مجله علوم و فناوری نساجی
سال چهارم، شماره ۱، شماره پیاپی ۱۰
صفحه ۲۶-۱۹، ۱۳۹۳
ISSN: ۲۱۵۱-۷۱۶۲

بررسی و شناسایی عوامل مؤثر بر طول عمر فرش‌های دست‌باف

To Study and Establish the Effective Properties in Hand-knotted Carpets' Lifetime

سیدمحمود طباطبایی هنزایی[۱*]، محمد قانع[۱]، حسین حسنی[۱]، علی زینل همدانی[۲]

اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان، صندوق پستی ۸۳۱۱۱-۸۴۱۵۶:
۱- دانشکده مهندسی نساجی، ۲- دانشکده مهندسی صنایع

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۱/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۲/۱۴

چکیده

امروزه برای افزایش اطمینان و اشتیاق خرید مشتریان فرش‌ها، تضمین حداقل‌های دو عامل مقدار راحتی مصرف و حفظ ظاهر سطحی اولیه فرش نقش معین‌کننده‌ای دارد. در پژوهش حاضر، ابتدا خواص فیزیکی فرش‌های دست‌باف که تغییرات کیفی آنها در تعیین طول عمر مصرف فرش مؤثرند، معرفی شده و سپس به روش نظرسنجی درجه اثر هر یک از خواص معین و به کمک نرم‌افزار Minitab تمام خواص از نظر اولویت اثر، گروه‌بندی شدند. این ارزیابی در جامعه آماری ۵۶ نفری از متخصصان علمی و تجاری فرش‌های دست‌باف انجام شد. نتایج تحلیل جدول‌های ANOVA به روش آزمون Tukey نمایانگر درجه اثر زیاد شاخص درصد برگشت‌پذیری (جهندگی) پرزها از مجموعه خواص مرتبط با عملکرد فشاری لایه پرزهاست. پس از آن، ثبات خواص انعکاسی نخ‌های پرز و دوام طرح و نقش فرش‌ها از مجموعه خواص مرتبط با حفظ ظاهر سطحی است. هفت مشخصه عملکردی منتخب در گروه‌های اول و دوم، برای توجه و دقت بیشتر در فرایند طراحی تولید فرش‌های دست‌باف به تولیدکنندگان پیشنهاد شدند. افزون بر این، برای جلب اطمینان مشتریان از طول عمر فرش، گارانتی برخی یا تمام این هفت مشخصه توصیه می‌شود.

کلمات کلیدی
فرش دست‌باف،
طول عمر،
لایه پرزهای سطحی،
حفظ ظاهر،
عملکرد فشاری

مقدمه

امروزه در بازار فروش انواع منسوجات و به‌ویژه کفپوش‌ها، دو عامل حفظ ظاهر و راحتی مصرف از مهم‌ترین انتظارات مشتریان از کیفیت عملکرد محصول هستند. بنابراین افزون بر برچسب مشخصات ساختاری مرسوم، ضمانت حد زمانی تأمین حداقل کیفیت برخی خواص عملکردی فرش در شرایط کاری مشخص، سرعت انتخاب و اشتیاق خرید را نزد مشتریان افزون می‌کند [۱].

پتانسیل حفظ و ارائه سیمای ظاهری و هنری زیبا و جذاب به‌عنوان دوام زیبایی ظاهر فرش دست‌باف تعریف می‌شود. زیبایی ظاهری فرش را می‌توان به دو گروه زیبایی بیرونی و درونی فرش دسته‌بندی کرد. زیبایی بیرونی فرش بر مبنای زیبایی‌های طرح، رنگ‌بندی، ابعاد، ماندگاری آرایش و نظم ساختار بافت سطحی اولیه پرزها و مشخصات هندسی ساق پرز تعریف می‌شوند. زیبایی‌های درونی فرش نیز در نگاه دقیق‌تر و توسط بافنده و متخصصان فرش به‌چشم می‌آید [۲].

پایداری خواص عملکردی اجزای ساختاری فرش‌ها به‌ویژه عملکرد فشاری لایه پرزها نقش معین‌کننده‌ای در ارائه حداکثر راحتی مصرف‌کنندگان هنگام استفاده یا راه‌رفتن روی آن دارد. افزون بر این، پایداری شکل اولیه استقرار مکانی ساق پرزها، به کیفیت طراحی

*مسئول مکاتبات، پیام‌نگار: m.tabatabaei@tx.iut.ac.ir

اولیه مشخصات تولید و لزوم کیفیت تطبیق در فرایند تولید برای هریک از مشخصه‌های کیفی مرتبط نیز وابسته است.

از دیگر انتظـــارات جدید مصرف‌کنندگان فرش هنگام خرید، تطبیق مشخصات ظاهری آن با دکوراسیون محیط مورد استفاده و نقش تزییناتی آن است. این سلیقه و فرهنگ خرید جدید خود گواه بر اهمیت شناسایی خواص عملکردی مؤثر بر طول عمر فرش‌ها و ضرورت توجه ویژه بر شرایط تولید و نگه‌داری آنها در راستای افزایش پایداری این خواص است.

اولین بار Cusick و Dawber شاخص طول عمر بلندمدت یا فرسایشی فرش را در مطالعه خـــود روی فرش‌ها با جنس نخ پرز متفاوت، معرفی کردند. آنها در شرایط آزمون فرسایش (شبیه‌سازی راه‌رفتن روی فرش) با ترسیم خط رگرسیون مقدار کاهش ضخامت پرز نمونه به تعداد گام یا دوران دســـتگاه فرسایش، معادله (۱) را برای پیش‌بینی کاهش ضخامت فرش تا حذف کامل پرزها ارائه کردند:

$$T = k - m.\ log\ N \qquad (۱)$$

که در این معادله، T ضخامت فرش (mm) پس از N گام قدم‌زدن یا دوران دستگاه فرسایش، m شیب خط رگرسیون و k عدد ثابت و برابر با محل تقاطع خط رگرســـیون با محور ضخامت (log N = ۰) اســـت. شاخص k همواره بزرگ‌تر از ضخامت اولیه است [۳].

در این معادله، صرفاً از روند کاهش ضخامت فرش در تخمین طول عمر آنها اســـتفاده شده است. از اهداف اصلی این مطالعه معرفی سایر عوامل متعدد مؤثر در تعیین طول عمر فرش‌هاست. Ince و Ryder رابطه تجربی فاکتور دوام فرش را براســـاس نتایج آزمون‌های کاهش وزن واحد سطح پرزها و کاهش ضخامت نمونه فرش‌هـــا و به‌کارگیری اصول معادله (۱) ارائه کردند. آنها از شـــاخص چگالی پرز P^2/T (P جرم پرزها؛ گرم بر واحد سطح و T ضخامت لایه پرزها، mm، استفاده کردند) که خود گواه بر اثر معنی‌دار انتخاب صحیح دو عامل تراکم و ارتفاع پرزهای فرش در افزایش دوام آنهاست [۴].

سابقه مطالعات علمی و مستند در زمینه خواص مختلف فرش‌ها به دهه ۴۰ میلادی برمی‌گردد. در این راستا، دستاوردهای فراوانی برای دسترسی به روش‌های آزمون قابـــل قبول، عمومی و منطقی برای مطالعه خواص کف‌پوش‌های پرزدار ارائه شده است.

اغلب مطالعات موجود در شاخه فرش دست‌باف درباره نقش مشخصات ســـاختاری فرش‌ها در خواص عملکردی لایه پرزهاست. بصّام و همکاران در بررســـی خواص مکانیکی فرش‌های دست‌باف با گره‌های مختلف (در شـــرایط ساختاری مشابه)، مشاهده کردند، درصد کاهش ضخامت پس از بارگذاری ایســـتا در فرش‌های با گره متقارن (ترکی) ٪۴۲، گره نامتقارن (فارســـی) ٪۴۶ و با گره نامتعارف یا تقلبی جفتی ٪۵۶ است [۵]. مقسّم و قره‌آغاجی نشان دادند، با افزایش تراکم پرز مقدار درصد برگشت‌پذیری کشسان نمونه‌ها بیشتر می‌شود که این به دلیل تغییرشکل کمتر الیاف و نخ پرز است. همچنین مشاهده کردند، با افزایش ارتفاع پرز تا ۱۲ mm، مقدار درصد کاهش ضخامت پرز کاهش می‌یابد [۶]. میرجلیلی و شرزه‌ای نشان دادند، کیفیت الیاف مصرفی در نخ پرز اثر زیادی بر برگشت‌پذیری بیشتر آن دارد، بنابراین استفاده از الیاف پشم دباغی‌شده کاهش برگشت‌پذیری بیشـــتری را سبب می‌شود [۷]. Gupta و همکاران نشان دادند، قطر الیاف پشم مصرفی و درصد مدولای الیاف اثر معنی‌داری بر نتیجه برگشت‌پذیری پرزهای فرش دارد، به‌عبارتی با افزایش قطر الیاف، برگشت‌پذیری نخ‌های پرز بیشتر می‌شود [۸]. هدف نهایی این پژوهش شناسایی گروه محدودی از خواص با درجه اثر زیاد بر طول عمر از مجموعه خواص فیزیکی فرش‌های دست‌باف به کمک روش آماری است. این خواص از نظر مقدار اثر بر طول عمر فرش طبقه‌بندی و با عنوان خواص عملکردی فرش‌ها معرفی می‌شوند.

روش پژوهش

الف) شناسایی خواص عملکردی مؤثر بر طول عمر فرش‌ها

براســـاس مجموعه مطالعات و پژوهش‌های علمـــی موجود [۹،۱۰]، به‌طورکلی در این پژوهش مجموعه خواص مؤثر بر طول عمر فرش‌ها به ترتیب زیر دسته‌بندی شدند:

- پایداری عملکرد لایه پرزها در برابر بارگذاری فشاری،
- دوام یا حفظ ظاهر فرش و
- دوام لایه زیری.

خواص مرتبط با پایداری عملکرد لایه پرزها در برابر بارگذاری فشاری فرش‌ها حین اســـتفاده در معرض دو نوع بارگذاری فشـــاری از نوع ایســـتا (مانند پایه میز و صندلـــی) و پویا (مانند راه‌رفتن روی فرش) قرار دارند. رفتار فشاری و عکس‌العمل پویای پرزها پس از حذف بار، نقش مهمی در کیفیت عملکرد فشـــاری لایـــه پرزها به‌عنوان بخش اصلی و ســـطحی فرش دارد. نحوه این عکس‌العمل به‌جز اثر بر ظاهر فرش، بر مقدار راحتی مصرف آن نیز اثرگذار اســـت. شاخص راحتی در ارائه شـــرایط مطمئن و آسوده در طول فعالیت‌های بدن انسان در قدم‌زدن و ایســـتادن روی فرش، حداقل‌کردن شدت ضربه تماس پا با آن، کاهش پتانســـیل ســـقوط و لغزش و نیز مطلوبیت زیردست یا ادراکات تماسی از فرش نقش قابل‌توجهی دارد [۱۱].

به‌طورکلی رفتار مکانیکی لایه پرزها ناشـــی از بارگذاری فشـــاری متمرکز بر ســـه جنبه عملکرد برگشـــت‌پذیری کشسان، غیرکشسان (ناشـــی از لغـــزش اصطکاکی بین الیاف و بیـــن نخ‌ها حین خمش و خواص گرانروکشسانی نخ‌های پرز) و نیز عملکرد فرسایشی است که هریک به ترتیب سبب برگشـــت‌پذیری پرزها، کاهش ضخامت دائم پرزها و مشخصات هندسی پرز می‌شوند [۱۲].

افزون بر این، آخرین مدل مکانیکی و نظریه بررسی رفتار فشاری پرزهای فرش را دیّاری و همکاران براســـاس محاســـبه انرژی کل کشسان برای تغییرشـــکل پرز در دو بخش انرژی خمشی و انرژی آزادسازی اصطکاک ناشی از لغزش نخ پرز با پرزهای مجاور ارائه کردند [۱۳].

بـــا وجود تنـــوع و تعاریف متعدد در منابع علمـــی موجود، در این پژوهـــش زیرمجموعه خواص مرتبط با عملکرد فشـــاری لایه پرزها، شناسایی و معرفی شدند که در ادامه بحث می‌شوند.

درصد فشردگی پرزها

حد نهایی کاهش ضخامت لایه پرزهای فرش را زیر بار فشاری معین،

فشـــردگی پرزها گویند. مطابق شـــکل ۱، اگر h_0 ارتفاع اولیه پرزها و h_1 ارتفاع پرز در فشـــار حداکثر باشد، درصد فشردگی پرزها (Cp٪) برابر است با:

$$\%Cp = [(h_0 - h_1)/ h_0]\times100 \quad (۲)$$

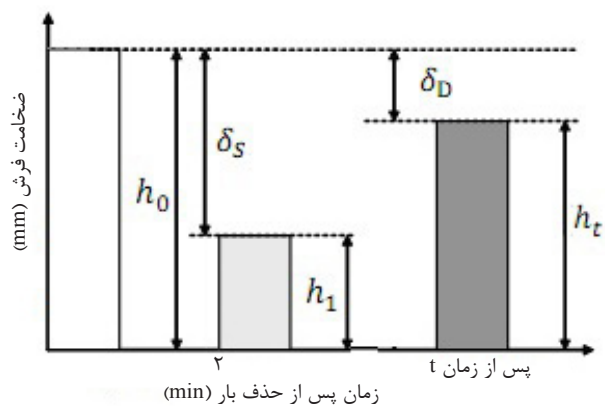
فشردگی مناســـب پرزها عاملی اثرگذار در راحتی راه‌رفتن افراد روی فرش از نظر ادراکات روانی و تماسی است. این عامل به‌طور معنی‌داری وابسته به ارتفاع و تراکم پرزهای (رج‌شمار) فرش و نیز جنس و خواص الیاف مصرفی در نخ‌های پرز است [۱۳]. نمودار شکل ۲ فرایند معمول تغییر ضخامت لایه پرزهای فرش را حین بارگذاری فشـــاری و پس از حذف بار نشـــان می‌دهد [۱۴،۱۵]. واضح اســـت، انرژی یا کار انجام شده برای فشردگی پرز فرش‌ها (انرژی کل بارگذاری) با اندازه‌گیری مســـاحت زیر منحنی نمودار بارگذاری (S_{ABD}) قابل محاســـبه است [۱۶].

درصد کاهش ضخامت فرش

کاهش ضخامت فرش‌ها هم به‌واسطه خوابیدگی یا تخت‌شدگی پرزها زیر بار فشـــاری و هم تغییرات هندسی ساق پرزها (کوتاه و لاغرشدن ساق پرز) ناشی از فرسایش است. در فرش‌های درشت‌باف له‌شدگی لایه زیری نیز در کاهش ضخامت فرش‌ها مؤثرند. عواملی مانند نمدی‌شدن و درهم‌رفتگی پرزهـــا، اصطکاک بین الیاف درون نخ پرز و نخ‌های پرز مجاور با یکدیگر، خواص گرانروکشسانی الیاف نخ پرز و نیز مشخصات ساختاری فرش از جمله تراکم پرزها بر مقدار ضخامت و مقدار کاهش آن به عبارتی کاهش ارتفاع لایه پرزهای فرش مؤثرند. مطابق شکل ۲، اگر T_0 ضخامت اولیه فرش و T_t ضخامت فرش پس از t زمان حذف بار باشد، درصد کاهش ضخامت فرش (TL٪) برابر است با:

$$\%TL = [(T_0 - T_t)/ T_0]\times100 \quad (۳)$$

با اعمال بار ثابت فشـــاری برای زمان مشـــخص روی پرزهای فرش، پدیده خزش فشـــاری شبیه‌سازی می‌شـــود. در منابع علمی، کاهش



شکل ۱- نمودار کلی بارگذاری فشاری و برگشت‌پذیری لایه پرزهای فرش.

ضخامت دائم فرش‌ها را با اصطلاح تخت‌شـــدگی پرزهای فرش بیان می‌کنند. به‌واســـطه کاهش ضخامت لایه پرزها، ضمن تغییر خواص انعکاسی و بصری فرش، مشخصات ظاهر سطحی لایه پرزها از جمله آرایش و استقرار مکانی ساختار بافت سطحی ساق پرزها (texture) و نیز مشخصات هندسی ساق پرزها تغییر می‌کند و کاهش ظاهر فرش را ســـبب می‌شـــود. معمولاً از نمودار روند تغییرات کاهش ضخامت فرش پس از فواصل زمانی مشـــخص حذف بار، در تحلیل و مقایسه نمونه‌ها استفاده می‌شود [۱۷].

مقدار برگشت‌پذیری پرزها

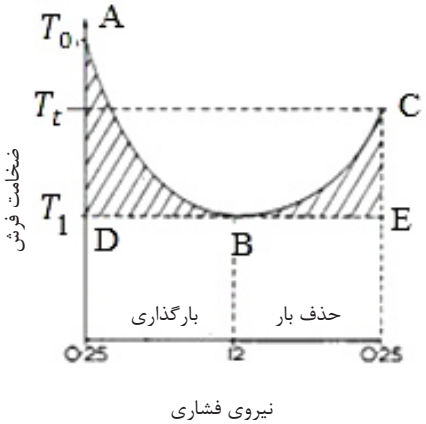
مقدار برگشـــت پرزهـــای فرش به اندازه اولیه پـــس از فواصل زمانی مشـــخص حذف بار را برگشـــت‌پذیری یا بازیابی پرزها گویند. اکثر فرش‌ها در لحظات اولیه حذف بار، برگشـــتی کشسان یا خطی و پس از آن برگشـــتی گرانروکشسان و غیرخطی دارند. مطابق شکل ۱، اگر h_t ارتفاع پرز پس از t زمان حذف بار باشـــد، درصد برگشـــت‌پذیری پرزهای فرش (Rc٪) از معادله (۴) معین می‌شود [۱۷]:

$$\%Rc = [(h_t - h_1)/(h_0 - h_1)]\times100 \quad (۴)$$

در برخـــی از منابع علمی از شـــاخص برگشـــت‌پذیری (resilience) پرزها به‌عنوان نقطه مقابل درصد کاهش ضخامت فرش استفاده شده اســـت. شاخص برگشت‌پذیری با تقسیم انرژی بازگشت به انرژی کل فشردگی پرزها (مطابق شکل ۲) محاسبه می‌شود [۱۶]:

$$\%Rs = [(S_{BCE})/(S_{ABD})]\times100 \quad (۵)$$

مســـاحت زیر منحنی برگشـــت‌پذیری (S_{BCE}) همـــان کار یا انرژی برگشـــت پرزها در هر لحظه از زمان پس از حذف بار اســـت [۱۴]. افـــزون بر این، پدیده رهایی از تنش (stress relaxation) در فرش‌ها نیز براساس محاســـبه برگشت‌پذیری پس از حذف بارگذاری فشاری ثابت تحلیل می‌شود [۱۶].



شکل ۲- نمودار بارگذاری فشاری و برگشت‌پذیری لایه پرزها پس از حذف بار در فرش.

جذب انرژی بارگذاری و اثر پسماند

مقـــدار انرژی از کل انرژی بارگذاری فـــرش را که معمولاً برای غلبه بر اصطکاک داخلی پرزها اتلاف می‌شـــود، جذب یا استهلاک انرژی بارگذاری گویند. حذف مقداری از انرژی پتانســـیل ذخیره شـــده در نخ‌های پرز در بارگذاری فشاری، منجر به کاهش ضخامت دائم پرزها می‌شود. مطابق شکل ۲، مقدار جذب انرژی (E_d) و نسبت φ (ضریب اتلاف انرژی) از معادله‌های (۶) و (۷) محاسبه می‌شوند:

$$E_d = S_{ABD} - S_{BCE} \quad (۶)$$

$$\varphi = E_d / S_{ABD} \quad (۷)$$

برای تحلیل علمی و مقایسه عملکرد فشاری فرش‌ها، از دو مشخصه عمـــده Rs٪ و φ٪ (مجموع آنها ۱۰۰ اســـت) پـــس از فواصل زمانی مشخص حذف بار می‌توان استفاده کرد [۱۸].

پدیده پسماند برای منسوجاتی که به‌طور مداوم و چرخه‌ای (cyclic) زیر تنش هستند، از جمله فرش که در معرض راه‌رفتن و تنش فشاری مداوم بوده، بسیار مهم است.

این مشخصه نمایانگر مقدار انرژی مازاد لازم برای برگشت یا بازیابی پرزها به اندازه اولیه نســـبت به مقدار انرژی مصرف شـــده برای ایجاد تغییرشکل فشاری پرزهاســـت. معمولاً مقدار پسماند فشاری با شیوه بارگذاری فشـــاری چرخه‌ای پرزهای فرش و محاسبه مساحت داخل حلقه محـــدود بین دو منحنی‌های بارگـــذاری (loading) و حذف بار (unloading) اندازه‌گیری می‌شود [۱۹].

مدول فشاری فرش

با رسم نمودار تنش - کرنش پرزهای فرش در بارگذاری فشاری چرخه‌ای با بسامد معین، ضمن امکان مقایســـه رفتار فشاری فرش‌های متفاوت، خواص مهمی از جمله مدول یا سختی فشاری پرزهای فرش با اندازه‌گیری شیب بخش خطی ابتدای نمودار مربوط معین می‌شود [۲۰].

مشخصه‌های مرتبط با دوام یا حفظ ظاهر فرش‌ها

دوام زیبایـــی ظاهـــری فرش‌ها نقش مؤثری در طول عمـــر آنها دارد. کاهش این مشخصه وابســـته به عملکرد فرسایشی و عملکرد فشاری لایه پرزهای فرش اســـت. فرش‌ها در طول زمان اســـتفاده در معرض نیروهایی مانند فشـــردگی، خمش، برش، ســـایش و نیز تغییر خواص انعکاسی ناشی از چرک و لکه‌دارشدن و درنتیجه شست‌وشوهای مکرر قرار دارند. اغلب استفاده و کاربرد نامتعارف، نگه‌داری ناصحیح فرش و تکرار شرایط گفته شده سبب افزایش مقدار تغییر یا تنزل زیبایی ظاهر فرش شـــده و اصطلاحاً فرش زشـــت و بدریخت (ugly out) می‌شود. دسترسی به رویه‌هایی استاندارد و یکنواخت در ارزیابی مقدار تغییرات ظاهر فرش‌ها، پارامترهای بسیار مؤثری را در امکان تضمین یا تعیین طول عمر آنها فراهم می‌کند [۲۱،۲۲].

با وجود تنوع خواص مرتبط با تغییرات ظاهر ســـطحی فرش‌ها در منابـــع علمی موجود، در این پژوهـــش زیرمجموعه خواص مرتبط با حفظ ظاهر فرش‌ها، شناسایی و معرفی شدند که در ادامه آمده است.

تغییر در ساختار بافت سطحی ساق پرزها

اصطلاح بافته سطحی (texture) یک فرش نمایانگر ترکیب و ترتیب به‌هم پیوســـته مجموعه ساق‌های پرز فرش از نظر آرایش و نظم آنها در ارائه تناوب یکنواخت در ردیف و ســـتون‌های بافت (واحدهای پرز تکراری) اســـت. مجموعه تغییرات ظاهری زیرمجموعه این مشخصه که به‌شدت در افت ظاهر سطحی فرش‌ها مؤثرند، عبارت‌است از: خوابیدگی یا تخت‌شـــدگی پرزها، نمدی‌شـــدن پرزها، شکستگی یا معکوس‌شـــدگی پرزها، آشـــفتگی مکانی اســـتقرار پرزها و گسترش ناهمواری سطحی پرزها.

اغلب این مشـــکلات ناشـــی از استهلاک انرژی فشـــردگی و عدم برگشـــت پرزها به‌واسطه اصطکاک و درهم‌گیر افتادن الیاف و نخ‌های پرز با یکدیگر اســـت. معمولاً با بـــرس‌زدن و جاروکردن مداوم فرش، اکثر این مشکلات به‌طور موقت قابل اصلاح هستند [۲۳،۲۴].

افت مشخصات ساق پرزها

نخ‌های پرز در اثر خســـتگی ناشی از تکرار بار فشاری و سایش، دچار تخریب درونی شـــده، برخی الیاف آنها شکســـته و از بدنه نخ ریزش می‌کنند. این موضوع باعث کاهش شکل‌شناسی یا هندسه ساق پرزها (لاغرشدن، کوتاه‌شدن و بازشدگی تاب نوک ساق پرز) می‌شود. افت مشـــخصات ســـاق پرزها (loss of tuft definition) افزون بر کاهش ظاهر سطحی لایه پرزها، کاهش ضخامت و وزن واحد سطح (چگالی وزنی) فرش را نیز ســـبب می‌شـــود. کیفیت مناسب عوامل مرتبط با مشـــخصات ســـاختاری نخ پرز مصرفی از جمله نمره، تعداد لا و تاب آنها و نیز جنس و خواص کیفی الیاف مصرفی در ریسندگی آنها نقش عمده‌ای بر دوام این مشخصه دارند [۲۲،۲۳].

پرزدهی و موئی‌شدن

اکثر فرش‌ها در بدو اســـتفاده دچار ریزش الیاف یا پرزدهی می‌شوند. این ریزش به دلیل وجود الیافی با طول کوتاه در نخ پرز اســـت که از زیـــر نقاط برخورد و لایه زیری فرش عبور نکرده‌اند، بنابراین به‌خوبی درگیر نیســـتند و در مراحل اولیه مصرف با دست‌کشیدن روی سطح فرش یا جاروکردن از نخ‌های پرز جدا می‌شوند. علت این جداشدن با شرایط فرسایش نخ‌های پرز حین استفاده متفاوت است [۹].

تغییر رنگ یا خواص انعکاسی سطح فرش

به‌طورکلی، تغییرات خواص انعکاسی لایه سطحی پرز فرش‌ها از سه گروه عوامل زیر ناشی می‌شود. شدت این نوع تغییر نقش عمده‌ای در کاهش زیبایی ظاهری فرش دارد.

- بـــه علت عدم ثبات رنگ نخ‌های پرز در برابر شست‌وشـــو، نور و سایش،
- به سبب اضافه‌شدن چرک، لکه و سایر ترکیبات رنگی و

- به‌واسطه تغییر سطح ویژه انعکاس نخ‌های پرز ناشی از خوابیدگی، تغییر مشخصات و هندسه ساق پرزها و ناهمواری سطحی پرزها.

عواملی از جمله انتخاب صحیح جنس الیاف و نوع ماده رنگزا، مراقبت و نگه‌داری صحیح و تمیز نگه‌داشتن فرش برای کاهش تعداد دفعات شست‌وشو، اثر بسزایی بر ثبات رنگ و پایداری خواص انعکاسی پرزها می‌گذارد [۲۱،۲۲،۲۵].

تغییر وضوح طرح و نقش فرش

زیبایی ظاهر هنری فرش‌ها در نمود یا جلوه شایسته طرح و نقوش آنهاست. هنگام خرید، مشتریان فرش در نگاه اول به مشخصه زیبایی ظاهر طرح و نقوش در کنار ترکیب‌بندی رنگ‌ها توجه و دقت ویژه‌ای دارند. واضح است که تداوم این زیبایی برای مدت طولانی استفاده از هر فرش نقش معین‌کننده‌ای در رضایت‌مندی مصرف‌کنندگان و اعتبار سامانه تولیدی دارد. شکستگی و درهم‌رفتگی نقوش به‌واسطه آشفتگی مکانی ساق پرزها، خوابیدگی، سایش و تغییر رنگ نایکنواخت لایه سطحی پرزها، از عوامل کاهش وضوح و زیبایی طرح و نقش در فرش‌هاست [۲۲،۲۵].

کاهش چگالی وزنی فرش

چگالی یا وزن واحد سطح پرزهای فرش‌ها پس از مدتی استفاده و درنتیجه فرسایش لایه پرزها که همراه با شکسته و جداشدن بخشی از الیاف از بدنه ساق پرزهاست، به مرور زمان کاهش می‌یابد. کاهش تراکم حجمی پرزها باعث کاهش شدید راحتی مصرف، تضعیف خواص گرمایی و صوتی (acoustic) و البته کاهش مشخصات ظاهری فرش می‌شود. اختلاف وزن واحد سطح نمونه اولیه از نمونه فرسایش داده شده نمایانگر مقدار کاهش چگالی وزنی فرش است [۱۰].

دوام لایه‌زیری فرش

لایه زیری، پایه ساختاری (foundation) فرش به‌شمار می‌آید که نخ‌های چله و پود و بخش گره‌خورده نخ‌های پرز در آن استقرار می‌یابند. دوام این لایه به‌طور ویژه در فرش‌های دست‌باف وابسته به عواملی از جمله نوع گره، شیوه پودگذاری، مشخصات و خواص نخ‌های چله و پود، کیفیت و دقت عمل بافت توسط بافنده و نیر شرایط استفاده و نگه‌داری فرش است. به‌طورکلی از جمله تغییرات یا مشکلات احتمالی که منجر به کاهش دوام لایه زیری فرش‌ها می‌شود، عبارت از [۲۴] تغییر ابعاد، چین‌خوردگی، چروک و مچاله‌شدن، چاک‌خوردگی، کیس‌خوردگی و پوسیدگی است.

ب) تحلیل آماری

پس از جمع‌آوری و معرفی خواص عملکردی مؤثر در تعیین طول عمر فرش‌ها، برای تعیین درجه اثر هریک از این خواص، پرسش‌نامه‌ای برای نظرسنجی از جامعه آماری شامل ۵۶ نفر از کارشناسان خبره و تعدادی از استادان و فارغ‌التحصیلان دانشگاهی فرش دست‌باف (به نسبت مساوی) در استان‌های اصفهان، قم، کرمان و یزد طراحی شد. برای تعیین حجم نمونه‌گیری، پس از نمونه‌گیری اولیه و تعیین میانگین و انحراف معیار نتایج نمونه‌گیری اولیه، در فاصله اطمینان ٪۹۵ از فرمول کاکران استفاده شد [۲۶]. فرمول ساده شده کاکران $n = (z_2\, s_2)/d_2$ بوده که در آن s مقدار انحراف معیار داده‌ها، z اندازه متغیر در توزیع z و d وابسته به دقت نمونه‌گیری که حداکثر ٪۵ است.

رویه تکمیل پرسش‌نامه‌ها به روش مصاحبه حضوری و در شرایط

جدول ۱- خلاصه نتایج پرسش‌نامه‌ها.

کد خواص		خواص عملکردی	تعداد پاسخ قابل‌قبول[الف]	میانگین درجه اثر ($\bar{X}$)	انحراف معیار (S)	درصد ضریب تغییرات (٪CV)
خواص عملکرد فشاری لایه پرزها	a1	درصد فشردگی پرزها	۴۸	۳/۶۷	۰/۹۳	۲۵/۳۷
	a2	درصد افت ضخامت فرش	۵۴	۴/۲۴	۰/۸۵	۱۹/۹۳
	a3	نرخ برگشت‌پذیری پرزها	۵۶	۴/۶۰	۰/۶۶	۱۴/۲۵
	a4	جذب انرژی و اثر پسماند	۴۴	۳/۵۷	۰/۹۷	۲۷/۳۰
	a5	سختی فشاری پرزهای فرش	۵۳	۴/۱۹	۱/۰۴	۲۴/۸۰
خواص مرتبط با حفظ ظاهر فرش	b1	تغییر در ساختار بافت سطحی ساق پرزها	۵۴	۴/۰۴	۰/۸۲	۲۰/۴۰
	b2	افت مشخصات ساق پرز	۵۵	۴/۰۷	۰/۸۶	۲۱/۰۵
	b3	پرزدهی و موئی‌شدن	۵۱	۳/۲۴	۰/۹۱	۲۸/۰۵
	b4	تغییر در رنگ یا خواص انعکاسی	۵۶	۴/۵۴	۰/۶۰	۱۳/۲۷
	b5	تغییر در وضوح طرح و نقش فرش	۵۶	۴/۵۲	۰/۷۶	۱۶/۸۸
	b6	کاهش چگالی وزنی فرش	۵۱	۳/۷۵	۰/۹۳	۲۴/۹۶
c1		تغییر مشخصات لایه زیری فرش	۵۵	۳/۲۲	۰/۹۴	۲۹/۱۱

الف: موارد پاسخ مخدوش یا بدون پاسخ به‌عنوان نتایج غیرقابل قبول حذف شدند.

لـــزوم معرفی و توصیف هـــر یک از ۱۲ خواص عملکـــردی، مطابق با توضیحـــات بخش اول ایـــن پژوهش برای مخاطبان بـــود. برای درک علمی دقیق‌تر برخی خواص، توصیف فنی آنها با نمایش دو نمونه فرش دست‌باف کوچک نو و فرسایش داده شده برای مقایسه ادراکات بصری و لامسه‌ای آنها مهیا شد. هر دو نمونه فرش به ابعاد ۲۰cm× ۲۳ بوده و با مشخصات ســـاختاری کاملاً مشابه، گره متقارن (ترکی)، رج‌شمار ۳۵ و ارتفـــاع پرز mm ۹ و از نخ‌های پرز پشـــمی با نمره ۵/۲ متریک آماده شده بودند. نمونه دوم مطابق با استاندارد ISO 10361 [۲۷] در ۱۲۰۰۰ دور چرخش، در دستگاه Hexapod Drum tester (شبیه‌ساز فرسایش فرش) فرسایش داده شد. پس از تکمیل پرسش‌نامه‌ها، برای خواص عملکردی با درجه اثر بســـیار زیاد در تعیین طول عمر فرش از امتیاز ۵ و برای موارد با درجه اثر ناچیز از امتیاز ۱ استفاده شد. خلاصه نتایج در جدول ۱ آمده است.

نتایج و بحث

مقایسه سهم اثر خواص در هر گروه خواص عملکردی فرش‌ها

مطابق نتایج آخرین مطالعات مســـتند در بازارســـنجی جهانی انواع منســـوجات که گواه بر ســـهم معنی‌دار خواص مرتبط با حفظ ظاهر منسوج در تخمین طول عمر آنهاست [۱]، در این پژوهش نیز مطابق جـــدول ۱، برآیند نتایج خواص مرتبط با حفـــظ ظاهر فرش‌ها و نیز خواص مرتبط با عملکرد فشاری لایه پرزها، بیشترین درجه اثر را در تعیین طول عمر فرش‌های دست‌باف دارند.

افـــزون بر این در بین تمام خواص، بیشـــترین درجـــه اثر مربوط به مشـــخصه درصد برگشـــت‌پذیری پرزها و پس از آن تغییر خواص انعکاســـی نخ‌های پرز سطحی و دوام طرح و نقش فرش‌هاست. واضح اســـت، هر سه مورد مشخصه برتر نقش بسزایی در حفظ و ارائه ظاهر ســـطحی و بصری فـــرش دارند. کمترین درجه اثـــر مربوط به تغییر مشـــخصات لایه زیری و سپس مقدار پرزدهی فرش است. فرش‌های دســـت‌باف در مقایسه با سایر کف‌پوش‌های پرزدار با توجه به شرایط بســـیار مستحکم اســـتقرار هر نخ پرز در بین جفت نخ‌های چله رو و زیر و ســـپس پودکشی، لایه زیری آنها در شرایط مناسب نگه‌داری و کف مکان مفروش شده، دارای دوام بسیار زیادی هستند. نخ‌های پرز فرش دســـت‌باف نیز به دلیل طول بلند الیاف پشم، معمولاً پرزدهی بســـیار ناچیزی دارند. کیفیت نامطلوب الیاف پشم از جمله استفاده از الیاف پشم دباغی‌شـــده یا عملکرد ناصحیح رنگرزی باعث افزایش پرزدهی می‌شود [۸].

گروه‌بندی خواص عملکردی فرش‌ها

نتایج اســـتخراج شده از پرســـش‌نامه‌ها با نرم‌افزار Minitab و اجرای آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفی (ANOVA) به روش آزمون Tukey و در ســـطح معنی‌داری ٪۵، تحلیل و تمام خواص براساس درجه اثر اولویت‌بندی و سپس گروه‌بندی شدند. تغییر گروه‌بندی هر مشخصه

جـــدول ۲- آزمون تحلیـــل واریانس یک‌طرفی با رویـــه Tukey برای گروه‌بندی خواص عملکردی فرش‌ها.

دسته‌بندی خواص	گروه‌بندی				متوسط درجه اثر	خواص	رتبه
۱	A				۴/۶۰	a3	۱
	A				۴/۵۳۵۷	b4	۲
	A				۴/۵۱۷۹	b5	۳
	A				۴/۲۴۰۷	a2	۴
	A	B			۴/۱۸۸۷	a5	۵
۲		B			۴/۰۷۲۷	b2	۶
		B			۴/۰۳۷۰	b1	۷
۳			C		۳/۷۴۵۱	b6	۸
			C		۳/۶۶۶۷	a1	۹
			C		۳/۵۶۸۲	a4	۱۰
۴				D	۳/۲۳۵۳	b3	۱۱
				D	۳/۲۱۸۲	c1	۱۲

براســـاس وجود اختلاف معنی‌دار در نتایج در مقایسه با سایر خواص انجام شد. خلاصه نتایج اجرای این آزمون در جدول ۲ آمده است.

همان‌طور که مشـــاهده می‌شـــود، پنج مشـــخصه به ترتیب مقدار برگشت‌پذیری پرزها (درصد ارتجاعیت)، تغییر رنگ یا خواص انعکاسی، تغییر وضوح طرح و نقوش، درصد کاهش ضخامت و ســـختی فشاری پرزهـــای فرش در گـــروه اول از نظر درجه اثر و اهمیت برای مطالعه و تحلیل طول عمر فرش قرار دارند. مشـــخصه‌های افت مشخصات ساق پرز و تغییر ساختار بافت سطحی ســـاق پرزها در گروه دوم درجه اثر قرار گرفته‌اند. با توجه به هدف اصلی این پژوهش مبنی بر دســـتیابی به مجموعه‌ای محدود ولـــی جامع از خواص عملکردی فرش‌ها، هفت مشخصه برتر حاضر در گروه‌های اول و دوم که دربرگیرنده هر دو نوع طیف خواص عمده فرش‌ها (عملکرد فشاری لایه پرزها و حفظ ظاهر) هستند، به‌عنوان مجموعه خواص منتخب برای تضمین کیفیت عملکرد فرش‌های دست‌باف پیشنهاد شدند.

نتیجه‌گیری

از مؤثرتریـــن فرصت‌ها بـــرای امکان رقابت و بازیابـــی جایگاه فرش دســـت‌باف ایرانی در بازارهـــای بین‌المللی، مطابـــق اصول مدیریت بازرگانی امـــروز اکثر محصولات، تضمین کیفیت عملکرد منتخبی از خواص جامع و عمده برای ایجاد اطمینان‌خاطر مشتریان از طول عمر مصرف مناســـب فرش خریداری شده (در کاربرگ ضمانت‌نامه همراه محصول) است.

در بین هفت مشـــخصه اولویت‌بندی شده در گروه‌های اول و دوم،

مشـــاهده می‌شود، شاخص درصد برگشـــت‌پذیری پرزها از مجموعه خواص مرتبط با عملکرد فشاری لایه پرزها و پس از آن ثبات خواص انعکاســـی نخ‌های پرز و دوام نمود طـــرح و نقش فرش‌ها از مجموعه خـــواص مرتبط با حفظ ظاهر بیشـــترین درجه اثـــر را بر طول عمر فرش‌ها دارند. معرفی مجموعه‌ای محدود، جامع و مطمئن از خواص عملکـــردی فرش با عنوان خواص منتخب و نیز توصیف و راهکارهای ارتقای دوام هریک از آنها (در بخش شناســـایی خواص)، دستور کار اجـــرای کیفیتی مفیدی را برای تولیدکننـــدگان فراهم می‌آورد. این مجموعه به تولیدکنندگان برای دقت در طراحی لازم به‌طور ویژه در انتخاب مواد اولیه و تناســـب صحیح مشخصات ساختاری فرش پیش از تولید کمـــک می‌کند. افزون بر این، بـــا تضمین این گروه خواص منتخب به همراه فرش به‌طـــور ویژه در بازارهای بین‌المللی، افزایش اعتبار تولیدکننده و ظرفیت رقابت با سایر محصولات ماشینی مشابه را فراهم می‌کند.

مراجع

1. Li Y. and Dai X.Q., *Biomechanical Engineering of Textile and Clothing,* Woodhead, England, 2006.

۲. دریایی، ن.، زیبایی در فرش دست‌باف ایران ، *فصلنامه گلجام*، ۵-۴، ۱۳۸۵.

3. Cusick G.E. and Dawber S.P.K, Loss of thickness of carpets in floor trials, *J. Text. I.*, 55, 531-536, 1964.
4. Ince J. and Ryder M.L., The Evaluation of carpets made from experimental wools, *J. Text. I.*, 75, 47-58, 1984.

۵. بصام، س.ج.، بررسی خواص فیزیکی و مکانیکی گره‌های متقارن و نامتقارن و مقایسه آن با گره‌های غیرمجاز، مرکز تحقیقات فرش دست‌باف، ۱۳۸۳.

6. Moghasem A.R. and Gharehaghaji A.A., Evaluating pile yarn characteristics in hand woven carpet using stress-strain behavior in compression, *IJE Transactions B: Applications*, 21, 303-312, 2008.
7. Mirjalili S.A. and Sharzehee M., A study and investigation on the influence of static and dynamic loading on the properties of handmade persian carpet, I: The effect of static loading, *Fibre. Polym.*, 6, 139-145, 2005.
8. Gupta N.P., Shakyawar D.B., and Sinha R.D., Influence of fiber diameter and medullation on woolen spun yarns and their products, *Ind. J. Fibre Text. Res.*, 23, 32-37, 1998.

۹. کارآمد، م.ج.، روش‌های اندازه‌گیری خواص فیزیکی فرش، سومین سمینار ملی تحقیقات فرش دست‌باف، مرکز ملی فرش ایران، ۲۵۰۲، تهران، ۱۳۸۸.

10. Carnaby G.A. and Wood E.J., The physics of carpets, *J. Text. I.*, 80, 71-90, 1989.
11. Grover G., Zho S., and Twilly I.C., Dynamic mechanical properties of carpet yarns and carpet performance, *Text. Res. J.* 63, 257-266, 1993.
12. Onder E. and Berkalp O.B., Effects of different structure parameters on carpet physical properties, *Text. Res. J.*, 71, 549-555, 2001.
13. Dayiary M., Shaikhzadeh S., and Shamsi M., An experimental verification of cut-pile carpet compression behavior, *J. Text. I.*, 101, 488-494, 2010.
14. Anderson S.L. and Clegg D.G., A thickness tester for carpet specimens, *J. Text. I.*, 52, 664-667, 1961.
15. Wu J., Pan N., and Williams K.R., Mechanical, biomechanical, psychophysical study of carpet performance, *Text. Res. J.*, 77, 172-178, 2007.
16. Laughlin K.C. and Cusick G.E., Carpet performance evaluation, Part II: Stress-strain behavior, *Text. Res. J.*, 38, 72-80, 1968.
17. Korkmaz Y. and DalciKocer S., Resilience behaviour of woven acrylic carpets under short and long-term static loading, *J. Text. I.*, 101, 236-241, 2010.
18. Celik N. and Koc E., An experimental study on thickness loss of wilton-type carpets produced with different pile materials after prolonged heavy static loading. Part-2: energy absorption and hysteresis effect, *Fibre Text. East. Eur.*, 15, 87-92, 2007.
19. Horino T., Yabunaka T., and Morikawa M., Study on viscoelastic behavior of carpet, Part 1: Apparatus for dynamic measurment in simple compression and complex dynamic modulus of commerical carpets, *J. Text. Machinery Soci. Jap*. 17, 26-32, 1971.
20. Shakyawar D.B., Gupta N.P., Patni P.C., and Arora P.K., Computer-aided statistical module for hand knotted carpets, *Ind. J. Fibre Text. Res.*, 33, 405-410, 2008.
21. Wood E.J., Description and measurement of carpet appearance, *Text. Res. J.*, 63, 580-594, 1993.
22. Wilding M.A., Lomas B., and Woodhouse A.K., Change due to wear in tufted pile carpets, *Text. Res. J.*, 60, 627-640, 1990.
23. Lamb G.E.R., Kepka S., and Miller B., Studies of appearance retention in carpets, *Text. Res. J.*, 60, 103-107, 1990.
24. Wu Y., Pourdeyhini B., and Spivak S.M., Texture evaluation of carpets using image analysis, *Text. Res. J.*, 61, 407-

419, 1991.

25. Xu B., Assessing carpet appearance by image analysis, *Text. Res. J.*, 64, 697-709, 1994.

۲۶. مونت‌گمری، د.، *طرح و تحلیل آزمایش‌ها*، ترجمه: شاهکار غ.، مرکز نشر دانشگاهی، چاپ دوم، ایران، ۱۳۸۵.

27. BS ISO 10361, Textile floor coverings-production of changes in appearance by means of Vettermann drum and hexapod tumbler testers, 1st ed., 5-9, 2000.

Journal of Textile Science and Technology
Vol. 4, No.1, 19-26
Spring 2014
ISSN: 2151-7162

To Study and Establish the Effective Properties in Hand-knotted Carpets' Lifetime

S.M. Tabatabaei[1,*], M. Ghane[1], H. Hasani[1], and A. Zynal Hamedani[2]

(1) Department of Textile Engineering,
(2) Department of Industrial Engineering; Isfahan University of Technology, P.O. Box: 84156-83111, Isfahan, Iran

Received 7 February 2014; Accepted 4 May 2014

Abstract

Today, to increase customers' assurance and enthusiasm in purchasing carpets a minimum of two criteria must be met, including its degree of comfort and permanency in retaining its original appearance. In this study, first, the physical properties of hand-knotted carpets and the qualitative changes most effective in the service life of the carpets are introduced, and then by questionnaire method in gathering information from individual purchaser the efficacies of the properties have been classified. By using the Minitab software the properties have been grouped in terms of top most prioritized effects. This evaluation was carried in a population of 56 people comprised of academic and commercial experts. The results of ANOVA tables under Tukey method have attested to the high efficacy of "resilient pile yarns" by a high percentage of spring rates in response to compression performance of the piles layers. Accordingly, the cohesion in reflexive properties of the pile yarns and durability in the design and patterns of the carpets are related to the stable surface quality. Seven selected functional properties in the first and second groups were proposed to manufacturers for more careful consideration and accuracy in the production design of hand-knotted carpets. Moreover, guaranteeing some or all the selected properties is recommended to be made to customers in order to assure their confidence in the lifetime performance of the carpet.

Keywords

hand-knotted carpet,
lifetime,
surface piles layer,
appearance retention,
compressive performance

(*) Address Correspondence to S.M. Tabatabaei, Email: m.tabatabaei@tx.iut.ac.ir