Journal of Industrial Management Studies
Vol. 20, No.67, Winter 2023; P 121-158
jims.atu.ac.ir
DOI: 10.22054/jims.2022.59120.2617

ATU PRESS

Original Research
Accepted: 29/11/2022
Received: 3/3/2021
eISSN: 2476-602X
ISSN: 2251/8029

Auto Parts Supply Chain Risk Assessment and Rating Model Using Fuzzy Cognitive Map and Interpretive Structural Modeling

Mohammad Javad Ershadi — Associate Professor, Iranian Research Institute for Information Science and Technology (IranDoc), Tehran, Iran

Amir Azizi * — Assistant Professor, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Majid Mohajeri — M.A., Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

Abstract

One of the major challenges in the automotive industry is facing different risks, especially when new products are offered due to meeting the needs of customers, which leads to a lack of accurate identification in changing methods and design, new machinery and materials, demand, production speed,and so on. These can cause serious injuries and risks. To recognizing these risks, you need to look for the right ways to identify risks and prioritize them to exercise control over critical risks. Therefore, in this paper, after identifying the main areas of identified risks, production line risks were graded and based on that, the fuzzy cognitive maps approach was developed and 13 risks were identified in three groups of technical, strategic and operational risks were analyzed. Then, using interpretive structural modeling approach, the correlation of risks was evaluated and the most important risks were identified using the network analysis process. Finally, the results show that the risks of design errors, low motivation, lack of financial resources, lack of parts and low productivity are among the five main risks in the Isaco auto parts supply chain.

Keywords: Risk Analysis،Ranking ،Fuzzy Cognitive Map ،Interpretive Structural Modeling،Network Analysis Process.

* Corresponding Author: azizi@srbiau.ac.ir

How to Cite: Ershadi, M. J., Azizi, A., Mohajeri, M. (2023). Auto Parts Supply Chain Risk Assessment and Rating Model Using Fuzzy Cognitive Map and Interpretive Structural Modeling, *Journal of Industrial Management Studies*, 20(67), 121-158.

مقاله پژوهشی

تاریخ ارسال: ۱۳۹۹/۱۲/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۹/۸

ISSN: 2251/8029

eISSN: 2476-602X

فصلنامه مطالعات مدیریت صنعتی

سال بیستم، شماره ٦٧، زمستان ١٤٠١، ص ١٢١ تا ١٥٨

jims.atu.ac.ir

DOI: 10.22054/jims.2022.59120.2617

مدل ارزیابی و رتبه‌بندی ریسک‌های زنجیره تأمین قطعات خودرو با استفاده از نقشه ذهنی فازی و مدل‌سازی ساختاری تفسیری

محمدجواد ارشادی | دانشیار، پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران (ایرانداک)، تهران، ایران

امیر عزیزی * | استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

مجید مهاجری | کارشناسی‌ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

چکیده

یکی از چالش‌های مهم در صنایع خودروسازی مواجه‌شدن با ریسک‌های متفاوت است به‌ویژه زمانی که به‌علت پاسخگویی به نیاز مشتریان محصولات جدید ارائه می‌شود که باعث عدم شناسایی دقیق و درست در تغییر روش و طراحی، ماشین‌آلات و مواد جدید، میزان تقاضا و سرعت تولید و موارد دیگر می‌شود. این موارد می‌تواند آسیب‌ها و خطرات جدی به بار آورد. برای به حداقل رساندن اثرات نامطلوب این ریسک‌ها بر روند تولید، باید به دنبال روش‌های درست برای شناسایی ریسک‌ها و اولویت‌بندی ریسک‌ها برای اعمال کنترل ریسک‌های پراهمیت بود. ازاین‌رو در این مقاله، پس از شناسایی حوزه‌های اصلی ریسک‌های شناسایی‌شده ریسک‌های خطوط تولید گریدبندی شدند و بر اساس آن رویکرد نقشه‌های شناختی فازی توسعه داده شد و ۱۳ ریسک در سه گروه ریسک تکنیکی، استراتژیکی و عملیاتی شناسایی‌شده مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفتند. سپس با استفاده از رویکرد مدل‌سازی ساختاری تفسیری، همبستگی ریسک‌ها ارزیابی شدند و مهم‌ترین ریسک‌ها با استفاده از فرآیند تحلیل شبکه‌ای مشخص شدند. درنهایت، نتایج نشان می‌دهد که ریسک‌های خطا در طراحی، پایین بودن انگیزه، کمبود منابع مالی، کمبود قطعات و بهره‌وری پایین جزو پنج ریسک اصلی در زنجیره تأمین قطعات خودرو می‌باشند.

کلیدواژه‌ها: ارزیابی ریسک، رتبه‌بندی، نقشه شناختی فازی، مدل‌سازی ساختاری تفسیری، فرآیند تحلیل شبکه‌ای.

مقاله حاضر برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی صنایع دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات است.

* نویسنده مسئول: azizi@srbiau.ac.ir

مقدمه و بیان مسئله

توسعه روزافزون صنایع جدید جهت عرضه محصولات موردنیاز جوامع انسانی، حاصل تغییر در تکنیک‌ها و پیشرفت در ماشین‌آلات جدید است که عدم شناسایی دقیق این موارد (تغییر روش، ماشین‌آلات، مواد، سرعت تولید و...) می‌تواند بشر و محیط‌زیست را در معرض آسیب و خطرات جدی قرار دهد. برای به حداقل رساندن اثرات نامطلوب بر روند تولید، بهتر است تا با استفاده از سیستم‌های نوین مدیریتی و مهندسی فرهنگ زیربنایی، توسعه پایدار را در همه نهادها، سازمان‌ها و حتی مراکز آموزشی ایجاد کرد و در این زمینه عملکرد سازمان‌ها را به‌سوی بهبود مستمر سوق داد (هوفیق[1]، ۲۰۱۹). مدیریت ریسک مستلزم شناسایی، ارزیابی و رتبه‌بندی ریسک‌های مختلف است. ارزیابی ریسک یکی از ارکان مدیریت ریسک بوده و هدف آن اندازه‌گیری ریسک‌ها بر اساس شاخص‌های مختلف از قبیل میزان تأثیر و احتمال وقوع می‌باشد و هر چه نتایج این مرحله دقیق‌تر باشد می‌توان گفت که فرایند مدیریت ریسک با درجه اطمینان بالاتری انجام می‌گیرد. رتبه‌بندی ریسک‌ها، قسمت کلیدی این فرایند به شمار می‌روند. زیرا با انجام رتبه‌بندی، برتری هر ریسک در مقابل سایر ریسک‌ها مشخص و درنتیجه تصمیم‌گیرنده می‌تواند در مورد میزان تخصیص منابع موجود برای مقابله با هر ریسک برنامه‌ریزی نماید (کارنجو[2]، ۲۰۱۹).

صنعت خودرو یکی از مهم‌ترین بخش‌های صنعت کشور است که ارزیابی ریسک‌های تأثیرگذار در آن کاری بسیار حیاتی است. یکی از مهم‌ترین تکنیک‌های ارزیابی ریسک، تجزیه‌وتحلیل شکست و اثرات آن (FMEA[3]) است که به عنوان یک روش معتبر در میان تکنیک‌های ارزیابی خطر معرفی شده است. در روش معمول FMEA، شماره اولویت خطر (RPN[4]) برای محاسبه خطرات حالت‌های مختلف سیستم مورداستفاده قرار می‌گیرد. RPN ضرب سه عامل خطرزا است: Severity (S)، Occurrence (O) و Detection (D). هدف محاسبه RPN، اولویت‌بندی حالت‌های شکست است تا هر

1. Höfig
2. Cornejo
3. Failure Mode and Effects Analysis
4. Risk Priority Number

شکست با بالاترین نمره RPN در اولویت اول قرار گیرد. باوجود کاربرد گسترده این رویکرد در ارزیابی ریسک، کاستی‌هایی نیز در آن دیده می‌شود. یکی از مهم‌ترین این کاستی‌ها این است که عوامل SOD برای هر شکست به‌طور مستقل و بدون در نظر گرفتن روابط علی بین شکست در نظر گرفته می‌شود. ازآنجاکه در واقعیت و با توجه به دیدگاه پردازش گرا، مراحل تولید به‌طور هم‌زمان اجرا نمی‌شوند و همچنین شکست‌های بالقوه به‌طور هم‌زمان اتفاق نمی‌افتد؛ در حقیقت، برخی از شکست‌ها تحت تأثیر شکست‌های مراحل قبلی قرار می‌گیرند و بر شکست‌های مراحل بعدی اثر می‌گذارد. با توجه به مشکل پیش‌گفته، در نظر گرفتن روابط علی‌معلولی میان شکست‌ها ضروری است. همچنین، ازآنجاکه در حین فرآیند، تمام فعالیت‌ها تحت تأثیر فعالیت‌های مراحل (فرآیندهای) گذشته قرار می‌گیرند، لازم است روابط بین مراحل با رویکرد چندمرحله‌ای موردتوجه قرار گیرد. ازاین‌رو در این مطالعه برای بهبود دقت اولویت‌بندی، نمره به‌دست‌آمده از یک نقشه شناختی فازی (FCM)، برای اولویت‌بندی شکست‌ها به‌جای نمره معمول RPN استفاده می‌شود. درواقع، این رویکرد اولویت‌بندی شکست را با توجه به میزان تأثیر هر شکست در سایر شکست‌ها (از طریق وقوع آن شکست یا وقوع شکست مرحله قبلی) و همچنین مقدار عوامل SOD اولویت‌بندی می‌کند. در این رویکرد، علاوه بر بررسی رابطه علی بین شکست با استفاده از FCM، می‌توان ارتباط بین مراحل با یک دیدگاه چندمرحله‌ای را در نظر گرفت. از سوی دیگر، مدل‌سازی ساختاری تفسیری (ISM[1]) این امکان را ایجاد می‌کند که مجموعه‌ای از عوامل گوناگون و مرتبط به هم در یک مدل سازمان‌یافته جامع، ساختاردهی شود. این رویکرد با استفاده از برخی مفاهیم اصولی تئوری گراف، الگوی پیچیده روابط مفهومی بین یک مجموعه از متغیرها را تشریح می‌کند. ازاین‌رو، در این مقاله برای ارزیابی اثرگذاری شکست‌ها از این رویکرد استفاده شده است. در ادامه و در بخش بعدی پیشینه پژوهش‌های مرتبط با موضوع مطرح‌شده ارائه خواهند شد.

1. Interpretive Structural Modeling

پیشینه پژوهش

ریسک را می‌توان امکان انحراف واقعیت‌ها از آنچه مورد انتظار بوده است دانست. مدیریت ریسک از طریق کاهش هزینه‌های تولید در بلندمدت، توسعه صنایع جدید را ممکن و تسهیل می‌کند. آشکارترین مزیت آن برای افراد جامعه، از فرآیند کنترل خسارات در مدیریت ریسک نتیجه می‌شود. مدیریت ریسک را می‌توان فرآیند سنجش یا ارزیابی ریسک و سپس طرح راهبردهایی مانند انتقال ریسک به بخش‌های دیگر، اجتناب از ریسک و کاهش اثرات منفی ریسک برای اداره ریسک در نظر گرفت (معین‌زاده، ۱۳۹۲). روش FMEA (همان‌گونه که در مقدمه مقاله اشاره شد) در حوزه‌های گوناگون صنعت (به‌ویژه صنعت خودرو) روشی شناخته‌شده در مدیریت ریسک است. این تکنیک با در نظر گرفتن سه مقوله شدت، وقوع و تکرار به ارزیابی و رتبه‌بندی ریسک‌های گوناگون می‌پردازد (علیزاده و ایرج‌پور، ۱۳۹۷). روش FCP می‌تواند خلأ در نظر نگرفتن همبستگی میان اجزاء اصلی FMEA را پوشش دهد (Mashhadi et al., 2022). در این روش به‌کمک دیاگرام‌های طراحی شده می‌توان روابط علی-معلولی میان ریسک‌ها را ارزیابی و تحلیل نمود و با این رویکرد تحلیل‌های جامع‌تری را در مورد ریسک‌ها صورت داد. در گراف‌های ایجادشده در مدل ISM روابط متقابل و تأثیرگذاری بین معیارها و ارتباط معیارهای سطوح مختلف به‌خوبی نمایان است که موجب درک بهتر فضای تصمیم‌گیری می‌شود. این رویکرد، می‌تواند به تقویت مدیریت ریسک منجر شود و اقدام‌های اصلاحی تعریف‌شده را ارتقاء دهد (Jitesh Thakkar et al., 2017).

باغبانی و همکاران (۱۳۹۷) در پژوهش خود به تبیین و تشریح مراحل، ابزارها و اقدامات لازم برای پیاده‌سازی اثربخش تکنیک تجزیه‌وتحلیل حالات خرابی و آثار آن‌ها در فرآیند (PFMEA) در سازمان‌های تولیدی پرداختند. مراحل پیاده‌سازی اثربخش PFMEA شامل؛ ایجاد ائتلاف راهنما و تیم پروژه، تعیین وضعیت تولید قبل از مداخلات به‌عنوان پیش‌آزمون، استخراج نقشه فرآیندهای تولید، شناسایی خطاهای فرآیند و تعیین عدد اولویت خطا (RPN)، تعیین خطاهای با اولویت بالا جهت حذف یا کاهش آثار آن‌ها

با ماتریس شدت–وقوع و جدول رتبه‌بندی ریسک، تکمیل کاربرگ‌های PFMEA برای خطاهای با اولویت بالا، ترسیم تحلیل درخت خطا، شناسایی دلایل و منشأهای ایجاد خطاها، ارائه راهکارهای حذف خطاها و یا کاهش آثار آن‌ها، پیاده‌سازی راهکارها و درنهایت به دست آوردن میزان پس آزمون جهت تعیین میزان اثربخشی اقدامات انجام شده است.

علی زاده و ایرج پور (۱۳۹۷) در پژوهش خود باهدف کاهش سطح ریسک‌های فرآیندی به روش P-FMEA نسبت به شناسایی و تحلیل آسیب‌های فرآیندی و اولویت‌بندی راهکارهای پیشنهادی فنی ارائه‌شده توسط تیم متخصص با تکنیک‌های SAW و TOPSIS پرداختند. در این پژوهش، ابتدا یک تیم متخصص جهت تشخیص، تعیین میزان ریسک (RPN) و نیز راهکارهای اجرایی هر ریسک تشکیل شده است سپس حسب وجود راهکار مشترک برای برخی ریسک‌ها نسبت به اولویت‌بندی راهکارها با شاخص‌های هزینه اجرا، زمان اجرا، سرعت تطبیق‌پذیری با سیستم و محیط و نیز RPN اصلاح‌شده اقدام گردید. یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد که اولویت‌ها با طرح‌هایی است که هرچند RPN پایین‌تری را پوشش می‌دهند اما ازلحاظ هزینه و زمان اجرا امتیاز بالاتری را دارا می‌باشند.

نیک پیشه کوه جهری (۱۳۹۷) در پژوهش خود بیان داشتند که امروزه با توسعه و پیشرفت فناوری میزان تولید ریسک در صنایع افزایش یافته است، همین موضوع باعث شده تا سازمان‌ها در پی یافتن راهی برای کاهش میزان این خطرات باشند. جهت دستیابی به اهداف توسعه پایدار، رعایت ملاحظات زیست‌محیطی به عنوان یک الزام در کشور مطرح است در این راستا ارزیابی ریسک زیست‌محیطی، می‌تواند ابزار مناسبی جهت دستیابی به اهداف توسعه پایدار باشد. یکی از تکنیک‌ها جهت رسیدن به توسعه پایدار و همچنین کاهش یا حذف پیامدهای زیست‌محیطی روش EFMEA(تجزیه‌وتحلیل حالات شکست و آثار آن در محیط‌زیست) است که یک متد سازمان‌یافته و سیستماتیک است. در مدل EFMEA بعد از شناخت و مطالعه فرایند موجود، ریسک‌ها را شناسایی و آنالیز کرده

سپس ارزیابی و طبقه‌بندی و سطح آن را تعیین می‌شود و درنهایت با ارائه راهکارهای اصلاحی ریسک‌های موجود می‌توان کاهش داد.

ویسی (۱۳۹۷) در پژوهش خود بیان داشتند، سیستم روانکاری یکی از بخش‌های حیاتی دستگاه CNC است، زیرا خطاها یا خرابی‌های آن به‌طور قابل‌توجهی بر عملکرد اجزای دستگاه و توقف تولید دستگاه تأثیر می‌گذارد؛ بنابراین، سیستم روانکاری باید با دقت پایش شود. در این مطالعه، استفاده از تجزیه‌وتحلیل فازی حالات بالقوه خرابی و اثرات آن (FMEA) برای اولویت‌بندی و ارزیابی شکست‌هایی که احتمالاً در فرآیند کار سیستم روانکاری اتفاق می‌افتد، پیشنهاد شده است. تمام زیرسیستم‌ها به‌طور مستقل بدون دخالت سیستم‌های دیگر موردبررسی قرار گرفتند. همچنین، این روش می‌تواند محدودیت‌های FMEA متداول را کاهش دهد.

تیچرا در سال ۲۰۱۷ بیان داشتند که تحقیقات قبلی نشان داده است که کنتراکتورهای الکتریکی موجود در ساختار و ابقای خطوط انتقال و توزیع (T&D) در معرض ریسک بالای الکتروکاتیون قرار دارند. نتیجه تماس نا هم جوار با خطوط T&D عبارت از نابودی یا جراحتی است که آسیب به ارگان‌های داخلی، اختلالات ماهیچه‌های اسکلتی، آسیب‌های نورولوژیکی و سوختگی شدید را شامل می‌شود. فوندانسیون بین‌المللی ایمنی الکتریکی نشان داده است که تماس با خطوط سربار برق بزرگ‌ترین و یگانه دلیل تسهیلات الکتریکی در طی دهه اخیر بوده است. برای کاستن از میزان غیرتحمل آسیب، کنتراکتورهای الکتریکی اقدام به اجرای استراتژی‌هایی مثل کاربرد تجهیزات عایق پلاستیکی و تجهیزات قفل کننده می‌نمایند.

نویسندگان روش جدیدی را پیشنهاد کرده‌اند که ترکیبی از FMEA، MULTIMOORA گسترش‌یافته و روش AHP در محیط فازی است. Peeters، Basten و Ting (۲۰۱۸) یک روش ترکیبی با استفاده از تجزیه‌وتحلیل درخت (FTA) و FMEA را به روش بازگشتی ارائه دادند و این روش را در سیستم تولید افزودنی برای چاپ فلز انجام دادند.

همچنین، ادغام FMEA و DEA قوی با خروجی‌های نامطلوب برای مدیریت ریسک HSE یکی از روش‌های ترکیبی دیگری است که مورداستفاده قرار گرفته است Yousefi، Alizadeh، Hayati، Bagheri &، Baynal، Sarı و Akpınar (۲۰۱۸) ترکیبی از GRA و FMEA را برای افزایش بهره‌وری در فرایند تولید خودرو اعمال کردند. روش ترکیبی با استفاده از VSM، طرح‌بندی گیاه، QFD فازی و فناوری فازی برای انتخاب ابزارهای ناب در سازمان تولیدی بوونش کومار و پارامش وران (۲۰۱۸) معرفی شدند.

کاربرد دیگر FMEA در تجزیه‌وتحلیل خطرات در صنایع غذایی است. Varzakas و Arvanitoyannis (۲۰۰۷) در پژوهشی FMEA را در تجزیه‌وتحلیل اثر و علت و اثرات و نمودار پارتو در ارتباط با سیستم ارزیابی خطر و نقاط کنترل بحرانی (HACCP) برای ارزیابی ریسک در تولید ذرت استفاده شد.

مقاله «تجزیه‌وتحلیل جامع در ارزیابی خطر برای آتش‌نشانی شهری: مورد شهری Haikou» در سال ۲۰۱۳ توسط یانگ ژانگ ارئه گردید. این مقاله برای اولین بار از اصطلاح «ریسک آتش‌سوزی‌های شهری» با استناد به هر دو تعریف از «ریسک» در سازمان ملل متحد «استراتژی بین‌المللی کاهش بلایا» که در سال ۲۰۰۴ به تصویب رسید و از ویژگی‌های آتش‌سوزی شهری تعریف می‌کند. در مرحله دوم، این مقاله آنالیز جامعی از خطر آتش‌سوزی‌های شهری از جهات: خطر ابتلا به حوادث آتش‌سوزی در مناطق شهری، آسیب‌پذیری شهری و قابلیت ضد آتش شهری ارائه می‌نماید. در این مقاله از روش تجزیه‌وتحلیل، فرآیند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) استفاده گردیده است برای ایجاد یک سیستم ارزیابی خطر آتش‌سوزی‌های شهری که شامل ۳ شاخص در سطح اول، ۱۳ شاخص در سطح دوم و ۴۸ شاخص در سطح سوم می‌باشد. پایه این مقاله با داده‌ها در حوادث آتش‌سوزی و آمار آتش‌سوزی در گذشته بنا گردیده است.

یاد اما چو و همکاران در سال ۲۰۱۱ مقاله‌ای با عنوان «فاکتورهای گوناگون ارزیابی ریسک حریق ساختمان به‌وسیله دسته‌بندی دو مرحله‌ای» ارائه نمودند و بیان کردند که: سنسورها و کاشف‌های حریق به‌طور گسترده‌ای برای حریق ساختمان‌ها استفاده می‌گردد

که از طریق تغییرات داده‌هایی همچون دما، تجمع گازهای CO و CO2 و میدان دید می‌تواند با استفاده از سنسورها موقعیت خطر را کشف کرد؛ و آسیب‌های حاصله از طریق دمای بالا، CO یا CO2 ممکن است باعث کاهش سطح توانایی تشخیص و حرکت و سطح هوشیاری در افراد گردد که این برای طراحی یک نقشه ریسک بر پایه این داده‌ها که می‌توانیم در طراحی یک استراتژی تخلیه استفاده نماییم بسیار مهم است.

اربای (۲۰۱۸) در پژوهش خود بیان داشتند که میزان خرابی یک پروژه نرم‌افزاری فناوری اطلاعات (IT) به دلیل ساختار نامشخص و خطرناک آن‌ها بسیار زیاد است. مدیریت ریسک این نوع پروژه‌ها مهم می‌شود. عدم موفقیت و تحلیل اثر (FMEA) روشی گسترده است که برای شناسایی سطح اهمیت خطرات در یک پروژه با استفاده از اعداد اولویت ریسک (RPN) استفاده می‌شود. این روش مبتنی بر تجربه و مهارت‌های شناختی متخصصان در جمع‌آوری داده‌ها به‌منظور ارزیابی ریسک است. این وضعیت نتیجه‌گیری نادرست در رتبه‌بندی ریسک نهایی ایجاد می‌کند. منطق فازی به‌طور گسترده‌ای در FMEA برای رسیدگی به این عدم دقت و ناسازگاری در ادبیات در حین ارزیابی و فراخوانی از روش فازی FMEA که پیشنهاد کردند، یکپارچه است.

نتایج ارزیابی پژوهش‌های پیشین درعین‌حال که گستردگی کاربرد روش FMEA را در حوزه مدیریت ریسک نشان می‌دهد، کاستی‌های این روش را نیز در حوزه اثرگذاری ریسک‌ها بر یکدیگر نمایان می‌سازد. همچنین، پژوهش‌های اندکی توسعه این روش را به کمک روش FCM موردتوجه قرار داده‌اند. از سوی دیگر، رویکردهایی مانند ISM می‌تواند روش‌های تحلیل ریسک را بهبود داده و اقدام‌های عملیاتی را اثربخش‌تر سازد. ازاین‌رو، در این مقاله با ترکیب این رویکردها سعی در ارائه چارچوبی اثربخش در حوزه مدیریت ریسک هستیم که بتواند به بهبود مدیریت عملیاتی در صنایع گوناگون منجر شود.

روش

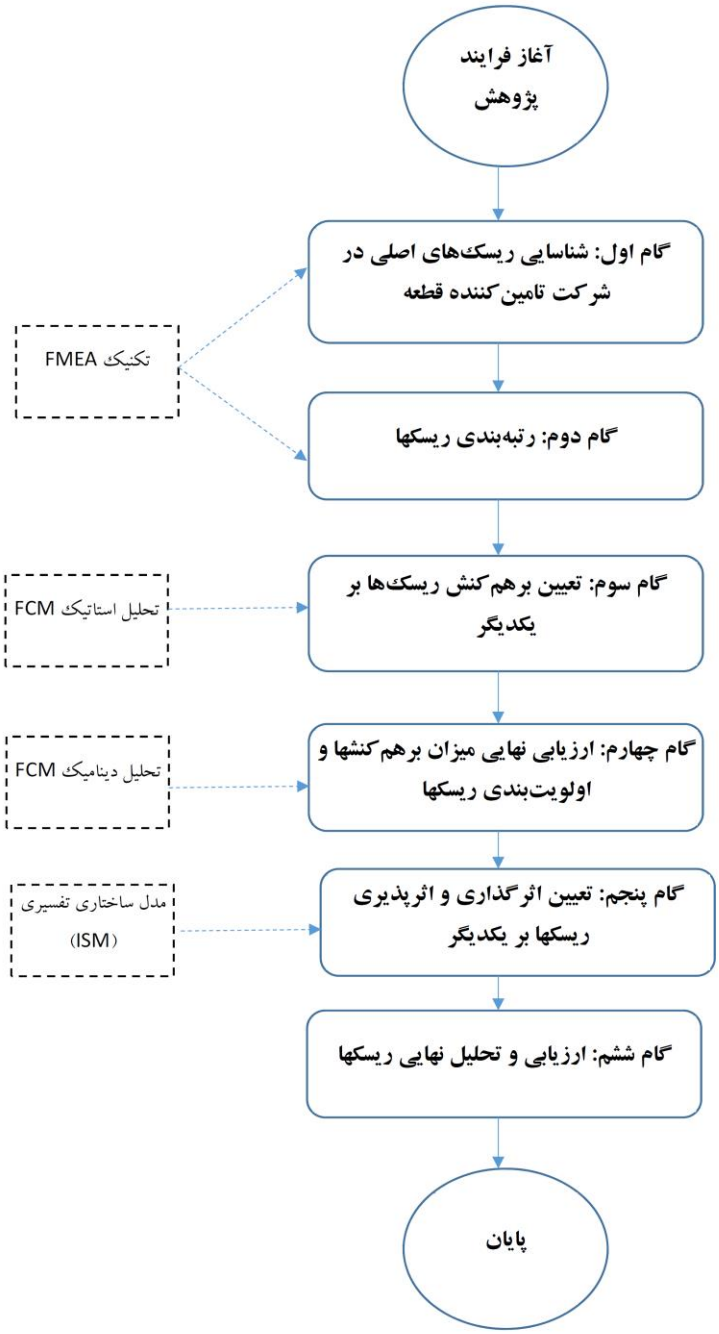
این تحقیق ازلحاظ نوع هدف، کاربردی و ازلحاظ نوع روش توصیفی- کیفی است. ابزارهای این تحقیق در بخش جمع‌آوری اطلاعات به‌صورت مطالعات میدانی است. برای

تحلیل اطلاعات از روش امتیازدهی (توسط خبرگان) و جهت تست مدل از مطالعه موردی شرکت ایساکو استفاده شده است.

شرکت ایساکو تهیه و توزیع قطعات و لوازم‌یدکی ایران‌خودرو در تاریخ ۱۳۵۶/۸/۱ در قالب شرکت سهامی خاص تأسیس و با شماره ثبت ۳۰۰۴۸ در تاریخ ۱۳۵۶/۸/۱۵ در اداره ثبت شرکت‌ها و مالکیت صنعتی تهران به ثبت رسید. موضوع ارائه خدمات پس از فروش به استفاده‌کنندگان از محصولات ایران‌خودرو در ابتدای سال ۱۳۷۱ و پیش از آغاز دهه سوم فعالیت، شرکت‌به‌شرکت تهیه و توزیع محول شد. پس از تغییر مدیریت، با تصویب تغییرات اساس‌نامه شرکت در سال ۱۳۷۸ و درج «خدمات پس از فروش» در موضوع آن، شرکت تهیه و توزیع قطعات و لوازم‌یدکی ایران‌خودرو به‌صورت رسمی به‌عنوان ارائه‌کننده خدمات پس از فروش، محصولات ایران‌خودرو شناخته شد.

داده‌های موردنیاز این تحقیق به‌منظور ارائه یک مدل برای شناسایی ریسک‌های تولید در مرحله اول به‌صورت کتابخانه‌ای جمع‌آوری گردید. کتب انگلیسی و فارسی مرتبط با این حوزه، پایان‌نامه‌های دانشجویی، سایت‌های اینترنتی مرتبط، مقالات نشریات، کنفرانس‌ها و همایش‌هایی با موضوعات شناسایی ریسک‌های تولید با توالی چندمرحله‌ای مورداستفاده به‌منظور جمع‌آوری ادبیات تحقیق بوده است. در حوزه ارزیابی و شناسایی ریسک از برخی مستندات موجود در صنایع مختلف نیز استفاده شد.

پس از انجام مطالعات کتابخانه‌ای، جهت تعیین ریسک‌های تولید، مصاحبه‌ای با تعدادی از متخصصین صورت خواهد گرفت. درمجموع در فاصله زمانی نزدیک به دو ماه فرصت مصاحبه با ۸ نفر از متخصصین فراهم شد. گام‌های پژوهش را می‌توان در شکل زیر مشاهده کرد.



شکل ۱. گام‌های پژوهش

همان‌گونه که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، در اولین مرحله ریسک‌های اصلی شرکت تأمین‌کننده قطعات خودرو شناسایی می‌شود. در این مرحله ریسک‌هایی که در منابع علمی‌پژوهشی موجود بودند شناسایی‌شده و به کمک مصاحبه با خبرگان نهایی شدند. ریسک‌های استخراج‌شده در گام اول، در گام دوم برپایه روش FMEA ارزیابی‌شده و رتبه‌بندی می‌شوند. در گام سوم، برهم‌کنش‌های ریسک‌های گوناگون بر یکدیگر به کمک روش نقشه ذهنی فازی موردبررسی قرار می‌گیرد. نتایج به‌دست‌آمده از گام دو، به کمک روش نرمال‌سازی در این گام استفاده می‌شود. متغیرهای فازی شامل «**کم (L)**»، «**خیلی کم (VL)**»،«**متوسط (M)**»، «**زیاد (H)**» و «**خیلی زیاد (VH)**» در این مرحله برای ارزیابی برهم‌کنش ریسک‌ها بر یکدیگر به کار می‌روند. در گام چهارم، به کمک تحلیل استاتیک انجام‌شده در مرحله سوم، رتبه‌بندی ریسک‌ها نهایی می‌شوند. رتبه‌بندی ایجادشده در این گام (که برپایه تحلیل دینامیک FCM است) باتوجه به اثرگذاری ریسک‌ها بر یکدیگر به‌دست‌آمده و نتایج بسیار دقیق‌تری نسبت به رتبه‌بندی حاصل از روش FMEA خواهد داشت. در گام پنجم، مدل ساختاری تفسیری (ISM) برای تعیین اثرگذاری و اثرپذیری ریسک‌ها بر یکدیگر مورداستفاده قرار خواهد گرفت. زیرگام‌های این روش به‌ترتیب عبارت‌اند از تشکیل ماتریس خودتعاملی ساختاری، تشکیل ماتریس دستیابی اولیه، تشکیل ماتریس نهایی اصلاح‌شده، تعیین سطح ریسک‌ها، ترسیم مدل نهایی ساختاری تفسیری، تعیین نفوذ و وابستگی ریسک‌ها. درنهایت، درگام ششم تحلیل و بحث روی نتایج گام‌های پیشین صورت پذیرفته و اولویت‌بندی نهایی ارائه خواهد شد.

ازآنجاکه روابط ریاضی موجود در تحلیل استاتیک FCM، دارای پیچیدگی بوده و نیاز به توضیح بیشتری دارد در این بخش این روابط توضیح داده شده است. جزییات سایر گام‌های پژوهش در بخش یافته‌ها و همراه با ارائه نتایج پژوهش توضیح داده شده‌اند.

تحلیل استاتیک در FCM

با استفاده از ماتریس مجاورت و یا گراف روابط و همچنین استفاده از مفاهیم مربوط به «تئوری گراف» می‌توان مدل ارائه‌شده توسط FCM را به‌طور استاتیکی تحلیل و ارزیابی نمود. محاسبه مرکزیت گره‌ها یکی از تحلیل‌های استاتیکی می‌باشد که جهت ارزیابی اهمیت نسبی هرکدام از گره‌ها انجام می‌شود. جهت تحلیل استاتیک ریسک‌ها، مرکزیت هر یک از گره‌ها با استفاده از ماتریس مجاورت ریسک‌ها و با کمک معادلات زیر محاسبه گردید. بعد از ترسیم گرافیکی نقشه، برای این‌که بتوان مدل را تجزیه‌وتحلیل کرد، باید آن را با فرمول‌های ریاضی مدل کرد. پس‌ازاین کار و بعد از به دست آوردن مقادیر یک گره می‌توان مقادیر گره‌های دیگر که با این گره در ارتباط هستند را با استفاده از فرمول زیر به دست آورد:

$$A_i^{(k+1)} = f\left(A_i^{(k)} + \sum_{\substack{j=1 \\ j\neq i}}^{N} A_j^{(k)} . w_{ij}^{(k)} \right)$$ رابطه 1

$A_i(k+1)$: مقدار مفهوم Ci در زمان k+1

$A_i(k)$: مقدار مفهوم Ci در زمان k

w_{ij}: وزن رابطه بین مفهوم ciو cj

f(x): تابع نرمال‌سازی

به صورت کلی و به شکل ماتریسی فرمول بالا را می‌توان به شکل زیر نوشت:

$$A_{new} = f(A_{old} + \sum w * A_{old})$$ رابطه 2

که در فرمول بالا A یک بردار است که ماتریس مقادیر مفاهیم نام دارد، w نیز یک ماتریس است که بیانگر اوزان بین مفاهیم سیستم می‌باشد و F تابع نرمال‌سازی نام دارد.

در ادامه و در بخش بعدی به ارائه یافته‌های پژوهش خواهیم پرداخت.

یافته‌ها

در اولین گام از اجرای پژوهش، برپایه روشی که در بخش پیشین توضیح داده شد، ریسک‌های اصلی تأمین قطعات به کمک مصاحبه با خبرگان به شرح زیر شناسایی شدند (جدول ۱).

جدول ۱. نمره دهی ریسک‌های تأمین قطعات

دسته اصلی	شرح	شدت اثر	احتمال	کشف	RPN	استراتژی
ریسک‌های تکنیکی	کمبود منابع مالی	3	3	2	18	کاهش ریسک
	تأخیر در سفارش‌ها و تأمین اقلام کاری	3	3	2	18	کاهش ریسک
	کمبود قطعات	4	4	4	64	کاهش ریسک
	پایین بودن انگیزش	5	5	4	100	وضعیت بحرانی - اقدام آنی
ریسک‌های استراتژیک	ضعف در نظارت	4	4	2	32	کاهش ریسک
	عدم رعایت اصول ایمنی	3	4	3	36	کاهش ریسک
	نیروی کار غیر ماهر	4	2	2	16	کاهش ریسک
	دوباره‌کاری در اجرا	3	3	4	36	کاهش ریسک
ریسک‌های عملیاتی	شرایط بد اجرایی	3	4	3	36	کاهش ریسک
	بروز حوادث	4	3	2	24	کاهش ریسک
	خطا در طراحی	3	3	3	27	کاهش ریسک
	طراحی دست بالا	4	3	2	24	کاهش ریسک
	بهره‌وری پایین	3	4	5	60	کاهش ریسک

در ادامه، با توجه به شناسایی ریسک‌های کلی، نقشه شناختی فازی آن‌ها ترسیم گردید. اقدام کلیدی در مدل‌سازی با کمک FCM تعیین میزان فعال بودن هر یک از گره‌هاست. در مدل‌سازی آنالیز کیفی، شدت اثر هر یک از ریسک‌ها به‌عنوان مقدار اولیه (اهمیت نسبی) یا همان میزان فعال بودن (تأثیرگذاری) آنان در خطوط تولید در نظر گرفته شده است. جدول (۲) نشان‌دهنده اهمیت نسبی هر یک از ریسک‌ها می‌باشد. همان‌طور که قبلاً

بیان شد، اهمیت نسبی هر یک از ریسک‌ها بر اساس ضرب احتمال × تأثیر × کشف به دست می‌آید به همین منظور مقادیر احتمال و تأثیر و کشف هر یک از ریسک‌ها بر اساس تجربیات خبرگان در پروژه‌های پیشین مشخص شد. پس‌ازآن داده‌های جمع‌آوری‌شده تجمیع و مقادیر نرمال شده از سه عامل شدت، احتمال و کشف شکست در هر مرحله برای این شکست‌ها موردتوجه قرار گرفته است. سپس، مقادیر نهایی مربوط اهمیت نسبی هر یک از ریسک‌ها به دست آمد (جدول ۲).

اهمیت نسبی همان مقدار اولیه‌ای است که برای مدل‌سازی در تحلیل FCM به‌کاربرده می‌شود. این مقدار اولیه در طول دوره‌های تکرار در تحلیل FCM به مقدار نهایی و ثابت همگرا می‌گردد. در جدول ۲، ریسک‌ها بر اساس اهمیت نسبی رتبه‌بندی شده‌اند.

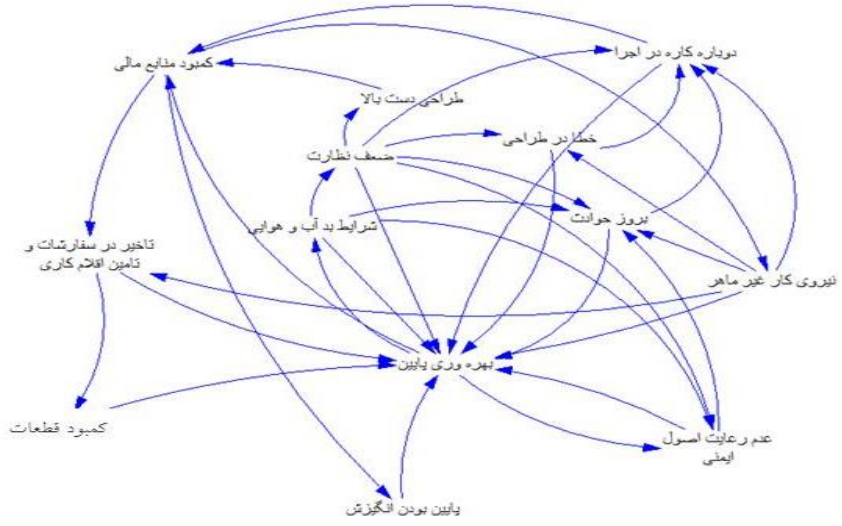
جدول ۲. رتبه‌بندی بر اساس اهمیت اولیه نسبی (نظرات خبرگان)

رتبه	اهمیت نسبی	ریسک‌های پروژه	کد دلایل
۱	۰,۳۷۶	کمبود منابع مالی	C_1
۲	۰,۳۵۲	تأخیر در سفارش‌ها و تأمین اقلام کاری	C_{12}
۳	۰,۳۵۱	کمبود قطعات	C_{13}
۴	۰,۳۱۵	پایین بودن انگیزش	C_7
۵	۰,۳۱۱	ضعف در نظارت	C_4
۶	۰,۳۰۵	عدم رعایت اصول ایمنی	C_9
۷	۰,۲۹۵	نیروی کار غیر ماهر	C_6
۸	۰,۲۸	دوباره‌کاری در اجرا	C_5
۹	۰,۲۷۹	شرایط بد آب و هوایی	C_{10}
۱۰	۰,۲۶۹	بروز حوادث	C_{11}
۱۱	۰,۲۵۲	خطا در طراحی	C_3
۱۲	۰,۲۳۷	طراحی دست بالا	C_2
۱۳	۰,۲۳۳	بهره‌وری پایین	C_8

همان‌گونه که در بخش مقدمه اشاره شد، برخی از ریسک‌ها دارای ارتباطات و اثرگذاری بر یکدیگر هستند. گام بعدی در مدل‌سازی با کمک FCM تعیین روابط سببی بین

گره‌های مختلف نسبت به یکدیگر است. مطابق توضیحات ارائه‌شده در بخش روش، روابط سببی بین ریسک‌های مختلف در خطوط تولید با کمک خبرگان تعیین گردید.

در حال حاضر، شکست‌ها بر اساس نمرات به‌دست‌آمده از رویکرد نرمال شده SOD برای دستیابی به نمره بر اساس FCM، ارزش سه عامل SOD در این FCM مورداستفاده قرار می‌گیرد. برای انجام این کار، سه مفهوم که نشان‌دهنده عوامل SOD هستند، به هر گره موجود (شکست) در FCM با قوس متصل می‌شوند که وزن آن‌ها برابر با ۱ است. نکته مهم در زمان در نظرگیری اندرکنش ریسک‌ها تأثیرات مستقیم ریسک‌ها بر یکدیگر است. جهت تعیین اندرکنش ریسک‌ها بر یکدیگر، فقط تأثیرات مستقیم ریسک‌ها بر یکدیگر در نظر گرفته شد. به‌عنوان نمونه، کمبود منابع مالی می‌تواند منجر ایجاد یا تشدید ریسک پایین بودن انگیزش گردد. از سوی دیگر، پایین بودن انگیزش می‌تواند منجر به ایجاد یا تشدید بهره‌وری پایین شود؛ بنابراین کمبود منابع مالی ممکن است به‌طور غیرمستقیم بر بهره‌وری پایین تأثیر گذارد ازاین‌رو در مدل‌سازی در FCM بین ریسک کمبود منابع مالی و بهره‌وری پایین اندرکنشی در نظر گرفته نشده است. شکل شماره ۲ اندرکنش ریسک‌های خطوط تولید با یکدیگر را بیان می‌کند.



شکل ۲. نقشه ذهنی فازی

به‌عنوان‌مثال وجود نیروی کار ناکارآمد باعث ایجاد و یا تشدید ریسک دوباره‌کاری در اجرا می‌گردد. ازاین‌رو وقوع این ریسک در خطوط تولید موجب تشدید و یا وقوع ریسک کمبود منابع مالی گردد. شرایط بد آب و هوایی یکی دیگر از ریسک‌های است که منجر به وقوع ریسک‌های دیگر گردد مانند بروز حوادث، عدم رعایت اصول ایمنی، ضعف در نظارت و بهره‌وری پایین می‌شود. مطابق با توضیحات داده‌شده، جهت کمی سازی اندرکنش موجود بین ریسک‌ها، از خبرگان درخواست شد تا میزان تأثیرگذاری هر یک از ریسک‌ها بر سایر ریسک‌ها را با استفاده از متغیرهای زبانی فازی شامل «کم (L)»، «خیلی کم (VL)»،«متوسط (M)»، «زیاد (H)» و «خیلی زیاد (VH)» مشخص نمایند. لازم به ذکراست که درکمی سازی روابط فقط اندرکنش مستقیم ریسک‌ها با یکدیگر درنظرگرفته شد. پس از جمع‌آوری پرسشنامه‌ها، با استفاده از روش غیرفازی سازی «مرکزسطح»، مقادیر انتخابی هریک از خبرگان غیرفازی شد با میانگین‌گیری از مقادیر غیرفازی شده ماتریس‌های مجاورت تشکیل‌شده توسط تمامی خبرگان، ماتریس مجاورت نهایی مربوط به اندرکنش دلایل مختلف تغییرات با یکدیگر به دست آمد (جدول ۳). از این ماتریس برای مدل‌سازی در FCM استفاده شده است. لازم به توضیح است که ازآنجاکه گره‌های عامل SOD یک لبه ورودی ندارند، ارزش این گره‌ها با اجرای الگوریتم یادگیری تغییر نمی‌کند. به همین دلیل، برای جلوگیری از تأثیر غیرمنطقی ارزش‌های عوامل SOD بر ارزش‌های گره‌های شکست، وزن روابط علی میان این عوامل و شکست در برابر تکرار صفر خواهد بود.

جدول ۳. ماتریس مجاورت نهایی مربوط به اندرکنش ریسک‌ها

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}	C_{12}	C_{13}
C_1	0	0	0	0	0	0.593	0.723	0	0	0	0	0.671	0
C_2	0.456	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C_3	0	0	0	0	0.755	0	0	0.54	0	0	0	0	0
C_4	0	0.292	0.424	0	0.649	0	0	0.686	0.29	0	0.277	0	0
C_5	0.649	0	0	0	0	0	0	0.686	0	0	0	0	0
C_6	0	0	0.376	0	0	0	0	0.714	0	0	0.716	0.42	0
C_7	0	0	0	0	0	0	0	0.699	0	0	0	0	0
C_8	0.629	0	0	0	0	0	0	0	0.558	0.413	0	0	0

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}	C_{12}	C_{13}
C_9	0	0	0	0	0	0	0	0.529	0	0	0.714	0	0
C_{10}	0	0	0	0.514	0	0	0	0.487	0.597	0	0	0	0
C_{11}	0	0	0	0	0.446	0	0	0.394	0	0	0	0	0
C_{12}	0	0	0	0	0	0	0	0.485	0	0	0	0	0.71
C_{14}	0	0	0	0	0	0	0	0.599	0	0	0	0	0

آخرین گام در مدل‌سازی با کمک FCM تحلیل استاتیکی و دینامیکی می‌باشد. در بخش پیشین به‌طور کامل پیرامون این تحلیل‌ها و مبنای ریاضیاتی آنان بحث شد. در ادامه این بخش به ارائه نتایج تحلیل استاتیک و دینامیک به‌صورت جداگانه پرداخته خواهد شد.

نتایج تحلیل استاتیک FCM

جدول ۴، نشان‌دهنده مقادیر مربوط به مجموع قدرمطلق وزن روابط سببی ورودی به هرگره IN(CI) و همچنین مجموع قدر مطلق وزن روابط سببی خروجی ازهرگره OUT(CJ)، می‌باشد. IN(CI) نشان‌دهنده تأثیرپذیری هریک از ریسک از سایرریسک‌ها و OUT(CJ)، نشان‌دهنده تأثیرگذاری هریک از آن‌ها بر سایرین می‌باشد. در این جدول مقادیر مربوط به تأثیرپذیری IN(CI) و تأثیرگذاری OUT(CJ) ریسک‌های مختلف با تقسیم بر بزرگ‌ترین مقدار نرمال گردیده است.

جدول ٤. رتبه‌بندی ریسک‌ها بر اساس مرکزیت هر یک در ماتریس مجاورت

رتبه	کد عامل	ریسک‌های پروژه	$IN(C_i)$	$OUT(C_i)$	CEN
1	C8	بهره‌وری پایین	5.819	1.600	7.419
2	C1	کمبود منابع مالی	1.734	1.987	3.721
3	C5	دوباره‌کاری در اجرا	1.85	1.335	3.185
4	C4	ضعف در نظارت	0.514	2.618	3.132
5	C6	نیروی کار غیر ماهر	0.593	2.226	2.819
6	C9	عدم رعایت اصول ایمنی	1.445	1.243	2.688
7	C11	بروز حوادث	1.707	0.840	2.547
8	C12	تأخیر در سفارش‌ها و تأمین اقلام کاری	1.091	1.195	2.286
9	C3	خطا در طراحی	0.8	1.295	2.095

رتبه	کد عامل	ریسک‌های پروژه	$IN(C_i)$	$OUT(C_i)$	CEN
10	C10	شرایط بد آب و هوایی	0.413	1.598	2.011
11	C7	پایین بودن انگیزش	0.723	0.699	1.422
12	C13	کمبود قطعات	0.71	0.599	1.309
13	C2	طراحی دست بالا	0.292	0.456	0.748

بر اساس نتایج تحلیل استاتیک FCM،«بهره‌وری پایین» تأثیرپذیرترین ریسک در میان ریسک‌های پروژه و «ضعف در نظارت» تأثیرگذارترین ریسک بر سایر ریسک‌ها می‌باشد ازاین‌رو می‌توان بدین گونه تفسیر نمود که وقوع هر یک از این ریسک‌ها نهایتاً منجر به «بهره‌وری پایین» می‌گردد بنابراین مؤثرترین ریسک ازنظر مدیریتی ریسک «بهره‌وری پایین» می‌باشد. از طرف دیگر تأثیرگذاری بالای «ضعف در نظارت» بر سایر ریسک‌ها نشان می‌دهد که این ریسک نقش مؤثری در مدیریت و بهینه‌سازی هزینه-زمان داشته و کنترل آن سبب افزایش بهینه‌سازی می‌گردد. با جمع مقادیر مربوط به تأثیرپذیری و تأثیرگذاری ریسک‌های مختلف، مرکزیت (CEN) هریک از ریسک‌های مؤثر محاسبه می‌گردد. مرکزیت یک ریسک نشان‌دهنده اهمیت نسبی آن از نظر تأثیرگذاری بر سایر ریسک‌ها و با تأثیرپذیری از آنان می‌باشد؛ به‌عبارت‌دیگر می‌توان گفت مرکزیت یک گره نشان‌دهنده میزان فعال بودن آن در ماتریس مجاورت می‌باشد. مرکزیت هر یک از ریسک‌ها در جدول ۴، نشان داده شده است. در این جدول ریسک‌ها بر اساس مرکزیت رتبه‌بندی شده‌اند. همانطورکه مشاهده می‌شود «بهره‌وری پایین»،«کمبود منابع مالی»، «دوباره‌کاری در اجرا»، «ضعف در نظارت»، «نیروی کار غیر ماهر»، ۵ ریسکی هستند که دارای بیشترین مرکزیت بوده و ازنظر تحلیل استاتیک، اهمیت نسبی آنان نسبت به سایر ریسک‌ها بیشتراست.

تحلیل دینامیک FCM

برپایه توضیحات ارائه‌شده در گام پیشین، میزان و چگونگی اثر هر یک از ریسک‌ها به عنوان اهمیت نسبی هریک از ریسک‌ها به دست آمد. از این شاخص به عنوان مقدار اولیه

در فرآیند تحلیل دینامیکی FCM استفاده شده است. بر اساس قانون استنباطی ذکرشده در نظرگیری مقدار قبلی گره‌ها و بدون در نظرگیری حلقه بازخوردی به خود، مقدار اولیه اهمیت نسبی ریسک‌ها در ماتریس مجاورت ریسک‌ها ضرب گردید و سپس با مقدار اولیه اهمیت نسبی ریسک‌ها جمع شد. در مرحله بعدی و با استفاده از تابع فعال‌سازی زیگموید با مقدار ثابت $\lambda=0.5$ مقادیر به‌دست‌آمده در بازه [۰ و ۱] نرمال گردیده و مجدداً به عنوان مقدار اولیه به FCM داده شد. این روند تکراری تا جایی ادامه پیدا کرد که اهمیت نسبی ریسک‌ها در FCM به مقادیر ثابتی همگرا شدند. جدول ۵ نشان‌دهنده رتبه‌بندی ریسک‌ها بر اساس مقادیر نهایی مربوط به تحلیل دینامیک اهمیت نسبی آنان در FCM می‌باشد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود با در نظرگیری اندرکنش بین ریسک‌های خطوط تولید، مقادیر اهمیت نسبی ریسک‌های مختلف تغییر نموده و رتبه‌بندی اولیه ریسک‌ها، دچار تغییرات زیادی گردیده است.

جدول ۵. مقادیر نهایی مربوط تحلیل دینامیک اهمیت نسبی ریسک‌های پروژه در FCM

رتبه	کد عامل	ریسک‌های پروژه	مقدار نهایی گره‌ها
1	C8	بهره‌وری پایین	0.997
2	C1	کمبود منابع مالی	0.922
3	C5	دوباره‌کاری در اجرا	0.919
4	C11	بروز حوادث	0.911
5	C9	عدم رعایت اصول ایمنی	0.893
6	C12	تأخیر در سفارش‌ها و تأمین اقلام کاری	0.860
7	C7	پایین بودن انگیزش	0.815
8	C3	خطا در طراحی	0.806
9	C13	کمبود قطعات	0.805
10	C6	نیروی کار غیر ماهر	0.792
11	C10	شرایط بد آب و هوایی	0.764
12	C4	ضعف در نظارت	0.760
13	C2	طراحی دست بالا	0.719

در گام بعدی به تحلیل علّی ریسک‌ها پرداخته و بر اساس رویکرد روش ISM تحلیل‌های کمی در خصوص ریسک‌ها اجرا خواهد شد.

مدل ساختاری تفسیری

پس از ارزیابی نقشه شناخت فازی در خصوص ریسک‌ها در این مرحله به تحلیل اثرات ریسک‌ها در خصوص تولید پرداخته خواهد شد و نفوذ و وابستگی ریسک‌ها به خطوط تولید بحث و بررسی می‌شود.

گام اول: تشکیل ماتریس خودتعاملی ساختاری (SSIM)

پس از تشکیل ماتریس خود تعاملی، این ماتریس را در بین خبرگان توزیع کرده و اطلاعات را به دست می‌آوریم؛ و به همین صورت نظر خبرگان جمع‌آوری می‌گردد و به روش مُد در نمونه عمل کرده و ماتریس جمع‌بندی نظرات خبرگان را آماده می‌کنیم (جدول ۶).

جدول ٦. ماتریس خود تعاملی ساختاری (مدنظر خبرگان)

C13	C12	C11	C10	C9	C8	C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	**C1**
X	V	X	X	X	O	X	O	X	V	X	-		**C2**
O	X	X	X	X	O	X	X	O	X	-			**C3**
O	X	X	X	X	X	X	O	O	-				**C4**
X	X	X	X	X	X	X	X	-					**C5**
O	X	X	O	X	X	X	-						**C6**
O	X	X	X	X	X	-							**C7**
O	O	O	O	A	-								**C8**
O	X	X	X	-									**C9**
O	X	X	-										**C10**
X	X	-											**C11**
A	-												**C12**
-													**C13**

گام دوم: تشکیل ماتریس دستیابی اولیه (RM)

در این گام، با استفاده از قانون جایگذاری ۰-۱، ماتریس SSIM به ماتریس ۰-۱ تبدیل

می‌شود.

جدول ۷. ماتریس دستیابی اولیه

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13
C1	-	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
C2	۱	-	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱
C3	۱	۱	-	۱	۰	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۰
C4	۱	۰	۱	-	۰	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰
C5	۱	۱	۰	۰	-	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
C6	۱	۰	۱	۰	۱	-	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۰
C7	۱	۱	۱	۱	۱	۱	-	۱	۱	۱	۱	۱	۰
C8	۱	۰	۰	۱	۱	۱	۱	-	۰	۰	۰	۰	۰
C9	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	-	۱	۱	۱	۰
C10	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۰	۱	-	۱	۱	۰
C11	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	-	۱	۱
C12	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	-	۰
C13	۱	۱	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۱	-

گام سوم: تشکیل ماتریس دستیابی اصلاح‌شده

ازآنجاکه طبق خاصیت تعدی اگر عنصر i منجربه عنصر j شود و عنصر j منجربه حصول عنصر k گردد به همین ترتیب عنصر i نیز باید منجربه عنصر k گردد. اگر این رابطه برقرار نبود در ماتریس از علامت ۱* استفاده می‌کنیم. به این مرحله ماتریس دستیابی اصلاح‌شده یا ماتریس دست‌یابی نهایی می‌گویند (جدول ۸).

جدول ۸. ماتریس دستیابی اصلاح‌شده

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	نفوذ
C1	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	13
C2	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱*	۱	۱	۱	۱	۱	12
C3	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱*	۱	۱	۱	۱	۱*	12
C4	۱	۰	۱	۱	۱*	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱*	11

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	نفوذ
C5	۱	۱	۱*	۱*	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	13
C6	۱	۰	۱	۱*	۱	۱	۱	۱	۱	۱*	۱	۱	۱*	12
C7	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	12
C8	۱	۰	۱*	۱	۱	۱	۱	۱	۱*	۱*	۱*	۱*	۱*	12
C9	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	12
C10	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱*	۱	۱	۱	۱	۱*	12
C11	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱	12
C12	۱	۰	۱	۱	۱	۱	۱	۱*	۱	۱	۱	۱	۱*	12
C13	۱	۱	۰	۱*	۱	۱*	۱*	۱*	۱*	۱*	۱	۱	۱	12
وابستگی	13	9	12	13	12	10	13	12	13	13	13	13	11	

گام چهارم: تعیین سطح ریسک‌ها

در این مرحله با به دست آمدن ماتریس دست‌یابی نهایی برای تعیین سطح معیارها دو مجموعه قابل‌دستیابی (خروجی) و مجموعه مقدم (ورودی) را تعریف کرده و سپس اشتراک آن‌ها را به دست می‌آوریم. بدین ترتیب که مجموعه قابل‌دستیابی، مجموعه‌ای است که در ماتریس دستیابی نهایی، عدد معیارها در سطر به‌صورت یک ظاهرشده باشد و مجموعه مقدم مجموعه‌ای است که در آن عدد معیارها در ستون‌ها؛ به‌صورت یک ظاهرشده باشد.

با به دست آوردن اشتراک این دو مجموعه ستون بعدی جدول (اشتراک) تکمیل خواهد شد. اولین سطری که اشتراک دو مجموعه برابر با مجموعه قابل‌دستیابی باشد، سطح اول اولویت خواهد شد. پس ازتعیین سطح، معیار یا معیارهایی که سطح آن مشخص‌شده است را از جدول حذف کرده و آن‌قدر این عمل را تکرار می‌کنیم تا تمامی متغیرهای باقیمانده نیز تعیین سطح شوند (جداول ۹ تا ۱۲). درنهایت، پس از تعیین سطح نهایی، شکل نهایی متغیرها با استفاده از سطوح تعیین‌شده ترسیم خواهد شد.

جدول ۹. ماتریس تعیین سطح اول

ابعاد	مجموعه قابل‌دستیابی (خروجی)	مجموعه مقدم (ورودی)	اشتراک	سطح
C1	۱-۲-۳-۴-۵-۶-۷-۸-۹-۱۰-۱۱-۱۲-۱۳	۱-۲-۳-۴-۵-۶-۷-۸-۹-۱۰-۱۱-۱۲-۱۳	۱-۲-۳-۴-۵-۶-۷-۸-۹-۱۰-۱۱-۱۲-۱۳	۱
C2	۱-۲-۳-۴-۵-۷-۸-۹-۱۰-۱۱-۱۲-۱۳	۱-۲-۳-۵-۷-۹-۱۰-۱۱-۱۳	۱-۲-۳-۵-۷-۹-۱۰-۱۱-۱۳	
C3	۱-۲-۳-۴-۶-۷-۸-۹-۱۰-۱۱-۱۲-۱۳	۱-۲-۳-۴-۵-۶-۷-۸-۹-۱۰-۱۱-۱۲	۱-۲-۳-۴-۶-۷-۸-۹-۱۰-۱۱-۱۲	
C4	۱-۳-۴-۵-۷-۸-۹-۱۰-۱۱-۱۲-۱۳	۱-۲-۳-۴-۵-۶-۷-۸-۹-۱۰-۱۱-۱۲-۱۳	۱-۳-۴-۵-۷-۸-۹-۱۰-۱۱-۱۲-۱۳	۱
C5	۱-۲-۳-۴-۵-۶-۷-۸-۹-۱۰-۱۱-۱۲-۱۳	۱-۲-۴-۵-۶-۷-۸-۹-۱۰-۱۱-۱۲-۱۳	۱-۲-۴-۵-۶-۷-۸-۹-۱۰-۱۱-۱۲-۱۳	
C6	۱-۳-۴-۵-۶-۷-۸-۹-۱۰-۱۱-۱۲-۱۳	۱-۳-۵-۶-۷-۸-۹-۱۱-۱۲-۱۳	۱-۳-۵-۶-۷-۸-۹-۱۱-۱۲-۱۳	
C7	۱-۲-۳-۴-۵-۶-۷-۸-۹-۱۰-۱۱-۱۲	۱-۲-۳-۴-۵-۶-۷-۸-۹-۱۰-۱۱-۱۲-۱۳	۱-۲-۳-۴-۵-۶-۷-۸-۹-۱۰-۱۱-۱۲	۱
C8	۱-۳-۴-۵-۶-۷-۸-۹-۱۰-۱۱-۱۲-۱۳	۱-۲-۳-۴-۵-۶-۷-۸-۹-۱۰-۱۲-۱۳	۱-۳-۴-۵-۶-۷-۸-۹-۱۰-۱۲-۱۳	
C9	۱-۲-۳-۴-۵-۶-۷-۸-۹-۱۰-۱۱-۱۲	۱-۲-۳-۴-۵-۶-۷-۸-۹-۱۰-۱۱-۱۲-۱۳	۱-۲-۳-۴-۵-۶-۷-۸-۹-۱۰-۱۱-۱۲	۱
C10	۱-۲-۳-۴-۵-۷-۸-۹-۱۰-۱۱-۱۲-۱۳	۱-۲-۳-۴-۵-۶-۷-۸-۹-۱۰-۱۱-۱۲-۱۳	۱-۲-۳-۴-۵-۷-۸-۹-۱۰-۱۱-۱۲-۱۳	۱
C11	۱-۲-۳-۴-۵-۶-۷-۹-۱۰-۱۱-۱۲-۱۳	۱-۲-۳-۴-۵-۶-۷-۸-۹-۱۰-۱۱-۱۲-۱۳	۱-۲-۳-۴-۵-۶-۷-۹-۱۰-۱۱-۱۲-۱۳	۱
C12	۱-۳-۴-۵-۶-۷-۸-۹-۱۰-۱۱-۱۲-۱۳	۱-۲-۳-۴-۵-۶-۷-۸-۹-۱۰-۱۱-۱۲-۱۳	۱-۳-۴-۵-۶-۷-۸-۹-۱۰-۱۱-۱۲-۱۳	۱
C1۳	۱-۲-۴-۵-۶-۷-۸-۹-۱۰-۱۱-۱۲-۱۳	۱-۲-۳-۴-۵-۶-۷-۸-۹-۱۰-۱۱-۱۲-۱۳	۱-۲-۴-۵-۶-۷-۸-۹-۱۰-۱۱-۱۲-۱۳	

جدول ۱۰. ماتریس تعیین سطح دوم

ابعاد	مجموعه قابل‌دستیابی (خروجی)	مجموعه مقدم (ورودی)	اشتراک	سطح
C2	۱۳-۸-۵-۳-۲	۱۳-۵-۳-۲	۱۳-۵-۳-۲	
C3	۱۳-۸-۶-۳-۲	۸-۶-۵-۳-۲	۸-۶-۳-۲	
C5	۱۳-۸-۶-۵-۳-۲	۱۳-۸-۶-۵-۲	۱۳-۸-۶-۵-۲	
C6	۱۳-۸-۶-۵-۳	۱۳-۸-۶-۵-۳	۱۳-۸-۶-۵-۳	۲
C8	۱۳-۸-۶-۵-۳	۱۳-۸-۶-۵-۳-۲	۱۳-۸-۶-۵-۳	۲
C۱۳	۱۳-۸-۶-۵-۲	۱۳-۸-۶-۵-۳-۲	۱۳-۸-۶-۵-۲	۲

جدول ۱۱. ماتریس تعیین سطح سوم

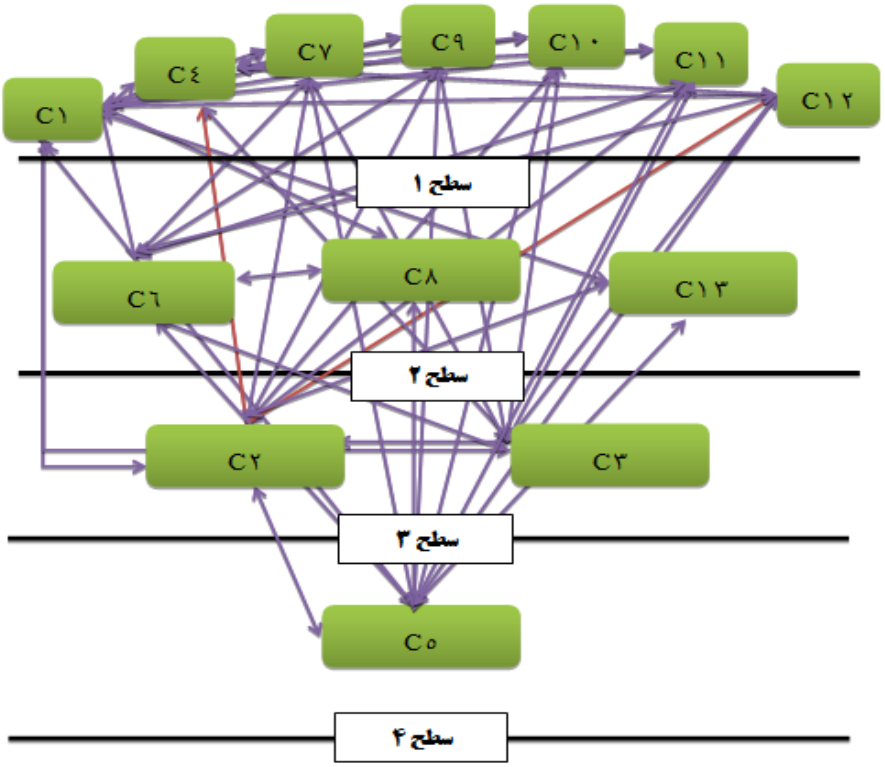
ابعاد	مجموعه قابل‌دستیابی (خروجی)	مجموعه مقدم (ورودی)	اشتراک	سطح
C2	۵-۳-۲	۵-۳-۲	۵-۳-۲	۳
C3	۳-۲	۵-۳-۲	۳-۲	۳
C5	۵-۳-۲	۵-۲	۵-۲	

جدول ۱۲. ماتریس تعیین سطح چهار

ابعاد	مجموعه قابل‌دستیابی (خروجی)	مجموعه مقدم (ورودی)	اشتراک	سطح
C5	۵	۵	۵	۴

گام پنجم: ترسیم مدل نهایی ساختاری تفسیری

دراین مرحله باتوجه به نتایج به‌دست‌آمده از تعیین سطح، در مرحله قبل، ترسیم مدل نهایی ابعاد صورت می‌گیرد و سپس برای تعیین روابط (جهت پیکان‌ها) از ماتریس خود تعاملی ساختاری (SSIM) استفاده خواهد شد (شکل ۳).



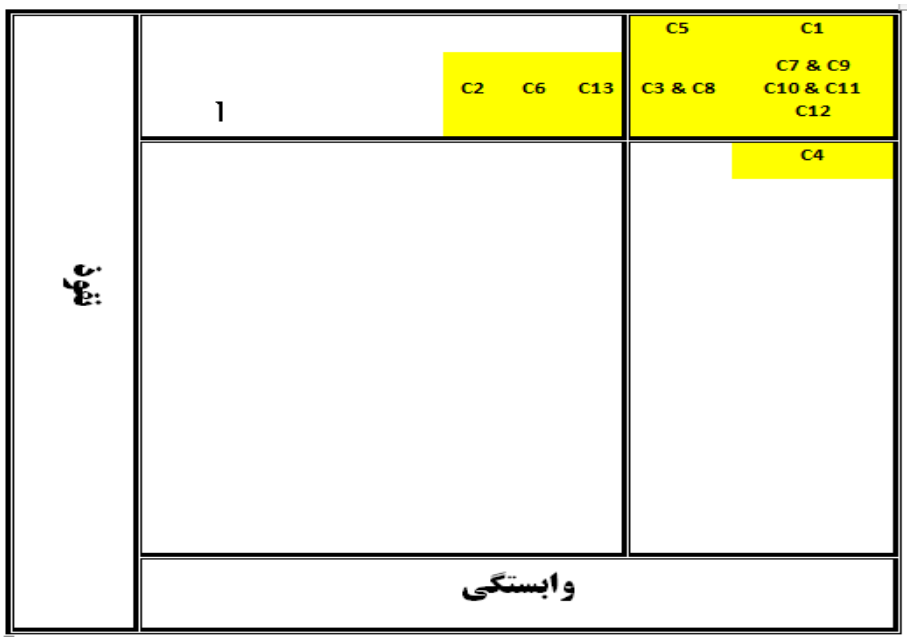
شکل ۳. ترسیم مدل نهایی ساختاری تفسیری

گام ششم: تعیین نفوذ و وابستگی ریسک‌ها

درنهایت نفوذ و وابستگی متغیرها برپایه رویکرد گفته‌شده در بخش روش تعیین شد (جدول ۱۳). همچنین، نتایج تحلیل MICMAC در شکل ۴ نشان داده شده است.

جدول ۱۳ نفوذ و وابستگی متغیرها

ابعاد	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13
نفوذ	13	12	12	11	13	12	12	12	12	12	12	12	12
وابستگی	13	9	12	13	12	10	13	12	13	13	13	13	11



شکل ٤. تحلیل MICMAC

با توجه به نتایج حاصل از تحلیل انجام‌شده، متغیرهای بالای جدول غیر ایستا هستند، زیرا هرنوع تغییر در آن می‌تواند سیستم را تحت تأثیر قرار دهد و درنهایت بازخورد سیستم نیز می‌تواند این ریسک‌ها را دوباره تغییر دهد؛ و به همین شکل، ریسک‌های طراحی دست بالا، نیروی کار غیر ماهر و کمبود قطعات همانند سنگ زیربنای اصلی خطوط تولید عمل می‌کنند و برای شروع کارکرد سیستم باید در وهله اول روی آن‌ها تأکید کرد.

در شکل ۵ نمودار چگونگی نمودار تأثیرپذیری و تأثیرگذاری ریسک‌ها نشان داده شده است. محور افقی در این نمودار نشان‌دهنده میزان تأثیرگذاری ریسک‌های مختلف و محور عمودی نشان‌دهنده میزان تأثیرپذیری آن‌ها می‌باشد. هرچه تأثیرپذیری یک دلیل بیشتر باشد بدین معنا است که آن دلیل تحت تأثیر دلایل بیشتری قرار داشته و در صورت وقوع سایر دلایل مرتبط با آن، احتمال وقوع آن دلیل افزایش می‌یابد ازاین‌رو مدیریت نمودن آن دلیل مشکل‌تر می‌باشد. از طرف دیگر هرچه تأثیرگذاری یک دلیل بر سایر دلایل بیشتر باشد، بدین معنا است که دلیل موردنظر یکی از دلایل مبنایی بوده

و مدیریت آن می‌تواند احتمال وقوع سایر دلایل مرتبط با آن را کاهش دهد.

شکل ۵. نمودار تأثیرپذیری و تأثیرگذاری گره‌های مختلف

نمودار ارائه‌شده در شکل ۵، به چهارمنطقه تقسیم‌بندی شده است. ناحیه اول مربوط به ریسک‌هایی است که دارای تأثیرپذیری و تأثیرگذاری زیادی بر سایر ریسک‌ها می‌باشند؛ که تنها ریسک «بهره‌وری پایین» در این ناحیه قرار گرفته است. بدین معنی که این ریسک هم دارای تأثیرگذاری زیادی بر سایر ریسک‌ها بوده و هم تأثیرپذیری زیادی از سایر ریسک‌ها دارد. تأثیرگذاری بالای این ریسک بر سایر ریسک‌ها نشان می‌دهد مدیریت مؤثر این ریسک علاوه بر اینکه خود منجر به کاهش پیامدهای منفی در طول خطوط تولید می‌شود، زمینه را برای کاهش تشدید سایر ریسک‌ها نیز فراهم می‌نماید. ناحیه دوم شامل آن دسته از ریسک‌هایی است که تأثیرگذاری کمی بر سایر

ریسک‌ها دارند اما تأثیرپذیری آنان از سایر ریسک‌ها بالا می‌باشد. به این ریسک‌ها بایستی توجه ویژه‌ای داشت زیرا مدیریت این دسته از ریسک‌ها مشکل بوده و وقوع سایر ریسک‌ها زمینه را برای وقوع آنان مهیا می‌نماید؛ که در این پژوهش هیچ‌یک از ریسک‌ها در این ناحیه قرار نگرفته‌اند. ناحیه سوم شامل آن دسته از دلایل را در خود جای داده است که تأثیرگذاری آنان بر سایر دلایل و همچنین تأثیرپذیری آن‌ها از سایرین کم می‌باشد. «طراحی دست بالا»، «خطا در طراحی»، «پایین بودن انگیزش»، «عدم رعایت اصول ایمنی»، «بروز حوادث»، «تأخیر در سفارش‌ها و تأمین اقلام کاری»، «کمبود قطعات» ریسک‌هایی بودند که در این ناحیه واقع‌شده‌اند. ازنظر تحلیل استاتیکی اهمیت این دلایل نسبت به سایرین، در مدیریت تغییرات کمتر می‌باشد. ناحیه چهارم شامل آن دسته از دلایل می‌باشند که تأثیرگذاری آنان بر سایرین زیاد می‌باشد اما تأثیرپذیری‌شان از سایرین کم است. «کمبود منابع مالی»، «ضعف در نظارت»، «دوباره‌کاری در اجرا»، «نیروی کار غیر ماهر»، «شرایط بد آب و هوایی» ریسک‌هایی بودند که در این ناحیه قرار گرفته‌اند. بدین معنی که تأثیرگذاری این ریسک‌ها بر سایر ریسک‌های خطوط تولید زیاد می‌باشد. به‌بیان‌دیگر این ریسک‌ها می‌توانند زمینه را برای وقوع دیگر ریسک‌ها فراهم نمایند. مدیریت این ریسک‌ها می‌تواند منجر به کاهش تأثیرات منفی برخی ریسک‌ها گردد.

جدول ١٤. ارزیابی نهایی و مقایسه رتبه‌بندی ریسک‌ها در دو چارچوب FMEA و FCM

		FMEA		تحلیل استاتیک		تحلیل دینامیک	
کد ریسک‌ها	ریسک‌ها	رتبه‌بندی	RPN مقادیر	رتبه‌بندی	مقادیر مرکزیت	رتبه‌بندی	مقادیر نهایی
C1	کمبود منابع مالی	۸	۱۸	۲	3.721	۲	0.922
C2	طراحی دست بالا	۷	۲۴	۱۳	0.748	۱۳	0.719
C3	خطا در طراحی	۶	۲۷	۹	2.095	۸	0.806
C4	ضعف در نظارت	۵	۳۲	۴	3.132	۱۲	0.760
C5	دوباره‌کاری در اجرا	۴	۳۶	۳	3.185	۳	0.919
C6	نیروی کار غیر ماهر	۹	۱۶	۵	2.819	۱۰	0.792

		FMEA		تحلیل استاتیک		تحلیل دینامیک	
کد ریسک‌ها	ریسک‌ها	رتبه‌بندی	RPN مقادیر	رتبه‌بندی	مقادیر مرکزیت	رتبه‌بندی	مقادیر نهایی
C7	پایین بودن انگیزش	۱	۱۰۰	۱۱	1.422	۷	0.815
C8	بهره‌وری پایین	۳	۶۰	۱	7.419	۱	0.997
C9	عدم رعایت اصول ایمنی	۴	۳۶	۶	2.688	۵	0.893
C10	شرایط بد آب و هوایی	۴	۳۶	۱۰	2.011	۱۱	0.764
C11	بروز حوادث	۷	۲۴	۷	2.547	۴	0.911
C12	تأخیر در سفارش‌ها و تأمین اقلام کاری	۸	۱۸	۸	2.286	۶	0.860
C13	کمبود قطعات	۲	۶۴	۱۲	1.309	۹	0.805

ارزیابی نهایی ریسک‌ها

در این مرحله با توجه به اهداف پژوهشی در نظر گرفته‌شده ابتدا ریسک‌های حوزه خطوط تولید با استفاده از رویکرد FMEA شناسایی شدند و سپس با استفاده از روش FCM طراحی شبکه فازی انجام‌شده و درنهایت با استفاده از رویکرد ISM تحلیل نفوذ و وابستگی ریسک‌ها انجام شد. در جدول ۱۳ رتبه‌بندی ریسک‌ها با توجه به روش‌های مختلف نشان داده شده است.

با توجه به جدول ۱۰ رتبه‌بندی ریسک‌ها با رویکرد FMEA به این صورت است که به ترتیب پایین بودن انگیزه، کمبود قطعات، بهره‌وری پایین، دوباره‌کاری در اجرا و ضعف در نظارت رتبه‌های ۱ تا ۵ را به خود اختصاص داده‌اند.

پس از محاسبه آن در کنش‌های ریسک‌ها بر هم در تحلیل دینامیک FCM عامل پایین بودن انگیزه از رتبه ۱ به ۷ نزول پیدا می‌کند. همچنین رتبه اول و دوم را عوامل بهره‌وری پایین و کمبود منابع مالی کسب می‌کنند.

بحث و نتیجه‌گیری

در بسیاری از حوزه‌ها تصمیم‌گیری بستگی به متغیرهای بسیاری دارد. البته این متغیرها خود

نسبت به زمان قابل‌تغییرند. اما از طرفی خود این متغیرها که بر تصمیم‌گیری تأثیرگذارند، بر روی یکدیگر نیز تأثیرات سببی دارند. پس تصمیم‌گیری در یک محیط پویا و درعین‌حال پیچیده صورت می‌گیرد. تحلیل ریسک تکنیکی است برای شناسایی و ارزیابی عواملی که ممکن است موفقیت یک پروژه یا دستیابی به یک هدف را به مخاطره بیندازند. برای مشخص کردن میزان بحرانی بودن یک شکست می‌توان به این صورت عمل کرد که، هر فعالیت حرفه‌ای با توجه به آثار مختلفی که گریبان گیر کسب‌وکار موردنظر خواهد شد از قبیل متوقف شدن، ازکارافتادن یا تغییرات اساسی باید موردتوجه قرار گیرد. یکی از ابزارهای تحلیل ریسک، روش حالات شکست و تجزیه‌وتحلیل اثرات (FMEA) است که ابزاری مفید و کاربردی در ارزیابی مداوم شکست‌های بالقوه و پیش‌بینی و پیشگیری از وقوع آن‌ها است. این مدل راهی برای کارشناسان است تا دانش، تجربیات و تفکرات خود را در فرم رسمی، مستند و ساخت‌یافته ارائه دهند. پس از تکمیل فرم کاربرگ FMEA، فهرست موارد بحرانی تحلیل‌گر را قادر می‌سازد تا نقاط آسیب‌پذیر سیستم را به‌صورت دقیق مشخص نماید و امنیت، کیفیت و قابلیت اطمینان تا میزان زیادی در مرحله طراحی و تولید محصول بالا رود. بزرگ‌ترین مشکل در مدل FMEA این است که ارتباط بین مخاطرات و اثری که ممکن است بر یکدیگر داشته باشند، در نظر گرفته نمی‌شود، بنابراین نتایج دقیقی برای تصمیم‌گیری در مورد سیستم موردنظر نخواهیم داشت. در اینجا برای برطرف کردن برخی مشکلات موجود در روش FMEA، از روش نقشه‌های شناختی فازی (FCM) استفاده شده است، که این روش نیز از ابزار اولویت‌بندی و پیش‌بینی مخاطرات سیستم است. این روش به دلیل داشتن مزیت‌هایی چون انعطاف‌پذیری و قابلیت سازگاری، سهولت در کاربرد، داشتن سرعت‌بالا، در نظر گرفتن اثر مخاطرات بر یکدیگر، مدل‌سازی نمادین برای درک بیشتر و تصمیم‌گیری راحت‌تر و استفاده از مقادیر زبانی جای اعداد قطعی، انتخاب شده است. ازاین‌رو پس از شناسایی حوزه‌های اصلی ریسک‌های شناسایی‌شده ریسک‌های خطوط تولیدگرید بندی شدند و بر اساس آن رویکرد نقشه‌های شناختی فازی توسعه داده شد و ۱۳ ریسک شناسایی‌شده مورد تحلیل قرار گرفتند. سپس

با استفاده از رویکرد مدل‌سازی ساختاری تفسیری، همبستگی همان ریسک‌ها ارزیابی‌شده و مورد تحلیل قرار گرفتند.

درنهایت به جهت اصلاح ریسک‌های شناسایی‌شده راه‌حل‌های ذیل به‌منظور کاهش تأثیر منفی شکست‌هایی که دارای اولویت هستند به شرکت ایساکو پیشنهاد می‌شود:

۱. ازآنجاکه بهره‌وری پایین هم تأثیرگذاری بالاتری بر ریسک‌های دیگر دارد و هم از سایر ریسک‌ها تأثیرپذیری بالایی دارد لذا باید در بالاترین اولویت موردتوجه قرار گیرد. اقدامات زیر برای کاهش اثرگذاری این ریسک پیشنهاد می‌شود.

- بازرسی دوره‌ای کوتاه از خط تولید و تعامل مداوم اطلاعات در مورداستفاده صحیح از نتایج بازرسی
- در زمان ورود مواد اولیه توسط بخش کنترل کیفیت، بازرسی و نمونه‌برداری بیشتری انجام شود.
- استفاده مضاعف و هدفمند از تست‌های آزمایشگاهی مرتبط با محصولات با بازگشت بالا
- آموزش اپراتورها جهت ارتقاء بهره‌وری در بهره‌برداری از ماشین‌آلات

۲. برپایه تحلیل انجام‌شده ریسک کمبود قطعات در اولویت بالایی قرار دارد. ازاین‌رو، انتخاب و بستن قرارداد با شرکت‌های حمل‌ونقل برای ارسال و دریافت به‌موقع محصولات می‌تواند به‌عنوان یک اقدام کلیدی به‌حساب آید.

۳. انتخاب و بستن قرارداد با شرکت‌های حمل‌ونقل برای ارسال و دریافت به‌موقع محصولات، ریسک تأخیر در سفارش را می‌تواند به شکل مطلوبی کاهش دهد.

۴. استقرار استانداردهای ایمنی مانند ISO 54001 پتانسیل‌های وقوع حوادث و مسائل مرتبط با ایمنی را می‌تواند کاهش دهد.

ازآنجاکه خبرگان شرکت‌کننده در فرایند ارزیابی ریسک‌ها از صنعت تأمین قطعه انتخاب شدند برای ارائه نتایج درست نیاز به دانش کافی در این حوزه داشتند. ازاین‌رو، یکی از محدودیت‌های این پژوهش نبود دانش کافی در این حوزه به‌ویژه خبرگان

ارزیابی‌کننده بود. از سوی دیگر، نداشتن زمان کافی که ناشی از مشغله فراوان این خبرگان بود، فراهم کردن امکان آموزش با اثربخشی بالا را برای پژوهشگران کاری سخت می‌نمود. اقدام اصلاحی صورت گرفته در این بخش ارائه آموزش‌های مقطعی همراه با طرح موضوع بود که بتوان در زمان مشخصی نتایج ارزیابی‌ها را به شکل مطلوبی جمع‌آوری کرد.

در پژوهش‌های آتی استفاده از مدل ترکیبی ISM با تکنیک‌های تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه پیشنهاد می‌شود. در این راستا می‌توان اثرگذاری‌ها و اثرپذیری‌های استخراج‌شده در ISM را در یک مدل تصمیم‌گیری مانند ANP مورد تحلیل قرار داد و ریسک‌ها را وزن‌دهی کرد. همچنین، استفاده از سایر مدل‌های کمی مدیریت ریسک مانند تئوری بیز و دریافت بازخورد وضعیت موجود در تحلیل نتایج ارزیابی ریسک می‌تواند در آینده مورد استفاده قرار گیرد.

تعارض منافع

این مقاله فاقد تعارض منافع است.

سپاسگزاری

از تمامی مدیران و کارمندان محترم شرکت ایساکو صمیمانه سپاسگزاریم.

ORCID

Mohammad Javad Ershadi **https://orcid.org/1000-0002-7006-7580**

Amir Azizi **https://orcid.org/0000-0001-7217-9503**

Majid Mohajeri **https://orcid.org/1000-0001-7127-3059**

References

Abdali. Abdallah, Valian. Siamak et al. (2018), Conceptualization of the structural-interpretive model of ISM in the accounting profession based on the critical evaluation method: *Danesh Scientific Research Journal*, Volume 8, Number 30, Pages 148-129.

Ahmadi, S., Yeh, C. H., Martin, R., & Papageorgiou, E. (2015). Optimizing ERP readiness improvements under budgetary constraints: *International Journal of Production.*

Alfat.Ahmed, Shahriari Niya.Ali (2013), structural interpretative modeling of factors influencing the selection of partners in agile supply chain: *Journal of Production and Operations Management*, Volume 5, Number 2, Pages 128-109.

Ali Pournilash.Skineh, Sanei Far.Majid, Karimnejad.Mohammed, Islami.Ali, Kazemi.Moharram, Tariqat Zamir.Mohammed (2018), Assessment and Management of Environmental Risks of Technical and Engineering Units of Pegah Pasteurized Milk Company, Gilan: The 4th Congress International Development of Agriculture, Natural Resources, Environment and Tourism of Iran, Tabriz, Islamic Art University of Tabriz, Permanent Secretariat-Miad University and in cooperation with Shiraz University, Yasouj University and Mazandaran University.

Alizadeh.Davoud, Irajpour.Alireza (2017), identification and analysis of process damages with P-FMEA method and prioritization of the executive solutions of damages with MADM method: a case study of Qazvin Marinasan factory, the fifth national conference of applied researches in management and Accounting, Tehran, Iran Management Association.

Arvanitoyannis, I. S., & Varzakas, T. H. (2008). Application of ISO 22000 and Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) for industrial processing of salmon: A case study.*Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 48(5), 411–429.

Bağdatlı, M. E. C., Akbıyıklı, R., & Papageorgiou, E. I. (2017). A fuzzy cognitive map approach applied in cost– benefit analysis for highway projects: *International Journal of Fuzzy Systems*, 19(5), 1512–1527.

Baghbani.Mohammed, Iranzadeh.Soliman, Baqerzadeh Khajeh.Majid (2017), *necessary steps and tools for the effective implementation of PFMEA in production organizations*: Standard and Quality Management Quarterly.

Baynal, K., Sarı, T., & Akpınar, B. (2018). Risk management in automotive manufacturing process based on FMEA and grey relational analysis: A case study. *Advances in Production Engineering & Management*, 13(1), 69–80.

Berjis, N., Shirouyehzad, H., & Tavakoli, M. M. (2015). Considering the effect of critical success factors of knowledge management on safety management and determining the principle components of both attitudes in Isfahan car industry: *International Journal of Process Management and Benchmarking*, 5(4), 515–532.

Bhuvanesh Kumar, M., & Parameshwaran, R. (2018). Fuzzy integrated QFD, FMEA framework for the selection of lean tools in a manufacturing organization: *Production Planning & Control*. https://doi.org/10.1080/09537287.2018.1434253.

Bowles, J. B., & Peláez, C. E. (1995). Fuzzy logic prioritization of failures in a system failure mode, effects and criticality analysis: *Reliability Engineering & System Safety*,50(2), 203–213.

Case, D. M., & Stylios, C. D (2016, December) Introducing a Fuzzy Cognitive Map for modeling power market auction behavior: In *2016 IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI)* (pp. 1-8), IEEE.

Certa, A., Enea, M., Galante, G. M., & La Fata, C. M. (2017). ELECTRE TRI-based approach to the failure modes classification on the basis of risk parameters: An alternative to the risk priority number. *Computers & Industrial Engineering*, 108, 100–110.

Chanamool, N., & Naenna, T. (2016). Fuzzy FMEA application to improve decisionmaking process in an emergency department: *Applied Soft Computing*, 43, 441–453.

Chang, K. H., & Cheng, C. H. (2011). Evaluating the risk of failure using the fuzzy OWA and DEMATEL method: *Journal of Intelligent Manufacturing*, 22(2), 113–129.

Chin, K. S., Wang, Y. M., Poon, G. K. K., & Yang, J. B. (2009). Failure mode and effects analysis by data envelopment analysis: *Decision Support Systems*, 48(1), 246–256.

Cornejo, E. J. R. (2019). Productivity Enhancement Using Process Failure Mode and Effect Analysis (PFMEA) At Z Company Philippines Corporation: *Journal of Recent Innovations in Academic Research*, *3*(1), 161-171.

Dabbagh, R., & Yousefi, S. (2019). A hybrid decision-making approach based on FCM and MOORA for occupational health and safety risk analysis: *Journal of safety research*, *71*, 111-123.

Dogu, E., & Albayrak, Y. E. (2018). Criteria evaluation for pricing decisions in strategic marketing management using an intuitionistic cognitive map approach. *Soft Economics*, 161, 105–115.

El Hassan, A., Dina, S., Elsherpieny, E. A., Kholif, A. M., & Khorshid, M. A. (2017). The role of failure mode and effects analysis in improving the quality performance of dairy laboratories: *Journal of Food Safety*,

37(4), https://doi.org/10.1111/jfs.12364.

Erbay, B., & Özkan, C (2018) Fuzzy FMEA Application Combined with Fuzzy Cognitive Maps to Manage the Risks of a Software Project. *European Journal of Engineering and Formal Sciences*, *2*(2), 7-22.

Esfahanipour. Akbar, Fakhrabadi. Mehnaz (2014), *risk analysis with the combined model of failure mode and effects analysis (FMEA) and fuzzy cognitive map (FCM):* the third international accounting and management conference, Tehran, Mehr Eshraq conference institute.

Ferreira, F. A., Ferreira, J. J., Fernandes, C. I., Meidutė-Kavaliauskienė, I., & Jalali, M. S. (2017). Enhancing knowledge and strategic planning of bank customer loyalty using fuzzy cognitive maps: *Technological and Economic Development of Economy*, 23(6), 860–876.

Gao, M., Shao, X., & Chi, H. (2013).Safety risk assessment and improvement in a food production process. Human and Ecological Risk Assessment: *An International Journal*, 19(5), 1359–1371.

Garcia, P. A. D. A., Junior, L., Curty, I., & Oliveira, M. A. (2013). A weight restricted DEA model for FMEA risk prioritization: *Production*, 23(3), 500–507.

Hemad Hamedi and Amir Mehdiabadi (2020) Entrepreneurship resilience and Iranian organizations: application of the fuzzy DANP technique. *Asia Pacific Journal of Innovation and Entrepreneurship* Vol. 14 No. 3, 2020 pp. 231-247 Emerald Publishing Limited e-ISSN: 2398-7812 p-ISSN: 2071-1395 DOI 10.1108/APJIE-10-2019-0074.

Höfig, K., Klein, C., Rothbauer, S., Zeller, M., Vorderer, M., & Koo, C. H. (2019, September). A Meta-model for Process Failure Mode and Effects Analysis (PFMEA): In *2019 24th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA)* (pp. 1199-1202). IEEE.

Jitesh Thakkar, S.G. Veshmukh, A.V. Gupta anV Ravi Shankar, (2017). "Vevelopment of a balanceV scorecarV An integrateV approach of Interpretive Structural MoVeling (ISM) anV Analytic Network Process (ANP)": *International Journal of ProVuctivity anV Performance Management*, 56 (1), 25-59.

Jodki. Maryam, Hasanpour. Hosseinali (2017), Prioritization of effective factors on improving employee productivity using the Network Analysis Process (ANP) technique: a case study of Iran's National Standards Organization, Scientific and Promotional Quarterly of Standard and Quality Management, 8th year, number 2, consecutive 29, autumn 2017.

Kardaras, D., & Karakostas, B. (1999). The use of fuzzy cognitive maps to simulate the information systems strategic planning process: *Information and Software Technology*,41(4), 197–210.

Kosko, B. (1986).Fuzzy cognitive maps: Int*ernational Journal of Man-machine Studies*,24(1), 65–75.

Mashhadi Keshtiban, P., Onari, M. A., Shokri, K., & Jahangoshai Rezaee, M. (2022). Enhancing risk assessment of manufacturing production process integrating failure modes and sequential fuzzy cognitive map. *Quality Engineering*, 1-14.

Mehri.Dariush, Zamani.Reza, Vathouqi.Abdallah, Namdar.Hossein (2018), Presenting a model for identifying human capital indicators in a military university with the combined approach of ISM ANP: *Scientific Journal of Human Resource Management Research of Imam Hossein University (AS)*

Moinzad Hossein (2012), risk analysis in information technology management using fuzzy cognitive maps: 10th International Industrial Engineering Conference, Tehran, Iran Industrial Engineering Association, Amir Kabir University of Technology.

Nik Pishe Kouh Jahri. Fatemeh, Maruti. Maryam, Sadeghi Nia. Majid, Amanat Yazdi. Leila (2017), Investigating EFMEA Method Capability in Environmental Risk Assessment and Management: Third International Conference on Civil Engineering, Architecture and Urban Design, Tabriz, Secretariat Permanent Conference, Miyad University in collaboration with Tabriz University of Islamic Art, Khwarazmi University, Shahrekord University.

Peter Madzık, Arash Shahin (2020). QUALITY PAPER Customer categorization using a three-dimensional loyalty matrix analogous to FMEA: *International Journal of Quality & Reliability Management Emerald Publishing Limited* 0265-671X DOI 10.1108/IJQRM-05-2020-0179.

Razi.Ali, Hosseini.Mohammed (2017), Proposing a new model of failure mode and effect analysis for clustering and ranking the production process: *International Journal of Productivity and Quality Management*, Volume 21, Number 1, pp. 71-45.

Rezaee, M. J., Yousefi, S., Eshkevari, M., Valipour, M., & Saberi, M. (2020) Risk analysis of health, safety and environment in chemical industry integrating linguistic FMEA, fuzzy inference system and fuzzy DEA: *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, *34*(1), 201-218.

Rezaei. Alireza, Yousefi. Habib Elah (2018), An intelligent decision-making method to identify and analyze airport risks: *Aviation Management Journal*, No. 68, pp. 27-14.

Rezaei.Alireza, Salimi.Younes, Yousefi.Ebrahim (2017), Identifying and managing failures in the stone processing industry using cost-based FMEA: *International Journal of Advanced Manufacturing*

Technology, Volume 88, Number 9-12, Pages 3339-3349.

Safdari.Shayan, Mansour.Mohammed Amin, Azami.Ali (2013), Prioritization and interaction analysis between factors affecting the success of new product development projects through ISM and DEMATEL methods: *Journal of Production and Industrial Operations Management*, Volume 6, Number 1. Page 149-170.

Talebpour. Mohammad, Ahmadi. Sina (2008), intelligent evaluation of FCM fuzzy cognitive map: Eye magazine. *Management style*, volume 8, number 30, page 28-9.

Thi Quynh Mai Pham, Gyei Kark Park and Kyoung-Hoon Choi. (2020). The efficiency analysis of world top container ports using two-stage uncertainty DEA model and FCM: *Maritime Business Review Emerald Publishing Limited* 2397-3757 DOI 10.1108/MABR-11-2019-0052.

Visi.Ali, Khodabakhshian.Rosoul, Rohani.Abbas (2017), *Rating and Failure Analysis of CNC Machine Lubrication System Based on FFMEA Technique: Fourth International Conference on Industrial and Systems Engineering*, Mashhad, Ferdowsi University of Mashhad.

Yousefi Hanumorur.Ahmed, Rafogarzadeh.Mahdieh, Ibni.Mohsen, Khoza E.Syed Amir (2018), *Identifying and evaluating the impact of project risks based on the PMBOK standard with FCM approach*: The 4th International Industrial Management Conference, Yazd, Yazd University, Anjuman Iranian Industrial Management Science.

Yousefi. Habib Elah, Hojat Panah. Shayan, Mahoud. Mohammad, Mohammad Khani. Mohsen (2018), *Investigating the impact of risk management in the construction of a cement factory with a sustainable development approach: a case study of the Nizar cement factory in Qom*, the third national conference on strategies to achieve development Sustainable in Iran's Architecture and Urban Planning Sciences, Tehran-Center, Sustainable Development Conferences of Iran, Center for Sustainable Development Solutions.

استناد به این مقاله: ارشادی، محمدجواد.، عزیزی، امیر.، مهاجری، مجید. (۱۴۰۱). مدل ارزیابی و رتبه‌بندی ریسک‌های زنجیره تأمین قطعات خودرو با استفاده از نقشه ذهنی فازی و مدل‌سازی ساختاری تفسیری ، *فصلنامه مطالعات مدیریت صنعتی*، ۲۰(۶۷)، ۱۲۱-۱۵۸.

DOI: 10.22054/jims.2022.59120.2617

Industrial Management Studies is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.