹

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

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

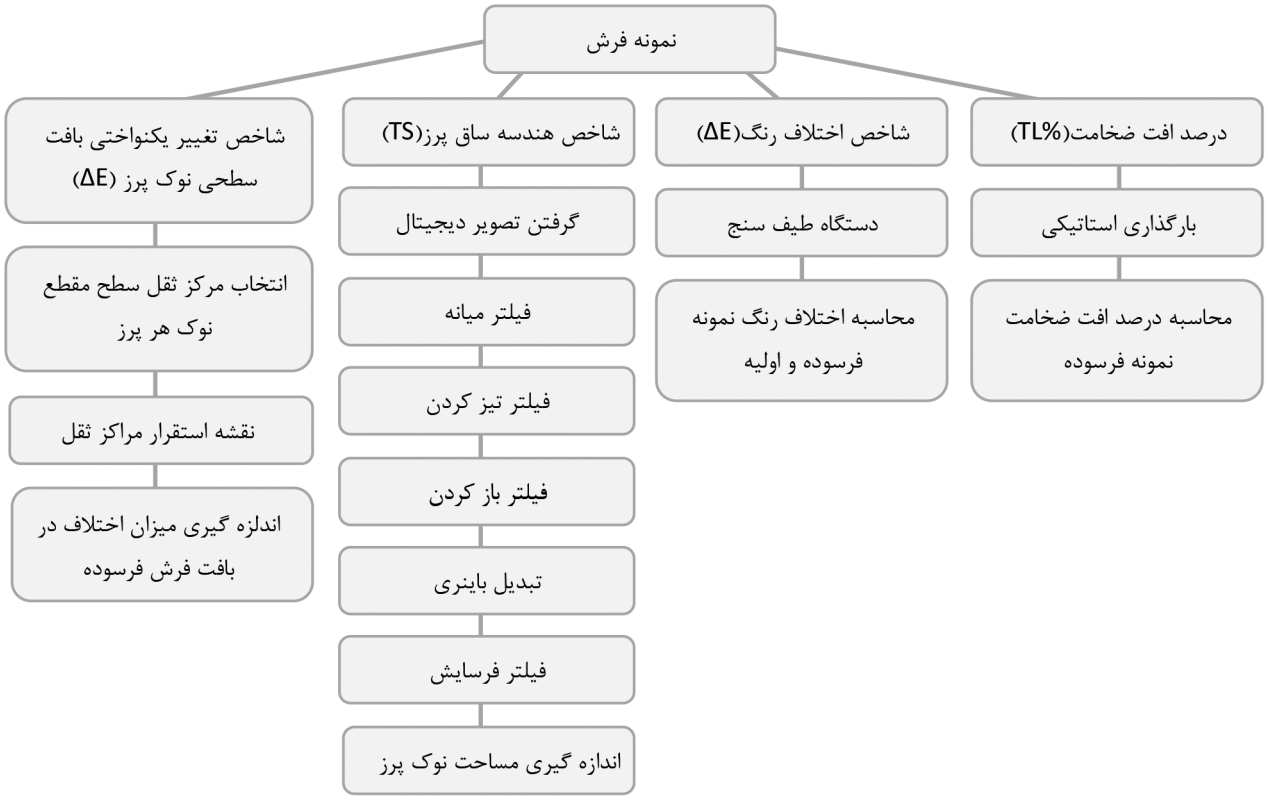
نمودار جریان استخراج ویژگی‌های بافت است [۴۳].

کوییونس و همکاران در سال ۲۰۱۱ از روش الگوهای باینری محلی هندسی برای اندازه‌گیری حفظ ظاهر در فرش استفاده کردند. در پژوهش‌های پیشین روش الگوهای باینری محلی نتایج خوبی را نشان می‌داد یکی ازمشکلات 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 تفاوت‌های مقیاس خاکستری بین نقاط مجاور تعریف‌شده 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 فرش‌هایی 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 منعکس‌شده و موج لبه به‌دست‌آمده است. سپس ویژگی‌های بافت با استفاده از تکنیک‌های الگوی باینری محلی بر اساس تشخیص فرکانس الگوهایی که مربوط به درجه‌بندی حفظ ظاهر است، استخراج گردید و درنهایت با استفاده از مدل‌های رگرسیون خطی بر روی ویژگی‌های بافت برگرفته از تصاویر شدت و عمق، تغییرات ظاهری اندازه‌گیری شد (شکل ۴۱ نمودار جریان استخراج ویژگی‌های بافت) [۴۵].

مختاری و همکاران در سال ۲۰۱۵ به بررسی مقاومت سایشی کف‌پوش به‌وسیله تکنیک پردازش تصویر پرداختند. تصاویر نمونه‌ها توسط یک اسکنر گرفته‌شده و با روش پردازش تصویر با دو توابع مختلف، تصاویر ارزیابی شدند که روند پردازش تصویر در نمودار شکل ۴۲ نشان داده‌شده است. همچنین تغییرات وزن نمونه‌های کف‌پوش به‌عنوان شاخص برای نشان دادن روند سایش موردبررسی قرار گرفت [۴۶].

صادقی کبودیان و همکاران در سال ۱۳۸۸ با استفاده از الگوریتم‌های پردازش تصویر و شبکه عصبی به شناسایی عیوب فرش پرداختند. در این پژوهش یک سامانه خودکار شناسایی عیوب برای فرش ارائه می‌شود. برای تشخیص عیوب فرش، از اطلاعات رنگ برگرفته از فرش بر اساس فضای رنگی CIELAB (تبدیل غیرخطی از فضای RGB) استفاده‌شده



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

است. برای شناسایی عیوب فرش دو روش پیشنهادشده 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 استفاده‌شده است. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که کارایی الگوریتم استفاده از تصاویر شاخص‌دار در مقایسه با روش اول ازنظر زمان پردازش و دقت شناسایی بهبود قابل‌توجهی 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 بادوام ظاهر و رنگ فرش‌ها مدنظر قرارگرفته 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 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 پیداکرده 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

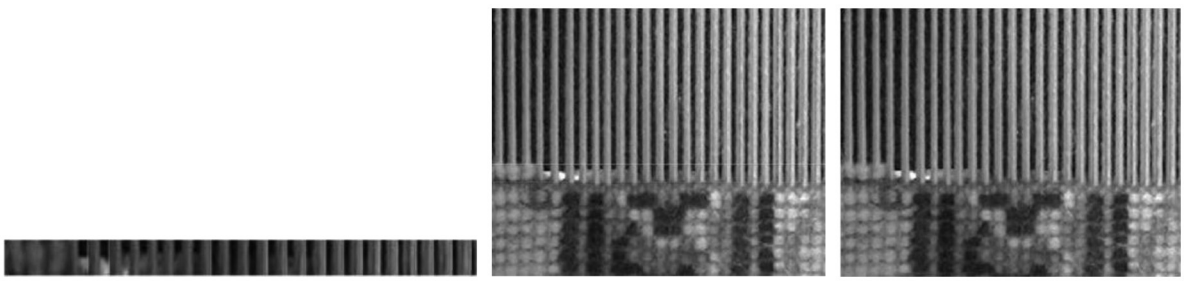
از سال‌ها پیش خصوصیات ظاهری فرش موردتوجه محققین بوده است. ازجمله خصوصیات تأثیرگذار بر ظاهر فرش می‌توان به نقشه، مساحت، جهت‌گیری و تراکم پرز اشاره کرد. براثر مرور زمان و مستعمل شدن

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

(کهنگـــی) فرش این خصوصیات تغییر می‌کننـــد که این امر بر ظاهر فرش، خصوصاً جـــلای آن، تأثیر بســـیار دارد. هرچه این خصوصیات پایدارتر باشند، فرش دارای دوام طول عمر بیشتری خواهد بود.
در سال ۱۳۸۷ طبیبی و همکاران به‌منظور تشخیص و تعیین مشخصات هندسی پرزهای فرش از الگوریتم آب‌پخشان استفاده نمودند. در این

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

تحقیق از الگوریتم آب‌پخشان برای تشخیص و تفکیک پرزهای فرش از یکدیگر استفاده شد و سپس مشخصات هندسی پرزهای تفکیک‌شده (ازجمله مســـاحت، زاویه جهت‌گیری و تراکم) اندازه‌گیری شد. نتایج حاکـــی از این بود که این روش مســـتقل از رنگ نمونه و جهت نمونه برداری است. روند تشخیص و تعیین مشخصات هندسی پرزهای فرشِ به‌کار رفته در نمودار جریان شکل ۴۷ آمده است [۵۰].
مارشال در ســـال ۲۰۱۸ با استفاده از شبکه‌های عصبی و مکاترونیک جهـــت خاب فرش را تعیین کرد. در این روش نمونه‌هایی از فرش‌های



(الف) (ب) (ج)

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

برچسب‌گذاری شده مختلف برای آموزش و معتبر ساختن یک شبکه عصبی پیچشی مورداستفاده قرار گرفت. همچنین نمونه‌ها برای آزمایش یک‌راه حل الکترومکانیکی مورداستفاده 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 به‌حساب 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 به‌مرور تحقیق‌های انجام شده در 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 روش های تشخیص لبه، آستانه گیری، تجزیه و تحلیل همرخدادی، LIV، LBP و 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 آرایه ها، کاهش رنگ و ارزیابی نقشه فرش می‌تواند کمک شایانی به فرآیند کنترل کیفیت، کاهش زمان فرآیند طراحی تا تولید و کاهش هزینه ها داشته باشد. در زمینه نقشه فرش از پردازش تصویر می توان به‌منظور 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 ۶/۳/۱۳۹۸
۲. معرفی فرش، www.parsehcarpet.com، آخرین بازدید ۶/۳/۱۳۹۸
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.ziloome.com، آخرین بازدید ۶/۳/۱۳۹۸
۶. زینل پور م، پیوندی پ، ایزدان ح.، مروری بر روش های تولید، ارزیابی و تشخیص الگوی استتاری، مجله علوم و فناوری نساجی، سال ششم، شماره۳، ۹-۲۱، ۱۳۹۶.
۷. گنزالس 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، ۳-۱۰، ۱۳۹۲.
۹. ایزدی پور ا، کبیر ا.، شناسایی خودکار خطوط نقشه فرش، هشتمین کنفرانس سیستم های هوشمند، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران، شهریور۱۳۸۶.
۱۰. شیری ف، کبیر ا.، آشکارسازی خطوط نقشه‌های دستی فرش، ششمین کنفرانس ماشین بینایی و پردازش تصاویر ایران، دانشگاه اصفهان، آبان۱۳۸۹.
۱۱. شیری ف، کبیر ا.، بهسازی تصویر لبه برای آشکارسازی خطوط نقشه فرش، سومین همایش ملی مهندسی رایانه و فناوری اطلاعات، سازمان سما همدان، بهمن۱۳۸۹.
۱۲. ایزدی پور ا، کبیر ا.، ارائه روشی برای خواندن خودکار نقشه چاپی فرش و مقایسه آن با روش خوشه یابی 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 بین المللی پژوهش‌های کاربردی در مهندسی برق، مکانیک و مکاترونیک، دانشگاه صنعتی مالک اشتر تهران، بهمن ۱۳۹۴.
۱۵. غالبی ح، کبیر ا، داودی ه.، خوشه‌بندی آرایه ای 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، سیستم های 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، شهریور۱۳۹۶.
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، اسفند۱۳۹۲.

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.، روش‌های شناسایی عیوب فرش توسط الگوریتم‌های پردازش تصویر وشبکه‌های عصبی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی برق مخابرات، دانشکده

۲۴. متولی زاده م، فائز ک.، درجه‌بندی سلامت نقشه‌های دستی فرش، اولین کنفرانس بازشناسی الگو و تحلیل تصویر ایران، دانشگاه بیرجند، اسفند۱۳۹۱.

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

برق، مکانیک و مکاترونیک. دانشگاه صنعتی مالک اشتر تهران، دی۱۳۹۴.

۵۰. طبیبی جبلی 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.

51. [51] Marshall, M., Neural networks and mechatronics for detecting carpet pile direction, Journal of Textiles and Fibrous Materials, 1, 1, 1-7, 2018.

مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه یزد، ۱۳۸۸.

۴۸. طباطبایی هنزایی م، قانع م، حسنی ح، زینل همدانی ع.، تخمین طول عمر فرش‌های 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 پژوهش‌هایی کاربردی در مهندسی

Journal of
Apparel and Textile Science
and Technology

Renewed Period of Publication,
No. 7, Autumn 2018,
Issue No. 23, 39-57
ISSN: 2151-7162

A Review for Application of machine vision in carpet Industry

Soroor Sadat Doshmanfana Yazdi[1,2], Pedram Payvandy[1,2*], Morteza Vadood[1,2]

1 Department of Textile Engineering, Engineering Integrated, Yazd University, P.O. Box: 89195-741, Yazd, Iran
2 Head of Machine Vision in Textile & Apparel Industry Center of Excellence, Yazd University, Yazd, Iran

Abstract

Nowadays, the carpet industry has found a good position among other industries. Customers are seeking for carpets with a variety of designs and colors which pushes the market for more production. This entails a better and faster production method with even lower cost. Maintaining the high quality of the final while increasing the speed of production is of great importance. Benefitting from machine vision systems is a practical method that can be used for faster quality control, evaluation of the appearance of carpets, mapping and computerizing the design of handmade carpets , and other aspects in the carpet industry.

Keywords

Carpet,
Carpet Design,
Machine Vision,
Image processing

(*) Address Correspondence to P. Payvandy, Email: peivandi@yazd.ac.ir