

ریسک های مدیریت فرآیند کسب و کار با روش تجزیه تحلیل حالت های شکست و تصمیم گیری چند معیاره (مورد مطالعه رنگرزی، چاپ و تکمیل کارخانه گسترش صنایع بلوچ)

رضانعلی باباجانی^۱، پیمان ولی پور^{۱*}، محمد داودآبادی فراهانی^{۲،۳}، محمدابراهیم حیدری گلفزانی^۱، علیرضا حسین پور کاسگری^۱

^۱دانشکده مهندسی نساجی، پوشاک و مد، واحد قائم شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائم شهر، ایران

^۲دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

^۳دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

pe.valipour@iau.ac.ir

تاریخ دریافت ۱۴۰۴/۰۷/۲۸ تاریخ پذیرش ۱۴۰۴/۰۹/۳۰

چکیده

هدف این پژوهش اولویت بندی ریسک های مدیریت فرآیند کسب و کار با روش تجزیه تحلیل حالت های شکست و تصمیم گیری چند معیاره رنگرزی، چاپ و تکمیل کارخانه گسترش صنایع بلوچ بود. تحقیق انجام شده از لحاظ هدف کاربردی و به لحاظ روش پیمایشی می باشد. حجم نمونه خبرگان انتخاب شده شامل مدیران و متخصصان شاغل در کارخانه رنگرزی گسترش صنایع بلوچ بودند که به صورت گلوله برفی انتخاب شده اند. ابزار پژوهش به صورت پرسشنامه استاندارد و ابزار تجزیه و تحلیل داده ها تکنیک FMEA و AHP بود. در تحقیق انجام شده ۲۹ ریسک شناسایی شد، نتایج نشان داد ریسک های اصلی شناسایی شده شامل تجهیزات، ایمنی، موارد اولیه و مدیریت بود. از بین ریسک های شناسایی شده، ۲۶ ریسک با استفاده از تکنیک FMEA تایید شد، همچنین تکنیک AHP نشان داد ریسک تجهیزات در اولویت اول قرار دارد. **کلیدواژه‌ها:** مدیریت، ریسک، رنگرزی، چاپ و تکمیل، تجهیزات، ایمنی

Business Process Management Risks Using Failure Mode Analysis and Multi-Criteria Decision Making (Case Study of Dyeing, Printing and Finishing Factory of Baloch Industries Development)

Ramezan Ali Babajani¹, Peyman Valipour^{1*}, Mohammad Davoudabadi Farahani^{2&3}, Mohammad Ebrahim Heydari Golfzani¹, Alireza Hosseinpour Kasgari¹

¹Faculty of Textile, Apparel and Fashion Engineering, Ghaemshahr Branch, Islamic Azad University, Ghaemshahr, Iran

²Faculty of Textile Engineering, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran

³Faculty of Textile Engineering, Yazd University, Yazd, Iran

Abstract

The aim of this research was to prioritize business process management risks using failure mode analysis and multi-criteria decision-making in the dyeing, printing and finishing factory of Baloch Industries Development. The research was applied in terms of its purpose and survey method. The sample size of the selected experts included managers and specialists working in the dyeing factory of Baloch Industries Development, who were selected in a snowball method. The research tool was a standard questionnaire and the data analysis tool was the FMEA and AHP techniques. 29 risks were identified in the research, the results showed that the main risks identified included equipment, safety, primary items and management. Among the identified risks, 26 risks were confirmed using the FMEA technique, and the AHP technique also showed that the equipment risk is in the first priority.

Keywords: Management, Risk, Dyeing, Printing and Finishing, Equipment, Safety

۱. مقدمه

تحلیل حساسیت از طریق شبیه سازی مونت کارلو (MCS) با استفاده از صفحه گسترده معرفی کرد. چگونه ریسک درک شده از جمله اقتصادی، اجتماعی، زمانی، بهداشتی و شخصی بر مطلوبیت و امکان سنجی کارآفرینی تأثیر دارد که می تواند تعیین کند آیا آنها می خواهند یک کسب و کار را راه اندازی کنند یا خیر. تشخیص و مدیریت بهتر ریسک پروژه ممکن است به تنظیم تعادل بین موفقیت و شکست کمک کند [۵]. متدولوژی مدیریت یک فرآیند سیستماتیک است که برای شناسایی، تجزیه و تحلیل و مدیریت ریسک های مرتبط با یک پروژه یا کسب و کار، از جمله مراحل زیر استفاده می شود.

شناسایی ریسک: در این مرحله تمامی ریسک های مرتبط با پروژه شناسایی می شوند.

تحلیل ریسک: در این مرحله ریسک های شناسایی شده برای تعیین احتمال و تاثیر آنها تجزیه و تحلیل می شوند.

اولویت بندی ریسک: در این مرحله ریسک های مورد تجزیه و تحلیل اولویت بندی می شوند تا مشخص شود کدامیک از همه مهمتر هستند.

مدیریت ریسک: در این مرحله اقداماتی برای مدیریت ریسک های اولویت بندی شده انجام می شود.

پایش و گزارش ریسک: در این مرحله ریسک ها و اقدامات انجام شده برای مدیریت آنها پایش و گزارش می شود [۶].

این مراحل برای اطمینان از اینکه ریسک ها به درستی شناسایی، تجزیه و تحلیل و مدیریت می شوند، ضروری

استفاده از رنگ های طبیعی در صنایع نساجی به دلیل تلاش و هزینه بسیار بالاتر از رنگ های مصنوعی در صنایع نساجی هنوز به گزینه محبوبی برای صنایع نساجی تبدیل نشده است، علی رغم اینکه پسماند رنگ های مصنوعی ممکن است به محیط زیست آسیب برساند. فاضلابی که در صنایع نساجی دفع می شود، شامل مواد شیمیایی مختلف به همراه مقدار زیادی آب بوده که حاوی مواد شیمیایی نامطلوب می باشد [۱]. استفاده از رنگ های طبیعی در فرآوری مرطوب منسوجات نیز آب هایی را مصرف می کند که به دلیل مواد طبیعی مورد استفاده، مواد آلاینده کمتری دارند. پوست سزارینیا ساپان اغلب به عنوان منبع طبیعی رنگ قرمز برای رنگرزی منسوجات استفاده می شود زیرا حاوی برزیلین است [۲]. نگرانی های نوظهور در مورد مسائل پایداری در صنایع نساجی، ملاحظات استفاده از رنگ های طبیعی، شروع به تبدیل شدن به یک گزینه جالب می کند. محققان سعی کردند راه هایی را برای غلبه بر معایب رنگرزی طبیعی مانند استاندارد کردن رنگ و بهبود میل ترکیبی بیابند [۳].

مدیریت ریسک دقیق می تواند از کاهش رویدادهای غیرمنتظره حمایت کند. بسیاری از محققین رفتار ریسک را در مطالعات امکان سنجی پروژه بررسی کرده اند. کلارک^۱ [۴] یک راه ساده برای پرداختن به ریسک با استفاده از

¹ Clarke

هستند، که می تواند به حداقل رساندن تاثیر آنها بر پروژه کمک کند.

مدیریت ریسک پروژه نه تنها باید به عنوان یک روش سیستماتیک تلقی شود، بلکه باید به سطحی برسد که شرکت کنندگان، کارکنان و مشتری، به هدف واحد اجرای موفقیت آمیز پروژه متعهد باشند. منابع اصلی ریسک که باعث افزایش هزینه در کارخانه رنگرزی می شوند باید به وضوح تعریف شوند تا بتوان با هدف کاهش هر چه بیشتر آنها را که تأثیر قابل توجهی دارند شناسایی کرد. این خطرات می توانند از منابع مختلفی مانند منابع مالی، بدهی های قانونی، مشکلات تکنولوژیکی، خطاهای مدیریت استراتژیک، حوادث و بلایای طبیعی ناشی شوند.

این پژوهش با هدف شناسایی و دسته بندی مهمترین ریسک های پیاده سازی و فرایند کسب و کار در صنعت رنگرزی نساجی می پردازد. با ارزیابی ریسک ها، به درجه اهمیت و وزن هر یک از آنها دست می یابیم. به منظور ارزیابی ریسک های موجود در کارخانه رنگرزی از FMEA و به منظور اولویت بندی ریسک ها از روش AHP استفاده می شود. بنابراین سوال ذیل مطرح شده است: که ریسک های مدیریت فرایند کسب و کار در کارخانه رنگرزی، چاپ و تکمیل چیست و اولویت بندی آن چگونه است؟

۲. مبانی نظری

۱.۲. کارخانه رنگرزی

کارخانه رنگرزی شامل یک فرآیند پیچیده است که در آن پارچه ها با استفاده از ماشین آلاتی مانند دستگاه جت، پد استیم و ترموزول رنگ می شوند. اتوماسیون از طریق PLC و IoT با افزایش کارایی، دقت و نظارت در زمان واقعی، هزینه های عملیاتی و وابستگی به نیروی کار را کاهش می دهد. کارخانه رنگرزی یک مرکز صنعتی پیچیده است که بر فرایند رنگرزی منسوجات از طریق روش ها و فن آوری های مختلف تمرکز دارد. پیشرفت های اخیر در اتوماسیون، شیوه های سازگار با محیط زیست و بهره وری انرژی، چشم انداز عملیاتی کارخانه های رنگرزی را متحول می کند. این بررسی اجمالی جنبه های کلیدی کارخانه های رنگرزی مدرن، از جمله فن آوری های اتوماسیون، شیوه های پایدار و اقدامات بهره وری انرژی را بررسی می کند [۷]. خطرات مواد اولیه گیاهی رنگرزی شامل وجود مواد سمی، فلزات سنگین و عوامل مشکوک به سرطان در رنگها است که می تواند منجر به آلودگی محیط زیست و بررسی نظارتی شود. استراتژی های پیشگیری از آلودگی و به حداقل رساندن زباله برای کاهش این خطرات ضروری است [۸].

۲.۲. ریسک های ایمنی کارخانه رنگرزی

گیاهان رنگرزی خطرات ایمنی قابل توجهی را در درجه اول به دلیل مواد شیمیایی خطرناک درگیر در فرآیند رنگرزی ایجاد می کنند. کارگران این صنعت با خطرات مختلف سلامتی از جمله مشکلات تنفسی، تحریک پوستی و اثرات

گرفت که می تواند بر جوامع و اکوسیستم، فراتر از محل کار تأثیر گذار باشد [۱۰].

۳.۲. خطرات بهداشتی

سمیت رنگ های مصنوعی: بسیاری از رنگ های مصنوعی با واکنش های آلرژیک و خواص سرطان زا مرتبط هستند و باعث تغییر به سمت جایگزین های طبیعی می شوند [۱۱].

۱.۳.۲. محدودیت های رنگ طبیعی

رنگ های طبیعی نیز می توانند در صورت عدم مدیریت صحیح اثرات نامطلوبی داشته باشند، به ویژه هنگامی که با عمق دهنده های مضر ترکیب شوند. علیرغم مزایای بالقوه رنگ های طبیعی، خطرات مرتبط با کاربرد آنها و مواد شیمیایی درگیر در فرآیند رنگرزی، نیازمند بررسی و مدیریت دقیق برای کاهش اثرات زیست محیطی و سلامتی هستند [۹].

۴.۲. ریسک های انسانی در کارخانه چاپ و رنگرزی

صنعت رنگرزی به دلیل قرار گرفتن کارگران در معرض مواد شیمیایی خطرناک و آلاینده های محیطی، خطرات قابل توجهی برای نیروی انسانی ایجاد می کند. سلامتی کارگران این بخش با مشکلات مختلف بهداشتی ناشی از تماس طولانی مدت با مواد سمی روبرو هستند که می تواند منجر به اثرات حاد و مزمن سلامتی شود. درک این خطرات برای اجرای اقدامات ایمنی موثر بسیار مهم است.

ژنوتوکسیک طولانی مدت روبرو هستند. بخش های زیر خطرات ایمنی کلیدی مرتبط با گیاهان رنگرزی را شرح می دهد.

۱.۲.۲. قرار گرفتن در معرض مواد شیمیایی

کارگران اغلب در معرض مواد شیمیایی خورنده، رنگ های واکنشی و حلال های سمی قرار می گیرند که منجر به مشکلات سلامتی حاد و مزمن می شود. مواد شیمیایی رایج شامل پراکسید هیدروژن، سود سوزآور و مواد رنگی مختلف است که هر کدام خطرات منحصر به فردی برای سلامتی دارند [۹].

۲.۲.۲. اثرات سلامتی

مطالعات نشان دهنده بروز بیشتر بیماری های تنفسی، اختلالات اسکلتی، عضلانی و آلرژی پوستی در بین کارگران می باشد. خطرات ژنوتوکسیک با افزایش انحراف کروموزومی در کارگران، نیاز به اقدامات محافظتی را برجسته می کند.

۳.۲.۲. نگرانی های زیست محیطی

فرآیند رنگرزی به آلودگی محیط زیست از طریق فاضلاب حاوی مواد سمی کمک می کند که خطراتی را برای زندگی آبزیان و سلامت عمومی ایجاد می کند. در حالی که اغلب تمرکز بر ایمنی کارگران بوده، ضروری است که پیامدهای زیست محیطی گسترده تر فرآیندهای رنگرزی را در نظر

۱.۴.۲. خطرات مواجهه با مواد شیمیایی

مواد شیمیایی سمی: کارگران در معرض مواد شیمیایی خورنده، رنگ‌های واکنشی و حلال‌های خطرناک قرار می‌گیرند که می‌تواند منجر به مشکلات تنفسی و تحریک پوستی شود [۱۲].

فلزات سنگین: استفاده از فلزات سنگین مانند جیوه، کروم و کادمیوم در تولید رنگ باعث ایجاد خطراتی برای سلامتی از جمله اثرات ژنوتوکسیک و سرطان‌زایی بالقوه می‌شود [۱۲].

۵.۲. پیشینه پژوهش

فاروخ^۱ و همکاران [۱۳] با بررسی اختلالات زنجیره تامین و انعطاف پذیری در صنعت نساجی نشان دادند علاقه به بحران‌های زنجیره تامین و انعطاف‌پذیری اخیراً در میان محققان و متخصصان افزایش یافته است. با این حال، مطالعات تجربی که رویدادهای مخرب زنجیره تامین، اثرات آنها و استراتژی‌های انعطاف‌پذیری را در زنجیره‌های تامین پیچیده مانند صنعت نساجی بررسی می‌کنند، کمیاب هستند. تأثیر اختلالات زنجیره تامین، عملیات تجارت جهانی نساجی را پیچیده تر می‌کند و بر پایداری شرکت‌های نساجی، به ویژه در اقتصادهای در حال توسعه تأثیر می‌گذارد. برای این منظور، مطالعه حاضر با هدف بررسی محرک‌های اختلال زنجیره تامین و توانمندسازی تاب‌آوری در صنعت نساجی پاکستان با استفاده از رویکرد مطالعه چند

^۱ Farrukh

موردی انجام می‌شود. بر اساس تئوری ریسک سیستمی، یافته‌ها اختلالات زنجیره تامین مربوط به همه‌گیری، اقتصاد، سیاست، بلایای طبیعی و تنش‌های ژئوپلیتیکی و تأثیر آن‌ها بر توسعه پایدار صنعت نساجی را نشان می‌دهد. علاوه بر این، با استفاده از دیدگاه مبتنی بر قابلیت پویا، یافته‌ها عوامل مختلف انعطاف‌پذیری زنجیره تامین مرتبط با سازمان، عملیات، نوآوری، تنوع، دیجیتالی‌سازی و ذینفعان را برجسته می‌کنند. رحیمی و همکاران [۱۴] با واکاوی چالش‌ها و فرصت‌های هوش مصنوعی بر توسعه کارآفرینی و رشد کسب‌وکارهای نوپا که با مصاحبه‌های انجام شده با خبرگان و فعالان انجام شد، نشان دادند نقش هوش مصنوعی را می‌توان در دو مضمون فرصت‌ها و چالش‌ها و ۱۰ مضمون سازمان‌دهنده برای رونق و ارتقاء کارآفرینی و توسعه کسب‌وکارها طبقه‌بندی کرد. فرصت‌ها با ۵ مضمون سازمان‌دهنده شامل قابلیت شبکه‌سازی برای کسب‌وکارهای نوپا، همگرایی تکنولوژی با اهداف کارآفرینان، مشتری‌محوری جهانی، ارزش‌آفرینی شغلی، تاب‌آوری کسب‌وکارهای نوپا شناسایی شدند. چالش‌ها نیز در قالب ۵ مضمون سازمان‌دهنده شامل شکاف استعدادها، حریم خصوصی و امنیتی کارآفرینان، تعمیر و نگهداری مداوم، عدم قابلیت‌های یکپارچه‌سازی و کاربردهای ثابت و محدود، دسته‌بندی شده‌اند. در نهایت براساس تحلیل‌های صورت گرفته روی داده‌های کیفی، مدل پارادایمی نقش هوش مصنوعی در توسعه کارآفرینی و کسب‌وکارهای نوپا ارائه

گردید. توصیه می‌شود هنگام استقرار سرویس‌های هوش مصنوعی، احتیاط شود. برای مدیریت موثر و کارآمد سیستم‌های هوش مصنوعی، بینش مناسب مورد نیاز است. امروزه سازمان‌ها با شرایط در حال تغییر اقتصادی، فنی، اجتماعی، فرهنگی، و سیاسی مواجه‌اند که بقاء آنان در چنین شرایط رقابتی و بسیار پیچیده، به هوشمندی و پاسخ به موقع و مناسب به این تغییرات بستگی دارد. در حوزه کسب‌وکارهای نوپا، سیستم‌های هوش مصنوعی برای حل این مشکلات طراحی شده‌اند و می‌توانند وظایف را به خوبی اجرا کنند. با این حال، آنها قابلیت‌های محدودی دارند. مدل‌نهایی این تحقیق می‌تواند در پیاده‌سازی و عملیاتی کردن هوش مصنوعی مفید واقع گردد. این مطالعه با داشتن دو بازبین مستقل مسئول انتخاب مطالعه و استخراج داده‌ها، با توافق بسیار بالا در هر دو فرآیند، سوگیری انتخاب را به حداقل رساند. سی^۱ [۱۵] با بررسی اختلالات بهداشت شغلی در بین کارگران صنعت رنگرزی نساجی نشان داد در صنعت رنگرزی نساجی کارگران در معرض خطرات شیمیایی، فیزیکی و مکانیکی قرار دارند که می‌تواند بر سلامت آنها تأثیر بگذارد. هدف از کار ارزیابی وضعیت سلامت، تغییرات در پارامترهای خونی منتخب کارگران در معرض شغل در صنعت رنگرزی نساجی و ارزیابی اجرای اقدامات ایمنی در محل کار بود. این مطالعه مقطعی مقایسه‌ای در واحدهای رنگرزی نساجی در شرکت ریسندگی و بافندگی میز مصر

^۱ SE

انجام شد. در این پژوهش ۱۰۰ کارگر در معرض خطرات شیمیایی، فیزیکی و مکانیکی و ۱۰۰ کارگر بدون در معرض قرار گرفتن که از بخش اداری انتخاب شده بودند به عنوان یک گروه مقایسه در نظر گرفته شدند. همه کارگران تحت یک پرسشنامه مصاحبه قرار گرفتند این پرسشنامه شامل مشخصات جمعیت شناختی، شغلی و برخی از شکایات بهداشتی گزارش شده بود. آنزیم های کبدی، عملکرد کلیه و شمارش کامل خون آنها نیز اندازه گیری شد. یافته‌ها نشان داد تمامی کارگران مورد مطالعه از نظر شغلی در معرض مواد شیمیایی، بخار، گازها و صدا، ۵۸ درصد در معرض گرد و غبار و ۶۸ درصد در معرض رطوبت و گرما قرار داشتند. کارگران در معرض آبریزش بینی (۲۲٪)، آبریزش چشم (۳۶٪) و مشکل شنوایی (۳۰٪) بودند. آنزیم های کبدی (AST، ALT و GGT) در ۱۱ درصد از گروه در معرض بالا بود. در مورد CBC نوتروپنی همراه با لنفوسیتوز نسبی شایع ترین یافته CBC در بین گروه در معرض (۸٪) موارد بود. هیچ تفاوت آماری معنی داری بین دو گروه مورد مطالعه در مورد یافته های CBC و تست های عملکرد کلیه شامل اوره و کراتینین مشاهده نشد. ارزیابی محیط کار با چک لیست بازرسی نشان داد که تنها ۳۸/۵٪ موارد خطر فیزیکی، ۵۰٪ موارد خطر شیمیایی و ۵۷٪ موارد اقدامات ایمنی خطرات آتش سوزی در محل کار انجام شده است. در نتیجه می‌توان بیان کرد صنعت رنگرزی نساجی اثرات نامطلوبی بر سلامت کارگران در معرض خطر دارد. بنابراین، اعمال

۶.۲. چارچوب نظری پژوهش

مدل مفهومی پژوهش با توجه به مبانی نظری در شکل ۱ آورده شده است.

۳. روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی و ازلحاظ روش پیمایشی است. نوع داده‌ها به صورت کمی و طیف لیکرت ۹ درجه می‌باشد. شاخص‌های مطالعه از ادبیات پژوهش استخراج شده و بر اساس تحلیل محتوا با استفاده از نظر خبرگان، مورد تایید واقع شده است. جمع‌آوری داده‌ها از طریق پرسشنامه مقایسات زوجی که به صورت محقق ساخت است، انجام گردید. روایی پرسشنامه و مؤلفه‌های مورد استفاده در این پژوهش با استفاده از نظرسنجی از کارشناسان مورد تأیید واقع شده است.

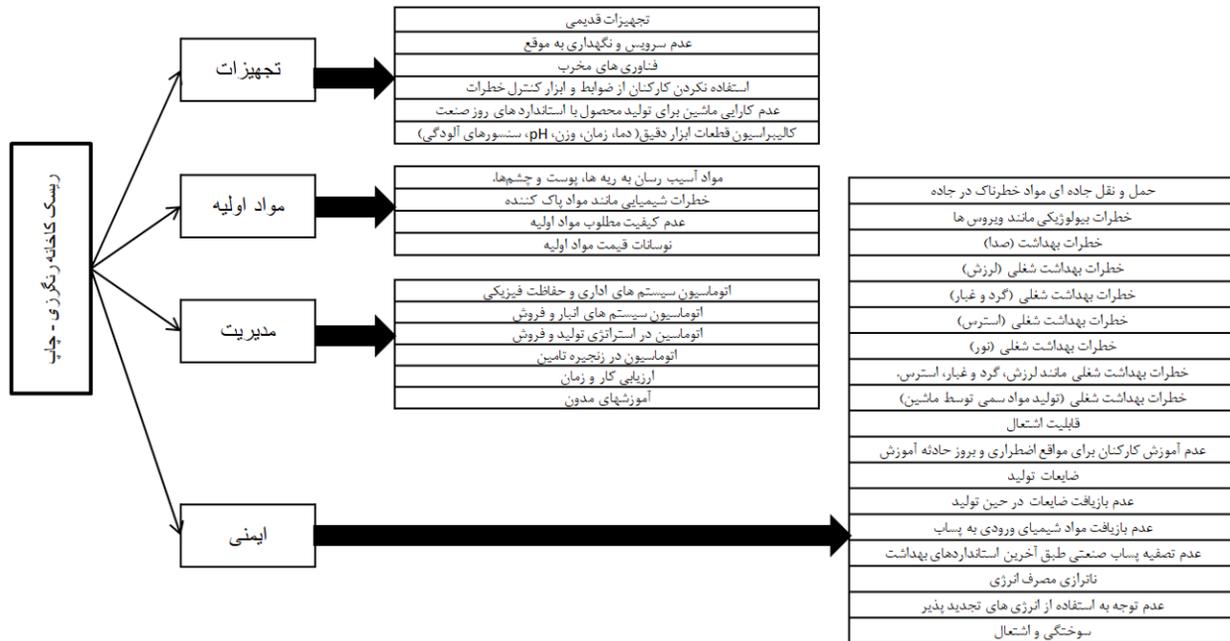
۱.۳. جامعه آماری و ابزار پژوهش

جامعه آماری تحقیق حاضر شامل مدیران و متخصصان در کارخانه رنگرزی زاهدان (کارخانه گسترش صنایع بلوچ)، شهر ایرانشهر انجام شده است. تعداد حجم نمونه از خبرگان به صورت گلوله برفی انتخاب شده اند. ابزار پژوهش پرسشنامه مقایسه زوجی محقق ساخت است. روش تجزیه و تحلیل داده‌ها از طریق تکنیک تحلیل سلسله مراتبی فازی (AHP) انجام شد. به منظور ارزیابی ریسک از تکنیک FMEA

استانداردهای ایمنی، نظارت منظم محیطی و معاینات دوره ای برای کارگران الزامی است. سویدا^۱ و همکاران [۱۶] با بررسی سیستماتیک مشکلات بهداشتی مرتبط با کار کارگران کارخانه در صنعت نساجی و مد نشان دادند کارگران کارخانه در معرض ذرات گرد و غبار پنبه و سایر مواد خام، دود و مواد شیمیایی حاصل از فرآیندهای تولید قرار دارند. قرار گرفتن طولانی مدت در معرض خطرات بدون استفاده از تجهیزات حفاظت فردی (PPE) منجر به بیماری های تنفسی مانند بیسینوزیس می شود که بر سلامت کارگران تأثیر گذار خواهد بود. علاوه بر این، کار کردن در یک وضعیت خاص به دلیل طراحی ایستگاه کاری برای ساعات طولانی باعث اختلالات یا دردهای اسکلتی عضلانی می شود. همچنین کارگران از اضطراب، افسردگی و استرس ناشی از بار کاری و فشار، رنج می برند، از این رو کاهش بهره وری، آنها را ناپایدار می کند. یافته‌های این مطالعه نشان داد نیاز به یک فضای کار ایمن و محیط کار بزرگ، ارائه تجهیزات حفاظت فردی، آموزش در مورد خطرات شغلی، بررسی‌های بهداشتی مکرر، و ارزیابی ارگونومیک ایستگاه‌های کاری برای کاهش خطرات، وضعیت‌های کاری طولانی مدت را تقویت می کند. دینفعان، کارفرمایان، سیاست گذاران و دولت ها باید برای حفاظت از رفاه و سلامت کارگران در این کارخانه ها همکاری کنند.

^۱ Seidu

استفاده شد. همچنین پرسشنامه پایایی بر اساس نرخ همچنین پرسشنامه پایایی بر اساس نرخ سازگاری محاسبه شد. رابطه های ۱ تا ۴ فرایند محاسبه ی



شکل ۱: مدل مفهومی پژوهش

محاسبه بردار سازگاری: هر عنصر بردار مجموع وزنی را بر عنصر متناظر در بردار ویژه تقسیم کرده، بردار حاصل بردار سازگاری نامیده می شود.

برآورد λ_{max} : میانگین عناصر بردار سازگاری λ_{max} را به دست می دهد. بیشتر مواقع به جای محاسبه λ_{max} از روش تقریبی میانگین هندسی استفاده می شود. پارامتر L مقدار تقریبی λ_{max} است.

$$L = \frac{1}{n} \left[\sum_{i=1}^n \left(\frac{MW_i}{W_i} \right) \right] \quad (2)$$

محاسبه بردار مجموع وزنی: ماتریس مقایسه زوجی را در بردار ویژه ضرب کنید. بردار جدیدی را که به

این طریق بدست می آید، بردار مجموع وزنی^۱ نامیده می شود.

$$WSV = [M] \times [V] \quad (1)$$

¹ Weighted sum Vector=WSV

جدول ۲: ویژگی های جمعیت شناختی

سن	فراوانی	درصد	درصد فراوانی تجمعی
۳۰-۲۰	۰	۰	۰
۴۰-۳۱	۴	۲۰	۲۰
۵۰-۴۱	۸	۴۰	۶۰
۵۱ به بالا	۸	۴۰	۱۰۰
کل	۲۰	۱۰۰	
جنسیت	فراوانی	درصد	
مرد	۱۶	۸۰	۸۰
زن	۴	۲۰	۱۰۰
کل	۲۰	۱۰۰	
تحصیلات	فراوانی	درصد	درصد فراوانی تجمعی
لیسانس	۴	۲۰	۲۰
کارشناسی ارشد	۸	۴۰	۶۰
دکتری	۸	۴۰	۱۰۰
کل	۲۰	۱۰۰	
سابقه کاری	فراوانی	درصد	درصد فراوانی تجمعی
۵ سال و کمتر	۴	۲۰	۲۰
۶ تا ۱۰	۴	۲۰	۴۰
۱۱ تا ۱۵ سال	۴	۲۰	۶۰
بیشتر از ۱۵	۸	۴۰	۱۰۰
کل	۲۰	۱۰۰	

۲.۴. تحلیل FMEA

ریسک های اصلی مطالعه شناسایی شده اند بطوریکه در مجموع ۳۴ ریسک انتخاب شد. ریسک های پژوهش و نیز سه مولفه ارزیابی ریسک که شامل وخامت خطر، احتمال وقوع خطر و احتمال کشف خطر می باشد به همراه اعداد مربوط و نیز شماره اولویت ریسک RPN^2 در جدول ۳ نشان داده شده است. ریسک های بزرگتر از ۱۰۰ در ستون RPN غیر قابل قبول می باشد و به عنوان ریسک در سیستم باقی می ماند.

محاسبه شاخص سازگاری^۱ (CI): اگر تعداد عناصر جدول مقایسه زوجی n باشد، شاخص سازگاری بصورت زیر تعریف می شود:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (3)$$

محاسبه نرخ سازگاری: نرخ سازگاری از تقسیم شاخص سازگاری بر شاخص تصادفی بدست می آید. اگر نرخ سازگاری ۰/۱ یا کمتر باشد مقایسه ها سازگار است.

$$CR = CI / RI \quad (4)$$

نرخ سازگاری (پایایی) شاخص های مورد مطالعه بر اساس رابطه های ۱ تا ۴ به دست آمده و در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱: پایایی پرسشنامه

نرخ سازگاری	زیر معیار
۰/۰۶	ریسک ایمنی
	ریسک مواد اولیه
	ریسک تجهیزات
	مدیریت

با توجه به جدول ۱ نرخ سازگاری ۰/۰۶ و کمتر از ۰/۱ به دست آمده است و این نشان از پایا بودن پرسشنامه دارد.

۴. یافته های پژوهش

۱.۴. توصیف ویژگی های جمعیت شناختی

بررسی انجام شده در زمینه سن، تحصیلات، سابقه شغلی و جنسیت پاسخگویان منتخب در جدول ۲ نشان داده شده است.

² Risk Priority Number

¹ Consistency Index = CI

با توجه به جدول ۳ تمامی ریسک ها بجز ضایعات تولید، نتیجه مابقی مولفه ها به عنوان ریسک باید مورد ارزیابی قرار
 عدم توجه به استفاده از انرژی های تجدید پذیر و عدم گیرند. اولویت نهایی ریسک ها بر اساس اهمیت، با تکنیک
 بازیافت ضایعات در حین تولید، بزرگتر از ۱۰۰ بود. در AHP مورد ارزیابی قرار گرفت.

جدول ۳: ریسک های مورد ارزیابی

RPN	امتیاز دهی بر اساس طیف لیکرت ۱۰ درجه می باشد			مолفه	نماد	بعد	نماد
	احتمال کشف خطر	احتمال وقوع خطر	وخامت خطر				
۱۷۵	۵	۵	۷	تجهیزات قدیمی	S11	تجهیزات	C1
۲۱۶	۶	۴	۹	عدم سرویس و نگهداری به موقع	S12		
۱۵۰	۵	۵	۶	فناوری های مخرب	S13		
۱۰۸	۶	۳	۶	استفاده نکردن کارکنان از ضوابط و ابزار کنترل خطرات	S14		
۱۶۰	۵	۴	۸	عدم کارایی ماشین برای تولید محصول با استاندارد های روز صنعت	S15		
۱۶۰	۵	۴	۸	کالیبراسیون قطعات ابزار دقیق (دما، زمان، وزن، pH، سنسورهای آلودگی)	S16		
۱۲۸	۴	۴	۸	مواد آسیب رسان به ریه ها، پوست و چشم ها.	S21	مواد اولیه	C2
۲۰۰	۵	۵	۸	خطرات شیمیایی مانند مواد پاک کننده	S22		
۱۶۸	۶	۴	۷	عدم کیفیت مطلوب مواد اولیه	S23		
۲۷۰	۶	۵	۹	نوسانات قیمت مواد اولیه	S24		
۱۸۰	۴	۵	۹	اتوماسیون سیستم های اداری و حفاظت فیزیکی	S31	مدیریت	C3
۱۸۰	۴	۵	۹	اتوماسیون سیستم های انبار و فروش	S32		
۱۴۴	۴	۴	۹	اتوماسیون در استراتژی تولید و فروش	S33		
۱۶۲	۶	۳	۹	اتوماسیون در زنجیره تامین	S34		
۱۱۲	۴	۴	۷	ارزیابی کار و زمان	S35		
۱۷۵	۵	۵	۷	آموزشهای مدون	S36		
۲۷۰	۶	۵	۹	حمل و نقل جاده ای مواد خطرناک در جاده	S41	ایمنی	C4
۱۷۵	۵	۵	۷	خطرات بیولوژیکی مانند ویروس ها	S42		
۱۶۲	۶	۳	۹	خطرات بهداشت (صدا، لرزش، گرد و غبار، استرس، نور)	S43		
۱۴۴	۶	۴	۶	خطرات بهداشت شغلی (تولید مواد سمی توسط ماشین)	S44		
۱۰۸	۶	۳	۶	قابلیت اشتعال	S45		
۱۲۶	۳	۶	۷	عدم آموزش کارکنان برای مواقع اضطراری و بروز حادثه آموزش	S46		
۶۴	۴	۴	۴	ضایعات تولید	S47		
۸۰	۴	۴	۵	عدم بازیافت ضایعات در حین تولید	S48		
۲۴۰	۶	۵	۸	عدم بازیافت مواد شیمیایی ورودی به پساب	S49		
۱۸۰	۶	۵	۶	عدم تصفیه پساب صنعتی طبق آخرین استانداردهای بهداشت	S410		
۲۱۶	۶	۶	۶	ناترازی مصرف انرژی	S411		
۷۵	۵	۳	۵	عدم توجه به استفاده از انرژی های تجدید پذیر	S412		
۱۶۲	۶	۳	۹	سوختگی و اشتعال	S413		

جدول ۴: معیارها و زیرمعیارها

نماد	بعد	نماد	مولفه
S11	تجهیزات	C1	تجهیزات قدیمی
S12			عدم سرویس و نگهداری به موقع
S13			فناوری های مخرب
S14			استفاده نکردن کارکنان از ضوابط و ابزار کنترل خطرات
S15			عدم کارایی ماشین برای تولید محصول با استاندارد های روز صنعت
S16			کالیبراسیون قطعات ابزار دقیق (دما، زمان، وزن، pH، سنسورهای آلودگی)
S21	مواد اولیه	C2	مواد آسیب رسان به ریه ها، پوست و چشمها.
S22			خطرات شیمیایی مانند مواد پاک کننده
S23			عدم کیفیت مطلوب مواد اولیه
S24			نوسانات قیمت مواد اولیه
S31	مدیریت	C3	اتوماسیون سیستم های اداری و حفاظت فیزیکی
S32			اتوماسیون سیستم های انبار و فروش
S33			اتوماسیون در استراتژی تولید و فروش
S34			اتوماسیون در زنجیره تامین
S35			ارزیابی کار و زمان
S36			آموزشهای مدون
S41	ایمنی	C4	حمل و نقل جاده ای مواد خطرناک در جاده
S42			خطرات بیولوژیکی مانند ویروس ها
S43			خطرات بهداشت در خط تولید (صدا، لرزش، گرد و غبار، استرس، نور)
S44			خطرات بهداشت شغلی (تولید مواد سمی توسط ماشین)
S45			قابلیت اشتعال
S46			عدم آموزش کارکنان برای مواقع اضطراری و بروز حادثه
S47			عدم بازیافت مواد شیمیایی ورودی به پساب
S48			عدم تصفیه پساب صنعتی طبق آخرین استانداردهای بهداشت
S49			عدم کارایی سنسورها در خط تولید
S410			سوختگی و اشتعال

جدول ۱ بردار ویژه اولویت معیارهای اصلی به صورت W_1 خواهد بود.



شکل ۲: نمایش گرافیکی اولویت معیارهای اصلی

براساس بردار ویژه بدست آمده: معیار تجهیزات با وزن نرمال شده 0.331 از بیشترین اولویت برخوردار است. معیار مدیریت با وزن مشابه 0.251 در اولویت دوم قرار دارد. معیار مواد اولیه با وزن نرمال 0.230 در اولویت سوم قرار دارد. معیار ایمنی با وزن نرمال 0.189 در اولویت چهارم قرار دارد. نرخ ناسازگاری مقایسه‌های انجام شده $0/0$ بدست آمده است که کوچکتر از $0/1$ می‌باشد، بنابراین مقایسه‌های انجام شده قابل اعتماد خواهد بود.

۵.۴. اولویت نهایی شاخص‌ها با تکنیک AHP

در این گام اولویت نهایی محاسبه شده است. نتایج مقایسه زیرمعیارهای تحقیق و اوزان مربوط به آنها ماتریس W_2 را تشکیل می‌دهد. با ضرب وزن شاخص‌ها براساس هر معیار (W_2) در وزن معیارهای اصلی (W_1) اولویت نهایی شاخص‌های با تکنیک AHP تعیین می‌شود. با دانستن وزن هر یک از معیارهای اصلی (W_1) و زیرمعیارها (W_2)، وزن هر یک از شاخص‌ها محاسبه می‌شود. نتایج محاسبه انجام

۳.۴. تعیین اولویت عناصر مدل با استفاده از تکنیک

AHP

در گام نخست معیارهای اصلی انتخاب شد. هر یک از این معیارها از تعدادی زیرمعیار تشکیل شده است. همچنین معیارها و زیرمعیارهای تحقیق و نیز گزینه‌ها با اندیسی عددی نام گذاری شده‌اند تا در جریان تحقیق به سادگی قابل ردیابی و مطالعه باشد. (جدول ۴). در این پژوهش برای تعیین وزن شاخص‌های مدل از تکنیک تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) استفاده شد. الگوی سلسله‌مراتبی مدل با استفاده از تکنیک AHP در جدول‌های ۳-۵ ترسیم شده است.

۴.۴. تعیین اولویت معیارهای اصلی براساس هدف

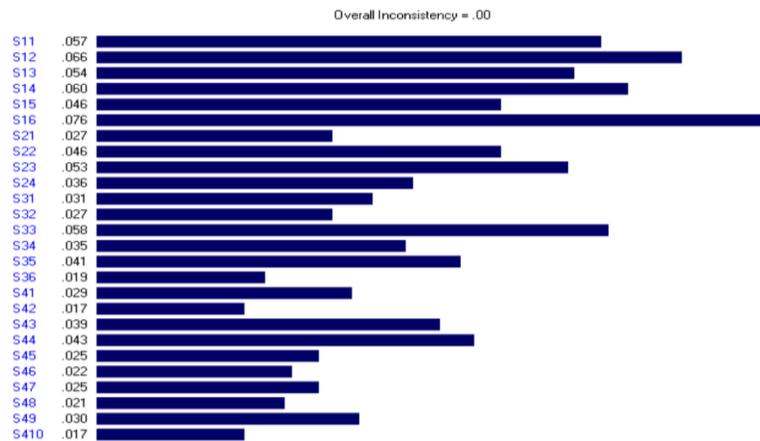
ماتریس مقایسه زوجی حاصل از تجمیع دیدگاه خبرگان در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۵: ماتریس مقایسه زوجی معیارهای اصلی

C1	C2	C3	C4
	1.522	1.250	1.750
		1.02	1.158
			1.400
Incon: 0.00			

در گام بعد محاسبه میانگین هندسی هر سطر برای تعیین وزن معیارها انجام شد. به همین ترتیب میانگین هندسی سایر سطرها محاسبه شد، سپس مجموع میانگین هندسی تمامی سطرها محاسبه شد. با تقسیم میانگین هندسی هر سطر بر مجموع میانگین هندسی سطرها مقدار وزن نرمال بدست آمد که به آن بردار ویژه نیز گفته می‌شود. براساس

شده و اولویت نهایی و اوزان مربوط به شاخص‌ها در شکل ۳ و جدول ۶ نشان داده شده است.



شکل ۳: تعیین اولویت نهایی شاخص‌ها با تکنیک AHP

جدول ۶: اولویت بندی نهایی ریسک ها

اولویت بندی ریسک ها	وزن نهایی	معیار
۱	۰/۰۷۶	کالیبراسیون قطعات ابزار دقیق (دما، زمان، وزن، pH، سنسورهای آلودگی)
۲	۰/۰۶۶	عدم سرویس و نگهداری به موقع
۳	۰/۰۶	استفاده نکردن کارکنان از ضوابط و ابزار کنترل خطرات
۴	۰/۰۵۸	اتوماسیون در استراتژی تولید و فروش
۵	۰/۰۵۷	تجهیزات قدیمی
۶	۰/۰۵۴	فناوری های مخرب
۷	۰/۰۵۳	عدم کیفیت مطلوب مواد اولیه
۸	۰/۰۴۶	عدم کارایی ماشین برای تولید محصول با استاندارد های روز صنعت
۸	۰/۰۴۶	خطرات شیمیایی مانند مواد پاک کننده
۹	۰/۰۴۳	خطرات بهداشت شغلی (تولید مواد سمی توسط ماشین)
۱۰	۰/۰۴۱	ارزیابی کار و زمان
۱۱	۰/۰۳۹	خطرات بهداشت در خط تولید (صدا، لرزش، گرد و غبار، استرس، نور)
۱۲	۰/۰۳۶	نوسانات قیمت مواد اولیه
۱۳	۰/۰۳۵	اتوماسیون در زنجیره تامین
۱۴	۰/۰۳۱	اتوماسیون سیستم های اداری و حفاظت فیزیکی
۱۵	۰/۰۳	عدم کارایی سنسورها در خط تولید

جدول ۶: اولویت بندی نهایی ریسک ها

اولویت بندی ریسک ها	وزن نهایی	معیار
۱۶	۰/۰۲۹	حمل و نقل جاده ای مواد خطرناک در جاده
۱۷	۰/۰۲۷	مواد آسیب رسان به ریه ها، پوست و چشم ها.
۱۷	۰/۰۲۷	اتوماسیون سیستم های انبار و فروش
۱۸	۰/۰۲۵	قابلیت اشتعال
۱۸	۰/۰۲۵	عدم بازیافت مواد شیمیایی ورودی به پساب
۱۹	۰/۰۲۲	عدم آموزش کارکنان برای مواقع اضطراری و بروز حادثه
۲۰	۰/۰۲۱	عدم تصفیه پساب صنعتی طبق آخرین استانداردهای بهداشت
۲۱	۰/۰۱۹	آموزشهای مدون
۲۲	۰/۰۱۷	خطرات بیولوژیکی مانند ویروس ها
۲۲	۰/۰۱۷	سوختگی و اشتعال

۵. نتیجه گیری

به تجهیزات و پایین آمدن کیفیت محصولات شود. تغییرات تکنولوژیکی تجهیزات نیز می تواند ریسک محسوب گردد: با پیشرفت تکنولوژی، تجهیزات قدیمی ممکن است دیگر کارایی لازم را نداشته باشند و نیاز به سرمایه گذاری برای بروزرسانی داشته باشند. این تغییرات می توانند هزینه های غیرمنتظره ای را به کارخانه ها تحمیل کنند. مشکلات تأمین قطعات یدکی نیز از دیگر ریسک های تجهیزات است، در صورت بروز مشکل و خرابی تجهیزات، دسترسی و تأمین قطعات یدکی می تواند یک چالش باشد و این مورد به تأخیر در مراحل تولید و هزینه های اضافی منجر خواهد شد. در نتیجه، مدیریت درست تجهیزات و بررسی ریسک های مرتبط با آنها یکی از مهم ترین عناصر برای بهینه سازی عملیات و کاهش هزینه ها در کارخانه های رنگرزی، چاپ و

نتایج حاصل از پژوهش انجام شده نشان داد خرابی تجهیزات به عنوان ریسک در اولویت اول قرار دارد. با بررسی نتایج بدست آمده می توان بیان کرد تجهیزات می توانند به مرور زمان فرسوده شوند و نیاز به تعمیر و نگهداری داشته باشند. عدم توجه به این موضوع می تواند منجر به کاهش کیفیت تولید و حتی توقف خط تولید شود همچنین کار با تجهیزات سنگین و شیمیایی می تواند خطرناک باشد. حوادث ناشی از تجهیزات ممکن است به آسیب های جدی منجر شوند، بنابراین نیاز به رعایت ایمنی و پروتکل های مناسب خواهد بود. خطاهای عملیاتی نیز از جمله خطرات ناشی از تجهیزات خواهد بود که در نتیجه استفاده نادرست از تجهیزات یا عدم آموزش کارگران، می تواند منجر به آسیب

نماید. روش‌های پیشنهادی این مطالعه، شرکت‌های تولیدی را قادر می‌سازد استراتژی‌های مدیریت ریسک فعال را متناسب با زمینه‌های خاص خود توسعه دهند. بینش عملی این مطالعه به کاهش تصادفات، صدمات، آسیب‌های محیطی، بهبود عملکرد و بهره‌وری کلی کمک می‌کند. یافته‌های کلیدی این مطالعه با تاکید بر خطرات ایمنی حیاتی در صنعت تولید، نیاز به استراتژی‌های کاهش ریسک هدفمند را ضروری دانسته و با ارائه راهنمایی‌های ارزشمند برای اولویت بندی و مدیریت ریسک، شرکت‌ها را قادر می‌سازد تا محیط‌های کاری ایمن تری ایجاد کرده و عملکرد کلی ایمنی خود را بهبود بخشند.

۷. منابع

- [1] Ronyastra, I. M., Sutrisna, P. D., Waluyo, P. W., Winadi, A. S., & Priyantini, H. R. (2020, December). Risk modelling in financial feasibility study for caesalpinia sappan natural dyes factory in Surakarta. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 1003, No. 1, p. 012091). IOP Publishing
- [2] Sutrisna, R P Hadi, J J Valentina, H R Priyantini, P W Waluyo and I M Ronyastra. (2020). Natural Dyes Extraction Intended for Coloring Process in Fashion Natural Dyes Extraction Intended for Coloring Process in Fashion Industries *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.* 833
- [3] Haji and M Naebe. (2020). Cleaner dyeing of textiles using plasma treatment and natural dyes: A review *J. Clean. Prod.* 265 p 121866

تکمیل محسوب می‌شود. یافته‌های این مطالعه نیاز به یک فضای کار ایمن و محیط کار جادار، ارائه PPE، آموزش در مورد خطرات شغلی، بررسی‌های بهداشتی مکرر و ارزیابی ارگونومیک ایستگاه‌های کاری برای کاهش وضعیت‌های کاری طولانی مدت را تقویت می‌کند. ذینفعان، کارفرمایان، سیاست‌گذاران و دولت‌ها باید برای حفاظت رفاه و سلامت کارگران در این کارخانه‌ها همکاری کنند. بنابراین نتایج بدسات آمده بر اهمیت پرداختن به رفتار کارگران، آموزش، نگهداری تجهیزات و پروتکل‌های ایمنی تاکید داشت همچنین پیامدهای عملی برای اولویت بندی ریسک و مدیریت شرکت‌های تولیدی در مقیاس بزرگ را ظاهر می‌

- [4] Clarke and A Low. (1993). Risk analysis in project planning: A simple spreadsheet application using monte-carlo techniques *Proj. Apprais.* 8 (3) pp 141-146
- [5] Phan, E Van Den Broeck, V Van Speybroeck, K De Clerck K Raes and S De Meester. (2020). The potential of anthocyanins from blueberries as a natural dye for cotton: A combined experimental and theoretical study *Dye. Pigment.* 176 108180
- [6] Betül, Özer., Behcet, Guven. (2021). 3. Energy efficiency analyses in a Turkish fabric dyeing factory. *Energy Sources Part A-recovery Utilization and Environmental Effects*, doi: 10.1080/15567036.2020.1755392
- [7] M., Thangatamilan., S., J., Suji, Prasad., C., Sagana., R., Subikshaa., D., P., Kumar., M., M., Shimak. (2023). 1. *Automation and Control*

- Mechanism For Textile Dyeing Process Using PLC and IoT. doi: 10.1109/iccpct58313.2023.10244880
- [8] Huang, X., Sun, M., & Wang, D. (2022). Work harder and smarter: The critical role of teachers' job crafting in promoting teaching for creativity. *Teaching and teacher education*, 116, 103758.
- [9] Devanakonda, Mahendra., Muthukumar, k. (2019). 1. Hazards and safety measures in dying process in textile industry.
- [10] Nazneen, Jabeen., Arushi, Jabeen. (2017). 1. To Identify Hazards and Risks (Health and Safety) in the Textile Dyeing Industry. *Asian Journal of Home Science*, doi: 10.15740/HAS/AJHS/12.1/182-187
- [11] Shahid-ul-Islam., B., S., Butola. (2018). 5. Green Dyeing of Cotton- New Strategies to Replace Toxic Metallic Salts. doi: 10.1007/978-981-10-4876-0_3
- [12] N., Hemashenpagam., S., Selvajeyanthi. (2023). 4. Textile Dyes and Their Effect on Human Beings. doi: 10.1007/978-981-99-3901-5_3
- [13] Farrukh, A., & Sajjad, A. (2024). Investigating Supply Chain Disruptions and Resilience in the Textile Industry: A Systemic Risk Theory and Dynamic Capability-Based View. *Global Journal of Flexible Systems Management*, 1-27.
- [۱۴] رحیمی کلور، اکبری آرباطان، گلنوم. (۱۴۰۲). واکاوی چالش‌ها و فرصت‌های هوش مصنوعی بر توسعه کارآفرینی و رشد کسب‌وکارهای نوپا. *علوم و فنون مدیریت اطلاعات*, ۹(۴), ۲۳۲-۲۰۵.
- [15] SE, S., & RM, E. (2024). OCCUPATIONAL HEALTH DISORDERS AMONG WORKERS IN TEXTILE DYEING INDUSTRY. *Egyptian Journal of Occupational Medicine*, 48(3), 95-111.
- [16] Seidu, R. K., Ofori, E. A., Eghan, B., Fobiri, G. K., Afriyie, A. O., & Acquaye, R. (2024). A systematic review of work-related health problems of factory workers in the textile and fashion industry. *Journal of Occupational Health*, 66(1), uiae007.