

شناسایی بحرانی ترین خطاها در تولید فرش ماشینی با استفاده از روش تحلیل خطاهای بالقوه و آثار آنها

Monitoring the Most Critical Error-based Failures in Carpet Production by Failure - Mode - and - Effects Analysis

محمد حاتموند*، سید عباس میرجلیلی، محسن هادی زاده

یزد، دانشگاه یزد، مجتمع فنی و مهندسی، دانشکده مهندسی نساجی، صندوق پستی ۷۴۱-۸۹۱۹۵

تاریخ دریافت: ۹۱/۰۹/۱۴ تاریخ پذیرش: ۹۲/۱۲/۱۵

چکیده

در یک سامانه تولیدی همواره احتمال وقوع بسیاری از خطاها وجود دارد. این خطاها بر خروجی سامانه از نظر کمی و کیفی مؤثرند و هر یک تهدیدی برای آن به شمار می‌رود. در این مقاله، روشی کاربردی به نام تحلیل خطاهای بالقوه و آثار آنها برای شناسایی بحرانی ترین خطاها و کاهش آثار مخرب آنها در یک سامانه تولید فرش ماشینی معرفی شده است. اجرای این روش به گروهی متشکل از اعضای سامانه نیاز دارد تا با بحث درباره خطاهای بالقوه و آثار آنها به هر خطا عددی موسوم به عدد اولویت خطر اختصاص داده شود. خطاهایی که دارای بزرگترین عدد اولویت خطر هستند، بحرانی ترین خطاها محسوب شده و اقدامات اصلاحی برای ارتقای کیفیت محصول، باید از آنها شروع شود. در این کار پژوهشی، با استفاده از این شیوه، یک سامانه تولید فرش ماشینی ارزیابی شده و بحرانی ترین خطاهای موجود در آن، شناسایی شده و راهکارهایی برای بهبود کیفیت فرش های تولیدی ارائه شده است.

مقدمه

شناسایی و حذف بحرانی ترین خطاها به بهبود کیفیت محصول کمک شایانی می‌کند. روش تحلیل خطاهای بالقوه و آثار آنها (failure mode and effect analysis)، شامل شناسایی، اولویت بندی و حذف خطاهای بالقوه، موجود در یک سامانه پیش از به وقوع پیوستن آنهاست [۱]. این روش برای اولین بار در سال ۱۹۶۳ میلادی توسط سازمان ناسا ابداع شد و پس از آن در صنایع خودروسازی استفاده شد [۲]. Onodera در سال ۱۹۹۷ میلادی حدود ۱۰۰ کاربرد این روش را در صنایع مختلف ژاپن بررسی کرد و نتیجه گرفت که این شیوه ابزاری موفق در بسیاری از زمینه‌ها از جمله صنایع خودروسازی، الکترونیک، نیروگاه‌ها و مخابرات است [۳].

فرش کف پوشی است که به دلایل مختلفی از قبیل راحتی، زیبایی و جذب صدا در مکان‌های مختلف استفاده می‌شود. در بازار رقابتی، کیفیت مناسب فرش می‌تواند عامل مهمی برای فروش بهتر این محصول باشد. به همین دلیل استفاده از شیوه‌های مؤثر در راستای ارتقای کیفیت محصول برای تولیدکنندگان موضوعی ضروری است. در فرایند تولید فرش، امکان انجام اشتباه در هر مرحله بنا به هر دلیلی وجود دارد. به این اشتباه‌های ناخواسته که در نهایت منجر به افت کیفیت فرش می‌شود، خطا گفته می‌شود. به دلیل محدودیت در زمان و هزینه، امکان حذف کلیه خطاها وجود ندارد. بنابراین باید روی خطاهایی تمرکز کرد که برای سامانه بسیار خطرناک

کلمات کلیدی

کیفیت،
فرش،
شناسایی خطا،
بحرانی

*مستقل مکاتبات، پیام‌نگار: m.hatamvand@stu.yazduni.ac.ir

این روش به دلیل کاربردی بودن آن در بهبود کیفیت محصولات تولیدی، به طور گسترده مورد استقبال شرکت‌های مهمی در اروپا، امریکا و ژاپن قرار گرفته است [۴]. خطا در هر مرحله از طراحی، نصب، اجرا و تولید ممکن است، اتفاق بیفتد که برای به حداقل رساندن خطاها باید برای هر مرحله به طور جداگانه شیوه تحلیل خطاهای بالقوه و آثار آن‌ها اجرا شود [۵]. در روش تحلیل خطاهای بالقوه و آثار آن‌ها مراحل انجام فرایند در سامانه دقیق بررسی می‌شود تا با تحلیل منطقی خطاهای موجود، منابع به وجود آورنده آن‌ها شناسایی شده و برای حذف این منابع تلاش شود. به همین دلیل روش تحلیل خطاهای بالقوه و آثار آن‌ها ابزار تحلیلی کاربردی مؤثر برای شناسایی بحرانی ترین خطاهای یک سامانه است [۶].

هدف نهایی شیوه تحلیل خطاهای بالقوه و آثار آن‌ها، شناسایی و اولویت‌بندی خطاهای بالقوه موجود در سامانه با استفاده از اختصاص عدد اولویت خطر (risk priority number, RPN) و ارائه راهکارهایی برای حذف خطاهاست [۷]. بنابراین، روش مزبور ابزاری ساده و مؤثر است که بر اقدامات پیشگیرانه برای حذف خطاها در سامانه تأکید دارد. در این مقاله سعی شده با استفاده از روش تحلیل خطاهای بالقوه و آثار آن‌ها بحرانی ترین خطاهای بالقوه موجود در فرایند تولید فرش ماشینی شناسایی شده و راهکارهایی برای حذف آن‌ها ارائه شود.

این روش کاربردی به ارتقای پیوسته سامانه در راستای بهبود مستمر کیفیت محصول کمک شایانی می‌کند. با ایجاد یک شاخص از اعداد اولویت خطر، سامانه در بازه‌های زمانی مشخص با تکرار عملیات تحلیل خطاهای بالقوه و آثار آن‌ها، ارزیابی می‌شود

تجربی

در این پژوهش، با استفاده از روش تحلیل خطاهای بالقوه و آثار آن‌ها یک سامانه تولید فرش ماشینی رویه به رویه ویلتون با ماشین آلات CRT و CRX محصول شرکت Van de Wiele بلژیک، ارزیابی شده است که مشخصات فرش‌های تولیدی در جدول ۱ آمده است. پس از بررسی‌های انجام شده توسط گروه و تحلیل خطاهای بالقوه و آثار آن‌ها بر کیفیت محصول نهایی، نتایج حاصل از این تحلیل در جدول ۲ آمده است. در این جدول، خطاهای بالقوه، دلایل به وجود آمدن و آثار آن‌ها بر محصول نهایی، مؤلفه‌های عدد اولویت خطر و اعداد اولویت خطر محاسبه شده، نشان داده شده است.

جدول ۱- مشخصات فرش‌های تولیدی.

مقدار	مشخصه
۲×۳ و ۳×۴، ۲/۵×۳/۵	ابعاد فرش (m)
نخ مخلوط (پلی‌استر/ پنبه) با نمرة Ne ۲۰/۶ و Ne ۲۰/۵	مشخصات نخ تار
جنس کنف با نمرة LBS ۶/۲ و LBS ۱۰/۱	مشخصات نخ پود
۱۲۰۰ و ۱۰۰۰، ۹۰۰	تراکم پود در متر
نخ آکرلیک با نمرة Nm ۱۰/۵/۲ و Nm ۱۶/۳ و ارتفاع خاب ۱۲ mm	مشخصات نخ خاب
۷۰۰ و ۵۰۰، ۳۵۰	مشخصات شانه در متر
۱۴۰۰ و ۱۰۰۰، ۷۰۰	تراکم خاب

هدف نهایی شیوه تحلیل خطاهای بالقوه و آثار آن‌ها، شناسایی و اولویت‌بندی خطاهای بالقوه موجود در سامانه با استفاده از اختصاص عدد اولویت خطر (risk priority number, RPN) و ارائه راهکارهایی برای حذف خطاهاست [۷]. بنابراین، روش مزبور ابزاری ساده و مؤثر است که بر اقدامات پیشگیرانه برای حذف خطاها در سامانه تأکید دارد. در این مقاله سعی شده با استفاده از روش تحلیل خطاهای بالقوه و آثار آن‌ها بحرانی ترین خطاهای بالقوه موجود در فرایند تولید فرش ماشینی شناسایی شده و راهکارهایی برای حذف آن‌ها ارائه شود.

چگونگی انجام روش تحلیل خطاهای بالقوه و آثار آن‌ها

تحلیل خطاهای بالقوه و آثار آن‌ها، کاری گروهی است. گروه مزبور، از اعضای داخلی و یک عضو خارجی تشکیل شده‌اند. اعضای داخلی عبارت‌اند از افراد با تجربه، مدیران بخش‌های مختلف اعم از تولید، کنترل کیفیت، فنی و عضو خارجی که یک کارشناس تحلیل خطاهای بالقوه و آثار آن‌هاست و وظیفه مدیریت و هدایت فعالیت‌های گروه را بر اساس اصول تحلیل خطاهای بالقوه و آثار آن‌ها بر عهده دارد. فعالیت‌های زیر برای انجام تحلیلی موفق باید توسط گروه انجام شود [۸]:

۱. تحلیل قدم به قدم فرایند تولید برای شناسایی خطاهای بالقوه،
۲. فهرست کردن خطاهای بالقوه شناسایی شده،
۳. ارزیابی احتمال فراوانی وقوع خطاهای بالقوه با توجه به سابقه وقوع آن‌ها،
۴. ارزیابی وخامت خطاهای بالقوه (آثار ناخواسته خطاها بر کیفیت محصول نهایی) و

۵. ارزیابی قدرت سامانه برای کشف وقوع خطاهای بالقوه در هر مرحله. اعضای گروه درباره خطاهای بالقوه شناسایی شده بحث و تبادل نظر می‌کنند تا در نهایت به هر خطا یک عدد اولویت خطر اختصاص داده شود. عدد اولویت خطر دارای سه مؤلفه وقوع (O, occurrence) و وخامت (severity, S) و کشف (D, detection) است. حاصل ضرب این سه مؤلفه مطابق معادله (۱) عدد اولویت خطر را به وجود می‌آورد:

$$(1) \quad \text{عدد اولویت خطر} = O \times S \times D$$

این مؤلفه‌ها اعداد صحیحی بین ۱ (بهترین حالت) تا ۱۰ (بدترین حالت) هستند. مؤلفه وقوع، نشان‌دهنده احتمال وقوع هر خطا با توجه به اطلاعات گذشته است. اگر فراوانی وقوع هر خطا در گذشته زیاد باشد، احتمال وقوع

جدول ۲- جدول تحلیل خطاهای بالقوه و آثار آن‌ها.

شماره	خطای بالقوه	علل خطاهای بالقوه	آثار خطا بر محصول نهایی	وقوع	کشف	وخامت	عدد اولویت خطر
۱	پرزدارشدن فرش	۱. تنظیم نبودن و خرابی تیغ خاب‌بر ۲. تنظیم نبودن و خرابی سنگ تیغ خاب‌بر	۱. پرزدادن فرش هنگام استفاده ۲. نامطلوب شدن ظاهر فرش	۲	۱	۲	۴
۲	خاب سوختگی	۱. تنظیم نبودن و خرابی تیغ خاب‌بر ۲. تنظیم نبودن و خرابی سنگ تیغ خاب‌بر ۳. زیادبودن سرعت غلتک تراش	۱. زبرشدن سطح فرش ۲. نامطلوب شدن ظاهر فرش	۱	۱	۲	۲
۳	جابه‌جا شدن دو نخ تار زمینه در کنار هم	۱. نخ‌کشی غلط حین کار یا تعویض چله	۱. شکسته شدن بافت زمینه فرش	۱	۴	۸	۳۲
۴	بافته نشدن دو یا چند نخ خاب در کنار یکدیگر (کچلی)	۱. پارگی چند نخ خاب کنار هم ۲. اشکال در سامانه ژاکارد ۳. شل شدن نخ‌های خاب ۴. پرزگرفتن میل میلک‌های نخ خاب و پاره شدن آن‌ها	۱. نامطلوب شدن ظاهر پشت و روی فرش	۴	۱	۲	۸
۵	بافت رفتن نخ خاب با نخ پود	۱. پارگی نخ خاب در دهانه بافت ۲. شل شدن نخ خاب ۳. وجود گره‌های دنباله بلند در نخ‌های خاب	۱. نامطلوب شدن ظاهری پشت فرش	۱	۲	۹	۱۸
۶	بافت رفتن دو نخ پود با هم (دوپودی)	۱. خارج نکردن پود پاره شده از دهانه توسط اپراتور پیش از شروع مجدد بافت	۱. نامطلوب شدن ظاهری پشت فرش ۲. ایجاد شکستگی در فرش در راستای پود	۲	۱	۲	۴
۷	کم بودن ارتفاع خاب بخشی از فرش در طول فرش	۱. کشش متفاوت و بیشتر نخ‌های خاب در یک منطقه ۲. پیچیده شدن نخ‌های ضایعاتی روی غلتک‌های سوزنی برداشت ۳. انجام عملیات تراش نامتقارن در سطح فرش	۱. نامطلوب شدن ظاهر روی فرش ۲. ایجاد نایکنواختی در سطح فرش	۲	۱	۵	۱۰
۸	سرکچی	۱. برش نامناسب ساده باف بزرگ (بین دو طاقه فرش) در بافندگی ۲. برش و دوخت نامناسب لبه و کناره در زیگزاگ و ریشه‌دوزی ۳. سردوزی ناصاف طاقه فرش‌ها در دستگاه چسب‌زنی به‌ویژه حین تبدیل ابعاد از عرض ۳ به ۴ متر و برعکس ۴. شل بافت بودن یا عدم استحکام ساختاری مناسب در واسط (تبدیل ساده باف) عرض ۳ به ۴ متر و سرکچ شدن آن حین حرکت در دستگاه چسب‌زنی ۵. برداشت نامتناسب فرش به وسیله غلتک برداشت ماشین بافندگی	۱. معیوب شدن فرش از نظر ابعادی	۲	۱	۱۰	۲۰
۹	پارگی فرش در پشت پاک‌کنی برای فرش‌های CRT (در اثر عیوب بافت مانند چله پارگی و ...)	۱. درگیری فرش (عموما محل دوخت یا عیوب فرش معیوب) با تیغ در پشت پاک‌کنی	۱. معیوب شدن فرش	۵	۱	۸	۴۰
۱۰	سوختگی پشت فرش پس از چسب خوردن	۱. گرما دادن بیش از حد پشت فرش در مرحله تکمیل	۱. معیوب شدن فرش	۱	۱	۱۰	۱۰

جدول ۳- جدول خطاهای مرتب شده بر اساس عدد اولویت خطر و اقدامات اصلاحی.

شماره	خطای بالقوه	عدد اولویت خطر	اقدامات اصلاحی برای کاهش عدد اولویت خطر و حذف خطاها
۱	پارگی فرش در پشت پاک کنی برای فرش های CRT (در اثر عیوب بافت مانند چله پارگی و ...)	۴۰	۱. دوخت مناسب ساده باف فرش ها به یکدیگر ۲. علامت زدن محل چله پاره از بافندگی ۳. کاهش عیوب فرش به ویژه چله پارگی از بافندگی ۴. دقت عمل اپراتور دستگاه در عبور دادن محل چله پارگی فرش ها یا محل های دوخت از روی تیغ های دستگاه
۲	جابه جا شدن دو نخ تار زمینه در کنار هم	۳۲	۱. دقت هنگام تعویض چله ۲. دقت در رفع پارگی نخ های تار زمینه کنار هم
۳	سرکجی	۲۰	۱. دوخت مناسب لبه دو طاقه فرش پیش از چسب زنی ۲. قراردادن ساده باف به اندازه کافی در دوطرف طاقه فرش ها و برش صاف و مساوی در بافندگی ۳. دقت عمل در زیگزراگ و ریشه دوزی ۴. استفاده از واسط (تبدیل) ۳ به ۴ متر با تراکم و استحکام ساختاری یا چسب زنی قسمت وسط تبدیل ساده باف برای ایجاد ثبات ابعادی بیشتر ۵. کنترل و تنظیم چله ها و شانه و ... ۶. تنظیم غلتک برداشت ماشین بافندگی
۴	بافت رفتن نخ خاب با نخ پود	۱۸	۱. کنترل مداوم وزنه های قفسه ۲. کنترل نخ های خاب پشت کار (از نظر شلی و سفتی، گره های دنباله بلند و ...) توسط کمک بافنده ۳. گره زنی استاندارد به وسیله بوبین پیچ و کمک بافنده ۴. دقت عمل بافنده (پشت فرش رو)
۵	کم بودن ارتفاع خاب بخشی از فرش در طول فرش	۱۰	۱. کنترل مداوم قفسه و وزنه ها و نیز تاب گیری نخ های قفسه ۲. تمیز کاری غلتک های سوزنی ۳. کنترل روزانه فاصله بین غلتک تراش و سطح فرش در سرتاسر غلتک تراش
۶	سوختگی پشت فرش پس از چسب خوردن	۱۰	۱. جلوگیری از باقی ماندن فرش روی دیگ بخار دستگاه چسب به مدت طولانی ۲. تنظیم دمای بخار
۷	بافته نشدن دو یا چند نخ خاب در کنار یکدیگر (کچلی)	۸	۱. کنترل مداوم نخ های خاب و چله از پشت کار توسط کمک بافنده ۲. کنترل وزنه های نخ های خاب ۳. سرویس و نگهداری مناسب سامانه های ژاکارد ۴. دقت عمل بافنده در مشاهده و اصلاح عیب
۸	پرزدار شدن فرش	۴	۱. کنترل و تعویض به موقع تیغ خاب بر ۲. کنترل و تنظیم روزانه سنگ تیغ خاب بر
۹	بافت رفتن دو نخ پود با هم	۴	۱. کنترل مداوم وزنه های قفسه ۲. کنترل نخ های خاب پشت کار (از نظر شلی و سفتی، گره های دنباله بلند و ...) توسط کمک بافنده ۳. گره زنی استاندارد به وسیله بوبین پیچ و کمک بافنده ۴. دقت عمل بافنده (پشت فرش رو)
۱۰	خاب سوختگی	۲	۱. کنترل، تعویض و تنظیم به موقع تیغ خاب بر ۲. کنترل و تنظیم روزانه سنگ تیغ خاب بر ۳. تنظیم سرعت غلتک تراش

نتایج و بحث

نتیجه رسید که با برگزاری دوره‌های آموزشی مستمر برای کارکنان بخش‌های مختلف و رعایت نکاتی بسیار ساده، می‌توان بسیاری از خطاها را حذف کرده یا اعداد اولویت خطر آن‌ها را به مقدار قابل توجهی کاهش داد.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش، روش تحلیل خطاهای بالقوه و آثار آنها، برای شناسایی و حذف بحرانی‌ترین خطاهای موجود در سامانه تولید فرش ماشینی استفاده شده است. پس از ارزیابی این سامانه به کمک روش یاد شده، بحرانی‌ترین خطاها در این سامانه مشخص و راه حل‌های مناسب برای حذف این خطاها ارائه شد.

با توجه به ساده و عملی بودن راهکارهای ارائه شده می‌توان نتیجه گرفت که این روش می‌تواند به عنوان ابزار کاربردی مناسب برای ارتقا کیفیت محصولات نقش ایفا کند و در سایر شاخه‌های نساجی از قبیل پوشاک و منسوجات بی‌بافت استفاده شود.

برای شناسایی بحرانی‌ترین خطاهای موجود در سامانه تولید فرش ماشینی از روش تحلیل خطاهای بالقوه و آثار آن‌ها استفاده شده و راهکارهایی برای حذف آن‌ها ارائه شده است. پس از انجام تحلیل خطاها و به‌دست آوردن عدد اولویت خطر متناظر با هر خطا توسط گروه، قدم بعدی مرتب‌کردن خطاها بر اساس عدد اولویت خطر به ترتیب از بزرگ‌ترین عدد تا کوچک‌ترین عدد است. اقدامات اصلاحی از خطاهایی که دارای عدد اولویت خطر بزرگ‌تری هستند، شروع می‌شود و تا آخرین خطایی که دارای کوچک‌ترین عدد اولویت خطر است، ادامه می‌یابد تا این اعداد کاهش یابند و بحرانی‌ترین خطاهای موجود در سامانه حذف شوند. جدول ۳، خطاهای مرتب شده بر اساس عدد اولویت خطر آن‌ها و اقدامات اصلاحی مربوط به هر خطا را نشان می‌دهد. در این باره، شاخصی به نام میانگین عدد اولویت خطر مطابق معادله (۲) برای ارزیابی سامانه در بازه‌های زمانی مشخص، طراحی شده است:

$$(2) \quad (\text{تعداد خطاها} / \text{مجموع اعداد اولویت خطر}) = \text{میانگین عدد اولویت خطر} \\ 14/8 = 148/10 = \text{میانگین عدد اولویت خطر}$$

قدردانی

از شرکت فرش یزد که در انجام این کار پژوهشی مشارکت داشتند، قدردانی می‌شود.

در نهایت با توجه به علل به‌وجود آورنده خطاها در این فرایند تولید فرش ماشینی و راهکارهای پیشنهادی برای کاهش این خطاها و ارتقای کیفی فرش‌های تولیدی، گروه بررسی‌کننده خطاها به این

مراجع

1. Stamatis D.H., *Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution*, 2nd ed., ASQ Quality, Milwaukee, Wisconsin, 1995.
2. Keskin G.A. and Ozkan C., An alternative evaluation of FMEA: Fuzzy ART algorithm, *J. Qual. Reliab. Eng. Int.*, 25, 647-661, 2009.
3. Onodera K., Effective techniques of FMEA at each life-cycle stage, The Annual Reliability and Maintainability Symposium, Piscataway Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1997.
4. Huang G.Q., Nie M., and Mak K.L., Web-based failure mode and effect analysis (FMEA), *J. Comput. Ind. Eng.*, 37, 177-180, 1999.
5. Rhee S.J. and Ishii K., Using cost based FMEA to enhance reliability and serviceability, *Adv. Eng. Informat.*, 17, 179-188, 2003.
6. Xiao N., Huang H.Z., Li Y., He L., and Jin T., Multiple failure modes analysis and weighted risk priority number evaluation in FMEA, *Eng. Fail. Anal.*, 18, 1162-1170, 2011.
7. Ebrahimipour V., Rezaie K., and Shokravi S., An ontology approach to support FMEA studies, *Expert. Syst. Appl.*, 37, 671-677, 2010.
8. Scipioni A., Saccarola G., Centazzo A., and Arena F., FMEA methodology design, implementation and integration with HACCP system in a food company, *J. Food Control.*, 13, 495-501, 2002.