Journal of Structural and Construction Engineering, 12(02), 2025, pp. 126-142

Journal of Structural and Construction Engineering

www.jsce.ir

Identification and evaluation of supply chain risks in road construction projects

Farima Qaraqanabadi[1], Hamed Sarkardeh[2]*

1- MSc Strudent of Deprtment of Civil Engineering, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran
2- Associate Professor of Deprtment of Civil Engineering, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran

ABSTRACT

The purpose of this research is to examine the supply chain of road construction projects and identification of risks and hazards that threaten the supply chain of this important industry. Then, the evaluation of these risks was performed, the importance of each risk and the reasons for higher importance of some ones were determined, and finally, suggestions and solutions to reduce these risks were presented. In order to achieve the mentioned goals, literature review for risk identification, interviews with experts and benefiting from their opinions were done. Failure mode and effects analysis was used for risk ranking and prioritization. The study and investigation carried out on the supply chain of road construction projects led to 36 main supply chain risks that threaten this industry. Risks were categorized into three parts: environmental, network, and organizational risks. According to the analysis, about 70% of the risks were placed in critical and semi-critical levels. Among the most important risks that were placed at a high-risk level are the risks of exchange rate changes, economic sanctions, lack of cash, delays in performing tasks, natural disasters, lack of correct and sufficient knowledge about the location of the project and the error in determining the project requirements.

ARTICLE INFO

Receive Date: 06 June 2024
Revise Date: 17 August 2024
Accept Date: 06 September 2024

Keywords:
Supply chain
Risk identification
Risk evaluation
Road construction
Project Management

All rights reserved to Iranian Society of Structural Engineering.

doi: 10.22065/jsce.2024.413551.3366

*Corresponding author: Hamed Sarkardeh
Email address: sarkardeh@hsu.ac.ir

نشریه مهندسی سازه و ساخت
(علمی - پژوهشی)
www.jsce.ir

Journal of Structural and Construction Engineering
JSCE
نشریه علمی-پژوهشی مهندسی سازه و ساخت

شناسایی و ارزیابی ریسک‌های زنجیره تأمین در پروژه‌های راهسازی

فریما قراغان آبادی[۱]، حامد سرکرده[۲*]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

۲- دانشیار گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

چکیده

در این پژوهش، به بررسی زنجیره تأمین پروژه‌های راهسازی و شناسایی ریسک‌ها و خطراتی که زنجیره تأمین این صنعت مهم را تهدید می‌کنند پرداخته می شود. سپس بررسی و ارزیابی این ریسک‌ها و تعیین میزان اهمیت و خطر هر کدام و بیان دلایل اهمیت بالاتر برخی از ریسک‌ها و در نهایت نیز ارائه پیشنهادها و راهکارهایی جهت کاهش خطر آن‌ها انجام می شود. به‌منظور دست‌یافتن به اهداف نامبرده شده، جهت شناسایی ریسک‌ها، از مطالعات کتابخانه‌ای مصاحبه با خبرگان و بهره‌مندی از نظرات آن‌ها استفاده شده است. همچنین جهت رتبه‌بندی و اولویت‌بندی ریسک‌ها از روش تحلیل حالات شکست استفاده شده است. مطالعه و بررسی انجام شده در خصوص زنجیره تأمین پروژه‌های راهسازی در این پژوهش به ۳۶ مورد ریسک اصلی زنجیره تأمین که این صنعت را تهدید می‌کنند منجرب شده است. این ریسک‌ها در سه بخش ریسک‌های محیطی، شبکه و سازمانی دسته‌بندی شده‌اند. با تحلیل‌هایی که صورت گرفت، حدود ۷۰٪ از ریسک‌ها در وضعیتی با سطح خطر بحرانی و نیمه بحرانی قرار گرفتند. از جمله مهم‌ترین ریسک‌هایی که در سطح خطر بالایی قرار گرفتند می‌توان به ریسک‌های تغییرات نرخ ارز، تحریم اقتصادی، کمبود مقدار نقدینگی، تأخیر در انجام فعالیت‌ها، حوادث طبیعی، عدم شناخت صحیح و کافی از محل اجرای پروژه و خطا در تعیین نیازهای پروژه اشاره نمود.

کلمات کلیدی: زنجیره تأمین، شناسایی ریسک، ارزیابی ریسک، پروژه‌های راهسازی

سابقه مقاله:					شناسه دیجیتال:
دریافت	بازنگری	پذیرش	انتشار آنلاین	چاپ	10.22065/jsce.2024.413551.3366
۱۴۰۳/۰۳/۱۶	۱۴۰۳/۰۵/۲۷	۱۴۰۳/۰۶/۱۶	۱۴۰۳/۰۶/۱۶	۱۴۰۴/۰۲/۳۱	doi: https://doi.org/10.22065/jsce.2024.413551.3366

*نویسنده مسئول: حامد سرکرده

پست الکترونیکی: sarkardeh@hsu.ac.ir

۱- مقدمه

زنجیره تأمین متشکل از افراد، سازمان‌ها، منابع، اطلاعات و فعالیت‌هایی است که در تهیه و انتقال مواد یا خدمات موردنیاز پروژه از عرضه تا مصرف درگیر می‌باشند. در حالت کلی می‌توان گفت فعالیت‌های زنجیره تأمین، منابع خام و مواد اولیه را به‌ترتیب به محصولات و خدمات نهایی موردنظر پروژه برای مصرف‌کننده تبدیل می‌نمایند [۱]. در سال‌های اخیر اتفاقات و عوامل مختلفی همانند افزایش قیمت سوخت، شیوع بیماری‌های مختلف در نقاط مختلف دنیا، حملات تروریستی و مواردی از این قبیل زنجیره‌های تأمین را بسیار آسیب‌پذیر نموده‌اند. اختلالات مختلف در هر یک از مراحل زنجیره تأمین می‌توانند بر روی توانایی شرکت‌ها برای انجام عملیات مربوط به خود و یا به پایان رساندن عملیات زنجیره تأمین و ارائه خدمات کامل و درست تأثیر مستقیم داشته باشند [۴-۲]. امروزه با رشد روزافزون تجارت جهانی و میزان تولید و مصرف، استفاده از زنجیره‌های تأمین بزرگ و پیچیده برای توزیع بهتر مواد و خدمات موردنیاز پروژه‌ها گسترش یافته است که یکی از این موارد صنعت سدسازی است [۵]. زنجیره تأمین صنعت ساخت مانند صنایع دیگر در بردارنده مجموعه‌ای از سازمان‌هاست که برای فراهم آوردن مواد و خدمات مختلف گرد آمده‌اند. به‌منظور عملکرد بهینه و صحیح و بازدهی بالا، می‌بایست ریسک‌های مربوط به صنعت ساخت شناسایی شده و مورد ارزیابی و رتبه‌بندی قرار گیرند تا بتوان با تحلیل اطلاعات به‌دست آمده برای کاهش آثار ریسک‌ها چاره‌اندیشی نمود [۶]. ساخت جاده برای توسعه اقتصادی هر منطقه‌ای حیاتی است. اغلب کالاهایی که تولید می‌شوند چه غذا، لباس یا دارو باید در مراحل تولید و توزیع از طریق جاده‌ها جابجا شوند. راه‌ها لازمه توسعه اجتماعی- اقتصادی هستند. از بین تمام انواع حمل و نقل، حمل و نقل جاده‌ای از انواع دیگر حمل و نقل به انسان نزدیک‌تر است. علاوه بر این نگهداری و ساخت جاده ارزان‌تر از خطوط راه‌آهن، اسکله‌ها، بندرگاه‌ها و فرودگاه‌ها هستند [۷]. زنجیره تأمین پروژه‌های راهسازی به‌صورت یکپارچه تلقی می‌شوند. مدیریت پروژه‌های راهسازی به علت پیچیدگی و موقتی بودن ماهیت پروژه‌ها، چالش‌ها و محدودیت‌های بسیاری را در خود دارد. ساخت یک جاده در حالت کلی شامل مدیریت پروژه‌های جداگانه متعددی با مسئولیت‌هایی است که بین چندین پیمانکار مستقل تقسیم شده که مشارکت آن‌ها اغلب شامل مراحل جداگانه چرخه عمر کل پروژه می‌باشد. به منظور بهبود کارایی مدیریت ساخت، مشارکت و همکاری کارآمد بین تمام پیمانکاران پروژه راهسازی در سرتاسر طول عمر پروژه امری حیاتی است. به‌منظور انجام مدیریت صحیح ریسک پروژه و کنترل پیامدها، این امر به اداره راه سپرده شده است [۸].

در این پژوهش ابتدا با مطالعه ادبیات پیشین به شناسایی ریسک‌های زنجیره‌ی تأمین در پروژه‌های راهسازی و دسته‌بندی آن‌ها پرداخته شده و سپس با استفاده از نظرات افراد خبره اقدام به جمع‌آوری اطلاعات شده است. در نهایت میزان اهمیت این ریسک‌ها در بخش‌های اثرگذار بر روی هزینه، مدت اجرا و کیفیت اجرا با استفاده از روش FMEA[1] رتبه‌بندی و مورد ارزیابی قرار گرفته است.

۲- روش پژوهش

در راستای شناسایی ریسک‌های زنجیره تأمین پروژه‌های راهسازی ابتدا به شناسایی ریسک‌های زنجیره تأمین موجود در صنعت ساخت پرداخته شده و با استفاده از ابزارهای مطالعات کتابخانه‌ای و مرور ادبیات پیشین بیش از ۵۰ ریسک در این حوزه شناسایی شد [۹]. ارائه یافته‌های موضوعی براساس چهارچوب یافته‌های کروم و همکاران [۱۰] شش حوزه موضوعی مربوط به زمینه مدیریت زنجیره تأمین شامل مدیریت استراتژیک، لجستیک، بازاریابی، ارتباطات، بهترین شیوه‌ها و رفتار سازمانی را از هم متمایز می‌سازد. این چهارچوب همچنین دغدغه‌های هر حوزه را شناسایی و دسته‌بندی نموده و در نتیجه یک راهنمایی مشخص برای دسته‌بندی المان‌های اصلی فراهم می‌آورد. ساد و همکاران [۱۱] پژوهشی را در خصوص پیاده‌سازی ارتباطات مدیریت زنجیره تأمین در صنعت ساخت و ساز انجام داده‌اند. این پژوهش که بر مبنای بررسی پژوهش‌های پیشین و استفاده از دیدگاه متخصصان صنعت ساخت و ساز انجام شده، بیان می‌نماید که مدیریت زنجیره تأمین در تعداد کمی از سازمان‌های مرتبط با صنعت ساخت مورد توجه قرار گرفته است. اما با رخ دادن تغییراتی که در صنعت ساخت اتفاق افتاده بیان می‌شود که چگونه این صنعت باید به سوی پذیرش مدیریت زنجیره تأمین و بهبود ارتباطات خود حرکت نماید. شرما و تریودی

[1] Failure Mode and Effects Analysis

[۱۲] پژوهش خود را در خصوص تحلیل ریسک‌های پروژه‌های ساخت بزرگ‌راه‌ها ارائه نمودند. در این پژوهش بیان شده که ریسک‌ها در تمامی پروژه‌های صنعت ساخت و ساز می‌توانند بر روی هزینه تمام شده پروژه، مدت‌زمان و همچنین کیفیت اجرا تأثیرگذار باشند. سگرسته و الوفسن [۱۳] به تحقیق بر روی زنجیره تأمین در صنعت ساخت پرداختند. آن ها در تحقیق خود اشاره‌ای در مورد برخی از تفاوت‌ها و ویژگی‌های تولید در زنجیره تأمین صنعت ساخت نموده‌اند. در این پژوهش، نوسانات تقاضای بازار و افزایش پیچیدگی‌ها یکی از مشکلات و خطرهای صنعت ساخت و ساز معرفی شده است. ترکمن و همکاران [۱۴] به بررسی خطرات زنجیره تأمین در محیط‌های آشفته پرداخته‌اند و مدلی مفهومی از مدیریت ریسک زنجیره تأمین ارائه نموده‌اند.

مهاجری برج‌قلعه و همکاران [۱۵] به بررسی دلایل تأخیر از دیدگاه مدیریت ریسک در اجرای پروژه‌های راهسازی پرداخته و دریافتند که در میان معیارهای اصلی به‌ترتیب، مشکلات مالی و اعتباری، تملک اراضی، مشکلات مدیریتی، مشکلات فنی و حوادث طبیعی دارای بیشترین ریسک می‌باشند. در یافته‌های بقال‌زاده و همکاران [۱۶] درخصوص جنبه‌های مختلفی از جمله مراحل مدیریت ریسک، طبقه‌بندی ریسک‌های سطح خرد یا کلان، آشکار می‌سازد که در کنار تکنیک‌های رایج مانند نظرسنجی‌ها، مطالعات موردی و ابزارهای آماری، استفاده از تکنیک‌های هوش مصنوعی نیز از سال ۲۰۱۶ افزایش یافته است. محمود و همکاران [۱۷] به ارزیابی تأثیر مدیریت زنجیره تأمین در خصوص موفقیت زیرساخت پروژه‌های حمل و نقل با در نظر گرفتن عوامل محیطی داده‌ها از طریق جمع‌آوری پرسش‌نامه پرداخته‌اند. این پژوهش چهارچوبی برای مدیریت زنجیره تأمین مواد در تمام فازهای پروژه‌های راهسازی ارائه نموده است. این موضوع تضمین می‌کند که پیمانکاران مصالح مورد نیاز خود را در مدت‌زمان بهینه دریافت و با مقدار مورد نیاز و در پایین‌ترین قیمت ممکن دریافت نمایند. سعد و فاروغ [۱۸] براساس ارزیابی مطالعات پیشین در مورد مسائل مدیریتی، فنی، مالی، اجتماعی و عملیاتی، پروژه‌ها را تحلیل و مجموعه ای از ۳۲ ریسک را گردآوری نمودند. در این پژوهش بیش از ۳۰۰ نفر برای تعیین میزان احتمال بزرگی هر ریسک مورد نظرسنجی قرار گرفتند. براساس نتایج این پژوهش، پروژه‌های زیربنایی با بیشترین میزان ریسک مواجه بودند و فقدان وجود زیرساخت مناسب بزرگ‌ترین تهدید برای موفقیت‌آمیز بودن این پروژه‌ها ذکر شده است.

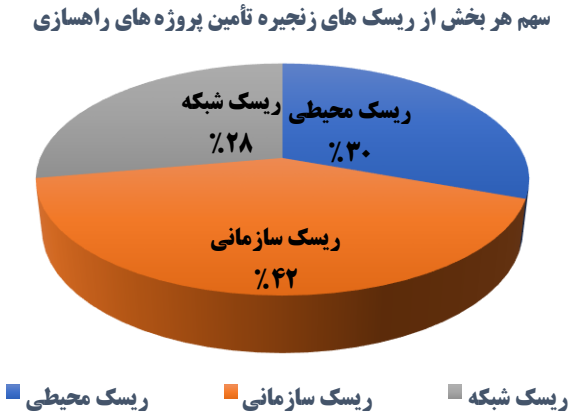
در این پژوهش باتوجه به مطالب ذکر شده، ابتدا ریسک‌های شناسایی شده با استفاده از تکنیک دلفی و با تهیه پرسشنامه در اختیار ۱۰ نفر از کارشناسان و خبرگان حوزه صنعت راهسازی قرار گرفت تا ریسک‌های مربوط به زنجیره تأمین پروژه‌های راهسازی تعیین شوند. تکمیل پرسشنامه در سه مرحله توسط این افراد صورت گرفت و هر بار تعداد ریسک‌های تعیین شده اندکی کاهش یافت تا اینکه در پایان مرحله سوم از حدود ۵۰ ریسک اولیه، تعداد ۳۶ ریسک مورد تأیید خبرگان و کارشناسان قرار گرفت. پس از مرحله شناسایی ریسک-های زنجیره تأمین پروژه‌های راهسازی، از دیدگاه منشأ بروز در سه دسته محیطی، شبکه و سازمانی دسته‌بندی شدند [۱۹]. ریسک‌های محیطی شامل تمام ریسک‌ها و عوامل بیرون از مجموعه است که موجب ایجاد عدم اطمینان در فعل و انفعالات زنجیره تأمین می‌گردد و می‌تواند ناشی از حوادث، اقدامات اجتماعی و سیاسی، بلایای طبیعی و ... باشد. ریسک‌های شبکه ناشی از تعامل بین سازمان‌ها و شرکت‌ها در مجموعه زنجیره تأمین می‌باشند. در واقع خسارت‌های ناشی از تعاملات غیرمتمرکز بین سازمان ها و ارگان‌ها در زنجیره تأمین در این بخش قرار می‌گیرند و ریسک‌هایی که به‌صورت مستقیم درون مرزهای سازمان اصلی که درگیر فرآیند تولید هستند قرار می‌گیرند، ریسک-های سازمانی محسوب می‌شوند. جهت جمع‌آوری اطلاعات لازم در راستای رتبه‌بندی و ارزیابی ریسک‌های شناسایی شده زنجیره تأمین پروژه‌های راهسازی از پرسشنامه‌ای که برمبنای روش FMEA تهیه شده، استفاده گردید. در این راستا هر یک از ریسک‌های شناسایی شده از نقطه‌نظرهای شدت اثرگذاری بر هزینه پروژه، احتمال وقوع و امکان تشخیص رخ دادن از ۱ تا ۵ امتیازدهی شدند. جامعه آماری مورد استفاده در این پژوهش شامل خبرگان و متخصصان حاضر در صنعت راهسازی کشور بودند که حداقل دارای ۱۵ سال سابقه حضور در پروژه‌های مختلف این صنعت را داشته‌اند. در پرسش‌نامه ها ابتدا اصطلاحات مورد استفاده (شدت اثر، احتمال وقوع، قابلیت کشف) تعریف شد و سپس درخصوص دسته‌بندی انواع ریسک (احتمال وقوع، امکان پیش‌بینی، شدت اثر بر مدت زمان اجرا و شدت اثر بر کیفیت اجرا) و نحوه‌ی امتیازدهی توضیح داده شده است. در نهایت نیز نظرسنجی از جامعه‌ی آماری از طریق جدول تنظیم شده صورت گرفته است.

۲-۱- روش دلفی

این رویکرد روشی سیستماتیک در پژوهش برای جمع‌آوری و جمع‌بندی نظرات گروه متخصصان در مورد یک موضوع و یا پرسش و یا رسیدن به اجماع گروهی از طریق پاسخ چند مرحله‌ای به پرسش‌نامه توسط خبرگان و متخصصین با حفظ گم‌نامی پاسخ‌دهندگان و ارائه نظرات آن‌ها به یکدیگر می‌باشد [۲۰]. ریسک‌های شناسایی شده زنجیره تأمین صنعت راهسازی به روش دلفی به همراه منشأ بروز در جدول ۱ نشان داده شده‌اند. چنان‌که در شکل ۱ نشان داده شده است، ۴۲٪ ریسک‌ها از نوع سازمانی، ۳۰٪ از نوع محیطی و ۲۸٪ از نوع شبکه می‌باشند.

جدول۱ : ریسک‌های زنجیره تأمین پروژه‌های صنعت راهسازی و منشأ بروز آن‌ها

ردیف	عنوان ریسک	منشأ بروز	ردیف	عنوان ریسک	منشأ بروز
۱	شیوه‌های پرداخت (نقد یا غیرنقد بودن)	سازمانی	۱۹	تغییر حکومت‌ها و رویکردهای سیاسی	شبکه
۲	تأخیر در پرداخت	سازمانی	۲۰	سرقت	شبکه
۳	تأخیر در تأیید کارهای انجام شده	سازمانی	۲۱	شرایط آب و هوایی نامناسب	شبکه
۴	اختلافات و اعتصابات کارگری	سازمانی	۲۲	بلایای طبیعی (زلزله، سیل، طوفان و ...)	شبکه
۵	عمر کوتاه محصولات	سازمانی	۲۳	شیوع بیماریهای واگیردار	شبکه
۶	عدم وجود تکنولوژی های موردنیاز	سازمانی	۲۴	مسائل و مشکلات مربوط به اخذ مجوزهای دولتی	شبکه
۷	استفاده ناصحیح از تکنولوژی	سازمانی	۲۵	تغییرات در قوانین، مقررات و سیاستهای دولت	شبکه
۸	وجود قوانین غیرقابل اجرا	سازمانی	۲۶	وجود موانع طبیعی مانند کوه، رودخانه، درخت و...	شبکه
۹	اختلالات حمل و نقل	سازمانی	۲۷	کمبود مواد اولیه	محیطی
۱۰	گزارشهای نادرست از میزان پیشرفت کار	سازمانی	۲۸	کمبود مقدار نقدینگی	محیطی
۱۱	خطا در تعیین نیازهای پروژه	سازمانی	۲۹	تأخیر در مراحل اجرای پروژه	محیطی
۱۲	تغییر در برنامه‌ها و کلیات پروژه	سازمانی	۳۰	تغییرات در سهامداران اصلی شرکت پیمانکار	محیطی
۱۳	در اختیار نداشتن زمان کافی برای اجرای پروژه	سازمانی	۳۱	اختلالات بازاریابی	محیطی
۱۴	عدم رعایت موازین بهداشتی و ایمنی در محل کار	سازمانی	۳۲	عدم شناخت قوانین و یا برداشت نادرست از آنها	محیطی
۱۵	تغییر مالکیت پروژه	سازمانی	۳۳	عدم شناخت صحیح و کافی از محل اجرای پروژه	محیطی
۱۶	تحریم اقتصادی و تغییرات نرخ ارز	شبکه	۳۴	عدم شفافیت و وجود تعارض در قراردادها	محیطی
۱۷	تورم	شبکه	۳۵	کمبود مشاوران و پیمانکاران با تجربه	محیطی
۱۸	نوسانات قیمت مواد و تجهیزات	شبکه	۳۶	دوباره کاری ناشی از خطا	محیطی
ریسک‌های زیر جزء ۵۰ ریسک اولیه بودند که از نظر میزان اهمیت، مورد تأیید نهایی خبرگان و کارشناسان این پژوهش واقع نشد و جهت اطلاع در ذیل این جدول ذکر می‌گردد:					
۳۷	اعتصابات کارگری		۴۴	حملات تروریستی	
۳۸	کاهش ارزش پول ملی		۴۵	حمله هکرها	
۳۹	تغییر تعرفه گرکی		۴۶	بهره‌وری پایین پیمانکاران	
۴۰	تغییر قوانین صادرات و واردات		۴۷	تغییر در محدوده ساخت و ساز	
۴۱	جنگ		۴۸	وجود نقص یا پیچیدگی در تیم پروژه	
۴۲	قطع همکاری دولت‌ها		۴۹	وجود عدم قابلیت اطمینان در کیفیت کار ساخت	
۴۳	خطاها و حذفیات طراحی پروژه		۵۰	وضعیت نامناسب خاک	



شکل۱: نحوه توزیع ریسک‌های زنجیره تأمین پروژه‌های راهسازی از نظر منشأ بروز ریسک

۲-۲- روش FMEA

این روش نخستین بار برای تحلیل سیستماتیک حالت‌های شکست و پیامدهای متعاقب آن به‌ویژه در صنعت هوانوردی مورد استفاده قرار گرفت. مهم‌ترین هدف استفاده از روش FMEA، شناسایی حالت‌های شکست بالقوه در اجزای سیستم، تعیین علل، ارزیابی آثار آن‌ها بر عملکرد سیستم و در نهایت نیز تعیین روش‌هایی است که بتوان شانس وقوع پیامدها را کاهش و قابلیت تشخیص حالت‌های شکست را افزایش داد. در این روش از پارامتری به نام عدد اولویت ریسک (RPN[2]) برای محاسبه ریسک حالات مختلف شکست سیستم استفاده می‌شود که طبق رابطه (۱) از حاصلضرب سه فاکتور ریسک احتمال وقوع (O)، شدت پیامد (S) و قابلیت تشخیص (D) به دست می‌آید. هر چقدر مقدار RPN بزرگ‌تر باشد، احتمال رخ دادن حالت خرابی موردنظر نیز بیشتر خواهد بود [۲۱].

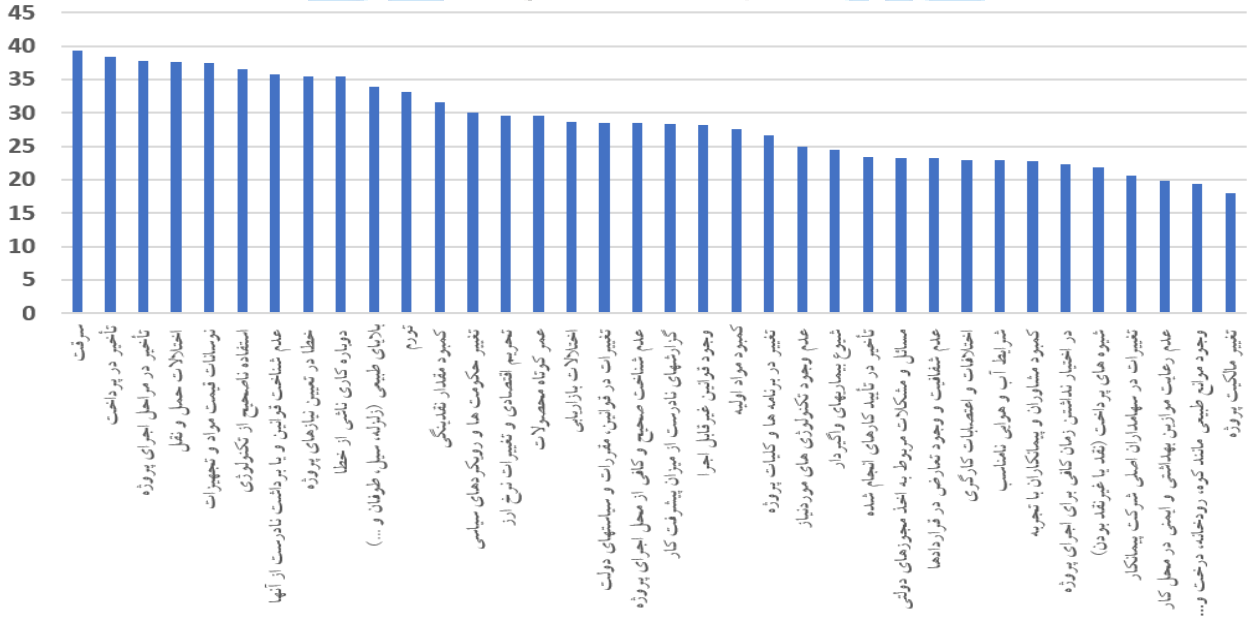
$$RPN = S \times O \times D \qquad (۱)$$

سه عامل موجود در رابطه (۱) با مقادیری بین ۱ تا ۵ (از بسیار کم تا بسیار زیاد) درجه‌بندی شده‌اند. عدد اولویت ریسک، مبنای اولویت‌بندی حالات خرابی یا ریسک‌ها می‌باشد که مقداری بین ۱ تا ۱۲۵ خواهد داشت [۲۲]. جدول‌های ۲، ۳ و ۴ ریسک‌های زنجیره تأمین پروژه‌های راهسازی را که براساس مقدار RPN رتبه‌بندی شده‌اند، به‌ترتیب از دیدگاه‌های میزان اثرگذاری بر هزینه، مدت و کیفیت اجرای پروژه نشان می‌دهند. همچنین این مفاهیم به‌صورت نمودارهایی در شکل‌های ۲، ۳ و ۴ نشان داده شده‌اند.

[2] Risk Priority Number

جدول۲ : ریسک‌های زنجیره تأمین پروژه‌های صنعت راهسازی و منشأ بروز آن‌ها

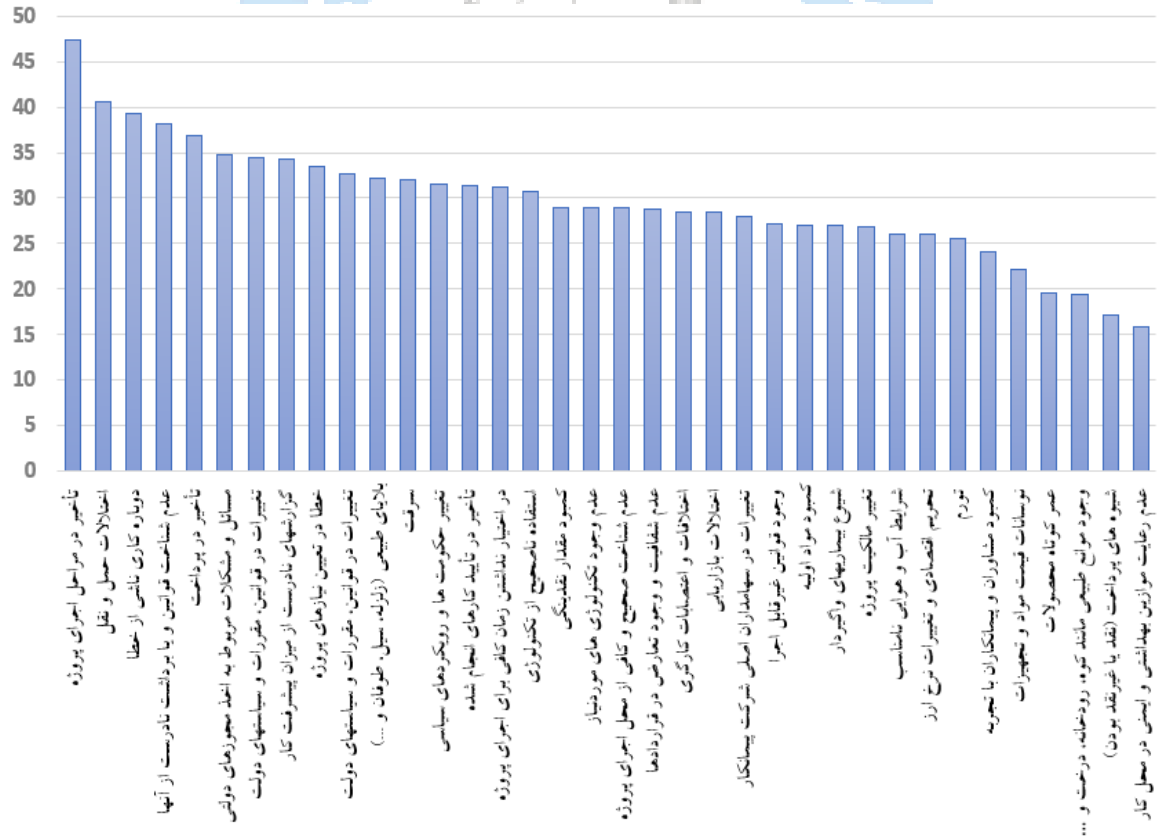
ردیف	عنوان ریسک	RPN	ردیف	عنوان ریسک	RPN
۱	سرقت	۳۹/۳	۱۹	گزارشهای نادرست از میزان پیشرفت کار	۲۸/۳
۲	تأخیر در پرداخت	۳۸/۴	۲۰	وجود قوانین غیرقابل اجرا	۲۸/۲
۳	تأخیر در مراحل اجرای پروژه	۳۷/۸	۲۱	کمبود مواد اولیه	۲۷/۶
۴	اختلالات حمل و نقل	۳۷/۶	۲۲	تغییر در برنامه ها و کلیات پروژه	۲۶/۷
۵	نوسانات قیمت مواد و تجهیزات	۳۷/۵	۲۳	عدم وجود تکنولوژی های موردنیاز	۲۴/۹
۶	استفاده ناصحیح از تکنولوژی	۳۶/۶	۲۴	شیوع بیماریهای واگیردار	۲۴/۴
۷	عدم شناخت قوانین و یا برداشت نادرست از آنها	۳۵/۷	۲۵	تأخیر در تأیید کارهای انجام شده	۲۳/۴
۸	خطا در تعیین نیازهای پروژه	۳۵/۵	۲۶	مسائل و مشکلات مربوط به اخذ مجوزهای دولتی	۲۳/۲
۹	دوباره کاری ناشی از خطا	۳۵/۵	۲۷	عدم شفافیت و وجود تعارض در قراردادها	۲۳/۲
۱۰	بلایای طبیعی (زلزله، سیل، طوفان و ...)	۳۳/۹	۲۸	اختلافات و اعتصابات کارگری	۲۲/۹
۱۱	تورم	۳۳/۱	۲۹	شرایط آب و هوایی نامناسب	۲۲/۹
۱۲	کمبود مقدار نقدینگی	۳۱/۶	۳۰	کمبود مشاوران و پیمانکاران با تجربه	۲۲/۷
۱۳	تغییر حکومت ها و رویکردهای سیاسی	۳۰/۱	۳۱	در اختیار نداشتن زمان کافی برای اجرای پروژه	۲۲/۳
۱۴	تحریم اقتصادی و تغییرات نرخ ارز	۲۹/۶	۳۲	شیوه های پرداخت (نقد یا غیرنقد بودن)	۲۱/۹
۱۵	عمر کوتاه محصولات	۲۹/۵	۳۳	تغییرات در سهامداران اصلی شرکت پیمانکار	۲۰/۶
۱۶	اختلالات بازاریابی	۲۸/۷	۳۴	عدم رعایت موازین بهداشتی و ایمنی در محل کار	۱۹/۸
۱۷	تغییرات در قوانین، مقررات و سیاستهای دولت	۲۸/۵	۳۵	وجود موانع طبیعی مانند کوه، رودخانه، درخت و...	۱۹/۴
۱۸	عدم شناخت صحیح و کافی از محل اجرای پروژه	۲۸/۵	۳۶	تغییر مالکیت پروژه	۱۸



شکل ۲: توزیع ریسک‌های زنجیره تأمین پروژه‌های راهسازی از دیدگاه میزان اثرگذاری بر هزینه

جدول ۳: رتبه‌بندی ریسک‌های زنجیره تأمین پروژه‌های راهسازی از دیدگاه میزان اثرگذاری بر مدت‌زمان اجرا

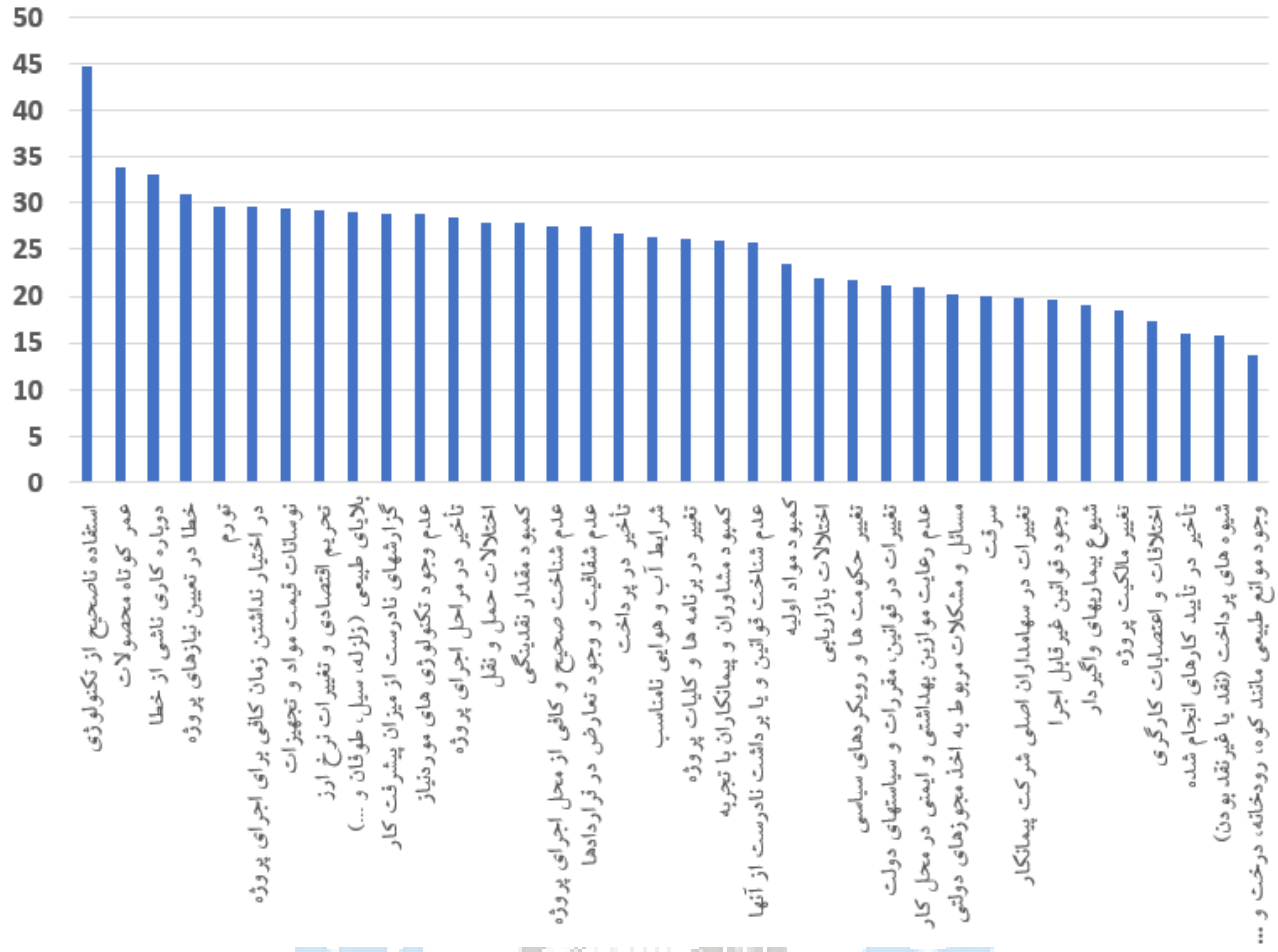
ردیف	عنوان ریسک	RPN	ردیف	عنوان ریسک	RPN
۱	تأخیر در مراحل اجرای پروژه	۴۷/۴	۱۹	عدم شناخت صحیح و کافی از محل اجرای پروژه	۲۸/۹
۲	اختلالات حمل و نقل	۴۰/۶	۲۰	عدم شفافیت و وجود تعارض در قراردادها	۲۸/۸
۳	دوباره کاری ناشی از خطا	۳۹/۳	۲۱	اختلافات و اعتصابات کارگری	۲۸/۵
۴	عدم شناخت قوانین و یا برداشت نادرست از آنها	۳۸/۱	۲۲	اختلالات بازاریابی	۲۸/۴
۵	تأخیر در پرداخت	۳۶/۸	۲۳	تغییرات در سهامداران اصلی شرکت پیمانکار	۲۸
۶	مسائل و مشکلات مربوط به اخذ مجوزهای دولتی	۳۴/۷	۲۴	وجود قوانین غیرقابل اجرا	۲۷/۲
۷	تغییرات در قوانین، مقررات و سیاستهای دولت	۳۴/۵	۲۵	کمبود مواد اولیه	۲۷
۸	گزارشهای نادرست از میزان پیشرفت کار	۳۴/۳	۲۶	شیوع بیماریهای واگیردار	۲۷
۹	خطا در تعیین نیازهای پروژه	۳۳/۴	۲۷	تغییر مالکیت پروژه	۲۶/۸
۱۰	تغییرات در قوانین، مقررات و سیاستهای دولت	۳۲/۷	۲۸	شرایط آب و هوایی نامناسب	۲۶
۱۱	بلایای طبیعی (زلزله، سیل، طوفان و ...)	۳۲/۲	۲۹	تحریم اقتصادی و تغییرات نرخ ارز	۲۶
۱۲	سرقت	۳۲/۱	۳۰	تورم	۲۵/۶
۱۳	تغییر حکومت ها و رویکردهای سیاسی	۳۱/۵	۳۱	کمبود مشاوران و پیمانکاران با تجربه	۲۴/۱
۱۴	تأخیر در تأیید کارهای انجام شده	۳۱/۴	۳۲	نوسانات قیمت مواد و تجهیزات	۲۲/۲
۱۵	در اختیار نداشتن زمان کافی برای اجرای پروژه	۳۱/۲	۳۳	عمر کوتاه محصولات	۱۹/۶
۱۶	استفاده ناصحیح از تکنولوژی	۳۰/۸	۳۴	وجود موانع طبیعی مانند کوه، رودخانه، درخت و ...	۱۹/۴
۱۷	کمبود مقدار نقدینگی	۲۹	۳۵	شیوه های پرداخت (نقد یا غیرنقد بودن)	۱۷/۲
۱۸	عدم وجود تکنولوژی های موردنیاز	۲۸/۹	۳۶	عدم رعایت موازین بهداشتی و ایمنی در محل کار	۱۵/۸



شکل ۳: توزیع ریسک‌های زنجیره تأمین پروژه‌های راهسازی از دیدگاه میزان اثرگذاری بر زمان

جدول ٤: رتبه‌بندی ریسک‌های زنجیره تأمین پروژه‌های راهسازی از دیدگاه میزان اثرگذاری بر کیفیت

ردیف	عنوان ریسک	RPN	ردیف	عنوان ریسک	RPN
۱	استفاده ناصحیح از تکنولوژی	۴۴/۸	۱۹	تغییر در برنامه ها و کلیات پروژه	۲۶/۲
۲	عمر کوتاه محصولات	۳۳/۹	۲۰	کمبود مشاوران و پیمانکاران با تجربه	۲۵/۹
۳	دوباره کاری ناشی از خطا	۳۳/۱	۲۱	عدم شناخت قوانین و یا برداشت نادرست از آنها	۲۵/۸
۴	خطا در تعیین نیازهای پروژه	۳۱	۲۲	کمبود مواد اولیه	۲۳/۴
۵	تورم	۲۹/۵	۲۳	اختلالات بازاریابی	۲۱/۹
۶	در اختیار نداشتن زمان کافی برای اجرای پروژه	۲۹/۵	۲۴	تغییر حکومت ها و رویکردهای سیاسی	۲۱/۸
۷	نوسانات قیمت مواد و تجهیزات	۲۹/۳	۲۵	تغییرات در قوانین، مقررات و سیاستهای دولت	۲۱/۱
۸	تحریم اقتصادی و تغییرات نرخ ارز	۲۹/۲	۲۶	عدم رعایت موازین بهداشتی و ایمنی در محل کار	۲۱
۹	بلایای طبیعی (زلزله، سیل، طوفان و ...)	۲۹/۱	۲۷	مسائل و مشکلات مربوط به اخذ مجوزهای دولتی	۲۰/۲
۱۰	گزارشهای نادرست از میزان پیشرفت کار	۲۸/۹	۲۸	سرقت	۲۰
۱۱	عدم وجود تکنولوژی های موردنیاز	۲۸/۸	۲۹	تغییرات در سهامداران اصلی شرکت پیمانکار	۱۹/۸
۱۲	تأخیر در مراحل اجرای پروژه	۲۸/۴	۳۰	وجود قوانین غیرقابل اجرا	۱۹/۶
۱۳	اختلالات حمل و نقل	۲۷/۹	۳۱	شیوع بیماریهای واگیردار	۱۹/۱
۱۴	کمبود مقدار نقدینگی	۲۷/۸	۳۲	تغییر مالکیت پروژه	۱۸/۴
۱۵	عدم شناخت صحیح و کافی از محل اجرای پروژه	۲۷/۴	۳۳	اختلافات و اعتصابات کارگری	۱۷/۳
۱۶	عدم شفافیت و وجود تعارض در قراردادها	۲۷/۴	۳۴	تأخیر در تأیید کارهای انجام شده	۱۶
۱۷	تأخیر در پرداخت	۲۶/۸	۳۵	شیوه های پرداخت (نقد یا غیرنقد بودن)	۱۵/۸
۱۸	شرایط آب و هوایی نامناسب	۲۶/۳	۳۶	وجود موانع طبیعی مانند کوه، رودخانه، درخت و ...	۱۳/۷



شکل ۴: توزیع ریسک‌های زنجیره تأمین پروژه‌های راهسازی از دیدگاه میزان اثرگذاری بر کیفیت

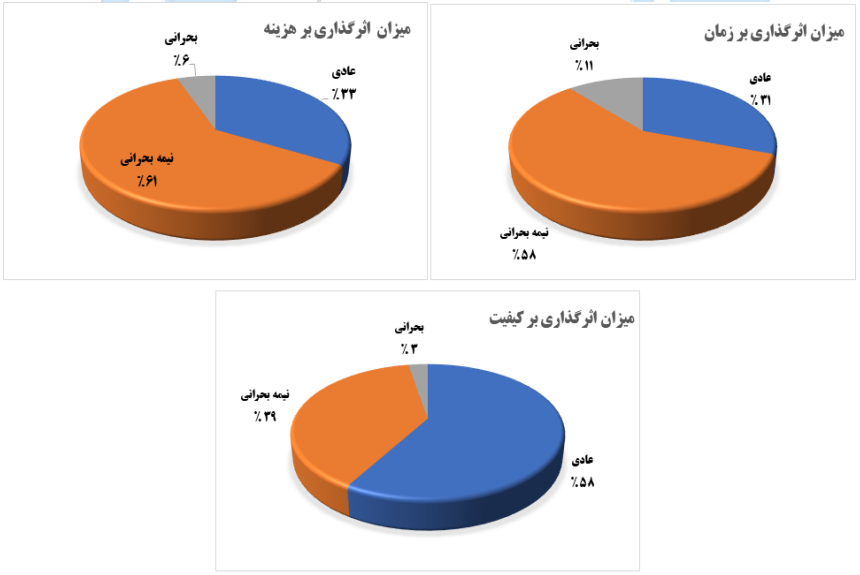
۳- بحث و نتایج

به منظور ارزیابی ریسک‌های زنجیره تأمین پروژه‌های راهسازی در مرحله‌ی اول می‌بایست آن‌ها را بر مبنای RPN رتبه‌بندی نمود. اما ریسک‌ها را نمی‌توان صرفاً با توجه به رتبه‌بندی حاصل از نمره اولویت خطر مورد تحلیل قرار داد. در بسیاری موارد ترکیب‌های مختلفی از پارامترهای O، D و S وجود دارند که مقادیر یکسانی برای RPN به دست می‌دهند. این در حالی است که پیامدهای ریسک‌های مختلف و حالات مختلف آن‌ها می‌توانند کاملاً متفاوت باشند. از طرف دیگر میزان حساسیت مقدار RPN نسبت به تغییرات هر یک از فاکتورهای ریسک بسیار بالاست و با تغییر اندکی در امتیازبندی یکی از فاکتورهای مربوطه، تغییرات زیادی می‌کند. بدین منظور برای درنظر گرفتن همزمان مقدار RPN و هر یک از عوامل مؤثر بر آن، در اینجا معیاری با عنوان سطح بحران مورد استفاده قرار گرفته است [۲۳]. در این پژوهش سطوح بحران به سه دسته عادی، نیمه‌بحرانی و بحرانی تقسیم‌بندی شده‌اند. در سطح اول که سطح عادی نام دارد هر سه عامل مربوط به RPN دارای مقادیری کم‌تر از ۳ می‌باشند (RPN <۱۰). در این سطح نیازی به انجام اقدامات پیشگیرانه و اصلاحی نخواهد بود. در سطح دوم که سطح نیمه‌بحرانی نامیده می‌شود، حداکثر یکی از سه عامل تشکیل دهنده RPN مقداری بیشتر از ۳ دارند و یا نمره اولویت خطر مقدار متوسط یا نسبتاً کمی ارزیابی می‌شود (۱۰<RPN<۳۶). در این سطح از بحران انجام اقدامات پیشگیرانه و اصلاحی موردنیاز می‌باشد. سطح سوم سطح بحرانی نام دارد و در این سطح از بحران انجام اقدامات پیشگیرانه و اصلاحی ضروری می‌باشد. یعنی پیش از انجام اقدامات اصلاحی و رفع یا کاهش خطر ریسک نباید فعالیت مربوطه انجام گردد. در این سطح حداقل دو عامل از عوامل تشکیل‌دهنده RPN دارای مقادیری بیشتر از ۳ می‌باشند که در نتیجه مقدار RPN زیاد ارزیابی می‌شود (RPN>۳۶). با توجه به طبقه‌بندی سطوح بحران شرح داده شده، ریسک‌های شناسایی شده در این پژوهش در بخش‌های اولویت‌بندی از نظر میزان اثرگذاری بر هزینه‌ها، زمان

و کیفیت پروژه مورد بررسی قرار گرفته و تعداد ریسک‌های هر سطح به شرح جدول ۵ به دست آمده است. نتایج مندرج در جدول ۵ به‌صورت نموداری در شکل ۵ نشان داده شده است. مطابق نمودار میزان اثرگذاری ریسک‌ها بر هزینه اجرای پروژه، ۶٪ از ریسک‌ها در سطح بحرانی، ۶۱٪ از ریسک‌ها در سطح نیمه بحرانی و ۳۳٪ از آن‌ها در سطح عادی دسته‌بندی شده‌اند. از نظر میزان اثرگذاری بر مدت زمان اجرای پروژه ۱۱٪ از ریسک‌ها در سطح بحرانی، ۵۸٪ در سطح نیمه بحرانی و ۳۱٪ در سطح عادی دسته‌بندی شده‌اند. همچنین از نظر میزان اثرگذاری بر کیفیت اجرای پروژه، ۳٪ از ریسک‌ها در سطح بحرانی، ۳۹٪ در سطح عادی و ۵۸٪ در سطح عادی طبقه‌بندی شده‌اند. مطابق جدول ۶ و در نتیجه آن نمودار شکل ۶ از دیدگاه میزان اثرگذاری ریسک‌ها بر روی هزینه اجرای پروژه، در بخش بحرانی ۵۰٪ ریسک‌ها دارای منشأ سازمانی و ۵۰٪ دارای منشأ شبکه می‌باشند. در بخش نیمه‌بحرانی ۴۶٪ ریسک‌ها دارای منشأ سازمانی، ۱۸٪ دارای منشأ شبکه و ۳۶٪ دارای منشأ محیطی می‌باشند و در بخش ریسک‌های عادی ۳۳٪ ریسک‌ها دارای منشأ سازمانی، ۴۲٪ دارای منشأ شبکه و ۲۵٪ دارای منشأ محیطی می‌باشند. تجزیه و تحلیل مشابهی از دیدگاه میزان اثرگذاری بر مدت‌زمان اجرا و کیفیت اجرای پروژه نیز انجام شده و نتایج حاصل در جدول‌ها و شکل‌های ۷ و ۸ نشان داده شده است.

جدول ۵: تعداد ریسک‌های سطوح سه‌گانه از دیدگاه میزان اثرگذاری بر هزینه، زمان و کیفیت اجرای پروژه

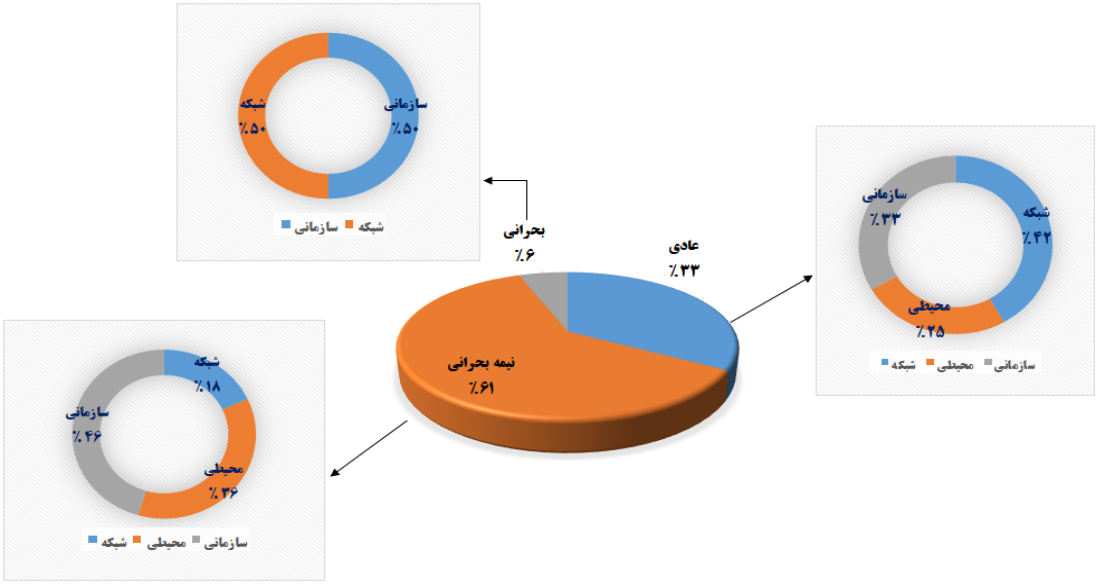
نوع اثرگذاری	تعداد ریسک عادی	تعداد ریسک نیمه‌بحرانی	تعداد ریسک بحرانی
هزینه	۱۲	۲۲	۲
زمان	۱۱	۲۱	۴
کیفیت	۲۱	۱۴	۱



شکل ۵: درصد ریسک‌های سطوح سه‌گانه از دیدگاه میزان اثرگذاری بر هزینه، زمان و کیفیت اجرای پروژه

جدول ٦: تحلیل وضعیت ریسک‌های زنجیره تأمین پروژه‌های راهسازی از دیدگاه منشأ بروز و سطح بحران (با رویکرد میزان اثرگذاری بر روی هزینه اجرای پروژه)

رتبه ریسک	عنوان ریسک	سطح بحران	منشأ ریسک	RPN
۱	سرقت	نیمه بحرانی	محیطی	۳۹/۳
۲	تأخیر در پرداخت	نیمه بحرانی	سازمانی	۳۸/۴
۳	تأخیر در مراحل اجرای پروژه	نیمه بحرانی	شبکه	۳۷/۸
۴	اختلالات حمل و نقل	بحرانی	سازمانی	۳۷/۶
۵	نوسانات قیمت مواد و تجهیزات	نیمه بحرانی	محیطی	۳۷/۵
۶	استفاده ناصحیح از تکنولوژی	نیمه بحرانی	سازمانی	۳۶/۶
۷	عدم شناخت قوانین و یا برداشت نادرست از آنها	بحرانی	شبکه	۳۵/۷
۸	خطا در تعیین نیازهای پروژه	نیمه بحرانی	سازمانی	۳۵/۵
۹	دوباره کاری ناشی از خطا	عادی	شبکه	۳۵/۵
۱۰	بلایای طبیعی (زلزله، سیل، طوفان و ...)	نیمه بحرانی	محیطی	۳۳/۹
۱۱	تورم	نیمه بحرانی	محیطی	۳۳/۱
۱۲	کمبود مقدار نقدینگی	نیمه بحرانی	شبکه	۳۱/۶
۱۳	تغییر حکومت ها و رویکردهای سیاسی	نیمه بحرانی	محیطی	۳۰/۱
۱۴	تحریم اقتصادی و تغییرات نرخ ارز	نیمه بحرانی	محیطی	۲۹/۶
۱۵	عمر کوتاه محصولات	نیمه بحرانی	سازمانی	۲۹/۵
۱۶	اختلالات بازاریابی	عادی	شبکه	۲۸/۷
۱۷	تغییرات در قوانین، مقررات و سیاستهای دولت	نیمه بحرانی	محیطی	۲۸/۵
۱۸	عدم شناخت صحیح و کافی از محل اجرای پروژه	عادی	شبکه	۲۸/۵
۱۹	گزارشهای نادرست از میزان پیشرفت کار	نیمه بحرانی	سازمانی	۲۸/۳
۲۰	وجود قوانین غیرقابل اجرا	نیمه بحرانی	سازمانی	۲۸/۲
۲۱	کمبود مواد اولیه	نیمه بحرانی	شبکه	۲۷/۶
۲۲	تغییر در برنامه ها و کلیات پروژه	عادی	سازمانی	۲۶/۷
۲۳	عدم وجود تکنولوژی های موردنیاز	نیمه بحرانی	سازمانی	۲۴/۹
۲۴	شیوع بیماریهای واگیردار	عادی	محیطی	۲۴/۴
۲۵	تأخیر در تأیید کارهای انجام شده	نیمه بحرانی	سازمانی	۲۳/۴
۲۶	مسائل و مشکلات مربوط به اخذ مجوزهای دولتی	نیمه بحرانی	محیطی	۲۳/۲
۲۷	عدم شفافیت و وجود تعارض در قراردادها	عادی	شبکه	۲۳/۲
۲۸	اختلافات و اعتصابات کارگری	نیمه بحرانی	سازمانی	۲۲/۹
۲۹	شرایط آب و هوایی نامناسب	عادی	محیطی	۲۲/۹
۳۰	کمبود مشاوران و پیمانکاران با تجربه	نیمه بحرانی	شبکه	۲۲/۷
۳۱	در اختیار نداشتن زمان کافی برای اجرای پروژه	عادی	سازمانی	۲۲/۳
۳۲	شیوه های پرداخت (نقد یا غیرنقد بودن)	نیمه بحرانی	سازمانی	۲۱/۹
۳۳	تغییرات در سهامداران اصلی شرکت پیمانکار	عادی	شبکه	۲۰/۶
۳۴	عدم رعایت موازین بهداشتی و ایمنی در محل کار	عادی	سازمانی	۱۹/۸
۳۵	وجود موانع طبیعی مانند کوه، رودخانه، درخت و...	عادی	محیطی	۱۹/۴
۳۶	تغییر مالکیت پروژه	عادی	سازمانی	۱۸

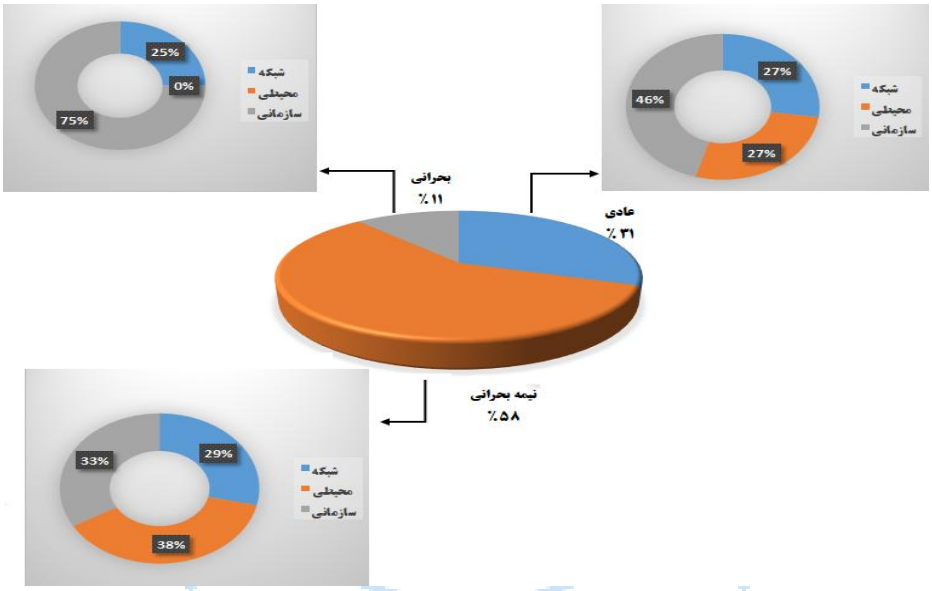


شکل ۶: نمایش توزیع ریسک‌ها در سطوح مختلف خطر و دسته‌بندی آن‌ها (از دیدگاه اثرگذاری بر هزینه)

جدول ۷: تحلیل وضعیت ریسک‌های زنجیره تأمین پروژه‌های راهسازی از دیدگاه منشأ بروز و سطح بحران (با رویکرد میزان اثرگذاری بر روی مدت اجرای پروژه)

رتبه ریسک	عنوان ریسک	سطح بحران	منشأ ریسک	RPN
۱	تأخیر در مراحل اجرای پروژه	نیمه بحرانی	شبکه	۴۷/۴
۲	اختلالات حمل و نقل	بحرانی	سازمانی	۴۰/۶
۳	دوباره کاری ناشی از خطا	نیمه بحرانی	شبکه	۳۹/۳
۴	عدم شناخت قوانین و یا برداشت نادرست از آنها	بحرانی	شبکه	۳۸/۱
۵	تأخیر در پرداخت	نیمه بحرانی	سازمانی	۳۶/۸
۶	مسائل و مشکلات مربوط به اخذ مجوزهای دولتی	نیمه بحرانی	محیطی	۳۴/۷
۷	تغییرات در قوانین، مقررات و سیاستهای دولت	نیمه بحرانی	محیطی	۳۴/۵
۸	گزارشهای نادرست از میزان پیشرفت کار	بحرانی	سازمانی	۳۴/۳
۹	خطا در تعیین نیازهای پروژه	نیمه بحرانی	سازمانی	۳۳/۴
۱۰	تغییر در برنامه‌ها و کلیات پروژه	عادی	سازمانی	۳۲/۷
۱۱	بلایای طبیعی (زلزله، سیل، طوفان و ...)	نیمه بحرانی	محیطی	۳۲/۲
۱۲	سرقت	نیمه بحرانی	محیطی	۳۲/۱
۱۳	تغییر حکومت ها و رویکردهای سیاسی	نیمه بحرانی	محیطی	۳۱/۵
۱۴	تأخیر در تأیید کارهای انجام شده	نیمه بحرانی	سازمانی	۳۱/۴
۱۵	در اختیار نداشتن زمان کافی برای اجرای پروژه	نیمه بحرانی	سازمانی	۳۱/۲
۱۶	استفاده ناصحیح از تکنولوژی	بحرانی	سازمانی	۳۰/۸
۱۷	کمبود مقدار نقدینگی	نیمه بحرانی	شبکه	۲۹
۱۸	عدم وجود تکنولوژی های موردنیاز	نیمه بحرانی	سازمانی	۲۸/۹
۱۹	عدم شناخت صحیح و کافی از محل اجرای پروژه	نیمه بحرانی	شبکه	۲۸/۹
۲۰	عدم شفافیت و وجود تعارض در قراردادها	عادی	شبکه	۲۸/۸
۲۱	اختلافات و اعتصابات کارگری	نیمه بحرانی	سازمانی	۲۸/۵
۲۲	اختلالات بازاریابی	عادی	شبکه	۲۸/۴
۲۳	تغییرات در سهامداران اصلی شرکت پیمانکار	نیمه بحرانی	شبکه	۲۸
۲۴	وجود قوانین غیرقابل اجرا	نیمه بحرانی	سازمانی	۲۷/۲

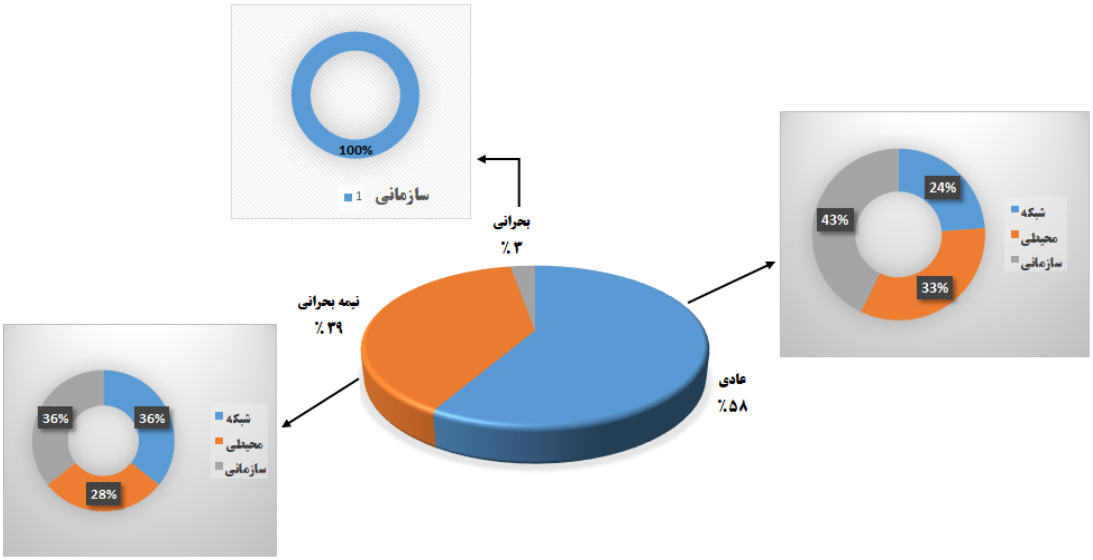
رتبه ریسک	عنوان ریسک	سطح بحران	منشأ ریسک	RPN
۲۵	کمبود مواد اولیه	نیمه بحرانی	شبکه	۲۷
۲۶	شیوع بیماریهای واگیردار	نیمه بحرانی	محیطی	۲۷
۲۷	تغییر مالکیت پروژه	نیمه بحرانی	سازمانی	۲۶/۸
۲۸	شرایط آب و هوایی نامناسب	عادی	محیطی	۲۶
۲۹	تحریم اقتصادی و تغییرات نرخ ارز	نیمه بحرانی	محیطی	۲۶
۳۰	تورم	نیمه بحرانی	محیطی	۲۵/۶
۳۱	کمبود مشاوران و پیمانکاران با تجربه	نیمه بحرانی	شبکه	۲۴/۱
۳۲	نوسانات قیمت مواد و تجهیزات	عادی	محیطی	۲۲/۲
۳۳	عمر کوتاه محصولات	عادی	سازمانی	۱۹/۶
۳۴	وجود موانع طبیعی مانند کوه، رودخانه، درخت و...	عادی	محیطی	۱۹/۴
۳۵	شیوه های پرداخت (نقد یا غیرنقد بودن)	عادی	سازمانی	۱۷/۲
۳۶	عدم رعایت موازین بهداشتی و ایمنی در محل کار	عادی	سازمانی	۱۵/۸



شکل ۷: نمایش توزیع ریسک‌ها در سطوح مختلف خطر و دسته‌بندی آن‌ها (از دیدگاه اثرگذاری بر زمان)

جدول ۸: تحلیل وضعیت ریسک‌های زنجیره تأمین پروژه‌های راهسازی از دیدگاه منشأ بروز و سطح بحران (با رویکرد میزان اثرگذاری بر روی کیفیت اجرای پروژه)

رتبه ریسک	عنوان ریسک	سطح بحران	منشأ ریسک	RPN
۱	استفاده ناصحیح از تکنولوژی	بحرانی	سازمانی	۴۴/۸
۲	عمر کوتاه محصولات	نیمه بحرانی	سازمانی	۳۳/۹
۳	دوباره کاری ناشی از خطا	نیمه بحرانی	شبکه	۳۳/۱
۴	خطا در تعیین نیازهای پروژه	نیمه بحرانی	سازمانی	۳۱
۵	تورم	نیمه بحرانی	محیطی	۲۹/۵
۶	در اختیار نداشتن زمان کافی برای اجرای پروژه	عادی	سازمانی	۲۹/۵
۷	نوسانات قیمت مواد و تجهیزات	نیمه بحرانی	محیطی	۲۹/۳
۸	تحریم اقتصادی و تغییرات نرخ ارز	نیمه بحرانی	محیطی	۲۹/۲
۹	بلایای طبیعی (زلزله، سیل، طوفان و ...)	نیمه بحرانی	محیطی	۲۹/۱
۱۰	گزارشهای نادرست از میزان پیشرفت کار	نیمه بحرانی	سازمانی	۲۸/۹
۱۱	عدم وجود تکنولوژی های موردنیاز	نیمه بحرانی	سازمانی	۲۸/۸
۱۲	تأخیر در مراحل اجرای پروژه	عادی	شبکه	۲۸/۴
۱۳	اختلالات حمل و نقل	نیمه بحرانی	سازمانی	۲۷/۹
۱۴	کمبود مقدار نقدینگی	نیمه بحرانی	شبکه	۲۷/۸
۱۵	عدم شناخت صحیح و کافی از محل اجرای پروژه	عادی	شبکه	۲۷/۴
۱۶	عدم شفافیت و وجود تعارض در قراردادها	عادی	شبکه	۲۷/۴
۱۷	تأخیر در پرداخت	عادی	سازمانی	۲۶/۸
۱۸	شرایط آب و هوایی نامناسب	عادی	محیطی	۲۶/۳
۱۹	تغییر در برنامه ها و کلیات پروژه	عادی	سازمانی	۲۶/۲
۲۰	کمبود مشاوران و پیمانکاران با تجربه	نیمه بحرانی	شبکه	۲۵/۹
۲۱	عدم شناخت قوانین و یا برداشت نادرست از آنها	نیمه بحرانی	شبکه	۲۵/۸
۲۲	کمبود مواد اولیه	نیمه بحرانی	شبکه	۲۳/۴
۲۳	اختلالات بازاریابی	عادی	شبکه	۲۱/۹
۲۴	تغییر حکومت ها و رویکردهای سیاسی	عادی	محیطی	۲۱/۸
۲۵	تغییرات در قوانین، مقررات و سیاستهای دولت	عادی	محیطی	۲۱/۱
۲۶	عدم رعایت موازین بهداشتی و ایمنی در محل کار	عادی	سازمانی	۲۱
۲۷	مسائل و مشکلات مربوط به اخذ مجوزهای دولتی	عادی	محیطی	۲۰/۲
۲۸	سرقت	عادی	محیطی	۲۰
۲۹	تغییرات در سهامداران اصلی شرکت پیمانکار	عادی	شبکه	۱۹/۸
۳۰	وجود قوانین غیرقابل اجرا	عادی	سازمانی	۱۹/۶
۳۱	شیوع بیماریهای واگیردار	عادی	محیطی	۱۹/۱
۳۲	تغییر مالکیت پروژه	عادی	سازمانی	۱۸/۴
۳۳	اختلافات و اعتصابات کارگری	عادی	سازمانی	۱۷/۳
۳۴	تأخیر در تأیید کارهای انجام شده	عادی	سازمانی	۱۶
۳۵	شیوه های پرداخت (نقد یا غیرنقد بودن)	عادی	سازمانی	۱۵/۸
۳۶	وجود موانع طبیعی مانند کوه، رودخانه، درخت و...	عادی	محیطی	۱۳/۷



شکل ۸: نمایش توزیع ریسک‌ها در سطوح مختلف خطر و دسته‌بندی آن‌ها (از دیدگاه اثرگذاری بر کیفیت)

۴- نتیجه‌گیری

فرآیند شناسایی و تحلیل ریسک‌ها، مرحله‌ای زمان‌بر و تا حدی نیز پرهزینه به نظر می‌رسد. اما با نگرشی بلند مدت، بررسی وضعیت ریسک‌های زنجیره تأمین و اولویت‌بندی و چاره‌اندیشی در مورد ریسک‌های بحرانی و نیمه‌بحرانی می‌تواند موجب صرفه‌جویی در هزینه و زمان شده و در نهایت حفظ منابع و بهره‌وری بالاتری را در پروژه‌های راهسازی فراهم آورد. آن‌چنان که نتایج این پژوهش نشان می‌دهد، از نظر منشأ بروز، بیشترین سهم مربوط به ریسک‌های سازمانی می‌باشد که ۴۲٪ را به خود اختصاص داده‌اند و به‌نظر می‌رسد برای کمک به کاهش ریسک‌های زنجیره تأمین در پروژه‌های راهسازی می‌بایست به دنبال راهکارهایی برای برطرف نمودن ریسک‌های با منشأ بروز سازمانی بود. از نقطه‌نظر میزان اثرگذاری ریسک‌ها بر زمان، هزینه و کیفیت اجرای پروژه‌های راهسازی، بیشترین میزان ریسک‌های بحرانی که می‌بایست حتماً در مورد کاهش تعداد و یا تغییر سطح اثرگذاری آن‌ها به سطوح نیمه‌بحرانی و عادی چاره‌اندیشی شود، مربوط به میزان اثرگذاری بر زمان اجرای پروژه‌ها می‌باشد. در این پژوهش پس از بررسی و تحلیل‌های صورت گرفته و شناسایی ریسک‌هایی که مقادیر بالای عدد اولویت ریسک را به خود اختصاص داده و از نظر سطح بحران نیز بحرانی یا نیمه‌بحرانی ارزیابی شده‌اند، به ارائه راهکارهایی در جهت کاهش سطح ریسک اقدام شده که در ادامه به این راهکارها اشاره شده است. استفاده از منابع و تأمین‌کننده‌ها، بروزرسانی طراحی پروژه متناسب با قیمت‌های جدید، داشتن ذخیره مالی و ارزی کافی و مناسب برای اجرای پروژه از ابتدا، استفاده از منابع چندگانه، استفاده از دانش و مهارت و تخصص‌های داخلی، نظارت بهتر و بیشتر بر تأمین و توزیع منابع و مواد اولیه اجرای پروژه‌ها، اصلاح ساختار سرمایه‌ای سازمانی به منظور کاهش سهم منابع بیرونی، تأمین منابع مالی از طریق کمک بانک‌ها، توجه و نظارت کافی در زمان تخصیص و توزیع منابع مالی پروژه‌ها از جمله راهکارهای ارائه شده برای کاهش خطر ریسک‌هایی مانند تغییرات نرخ ارز، تحریم اقتصادی و کمبود مقدار نقدینگی می‌باشند. همچنین تربیت نیروی انسانی متخصص و کارآمد، برنامه‌ریزی‌های اصولی و دارای انعطاف کافی، توجه و دقت بیشتر در تهیه و ارائه گزارش از روند اجرای فعالیت‌های پروژه و نظارت دقیق بر روند اجرای کار، راهکارهای ارائه شده برای کاهش خطر ریسک تأخیر در انجام فعالیت‌ها می‌باشند. افزایش آگاهی تصمیم‌گیران در زمینه فناوری‌های روز دنیا، ایجاد ارتباط خوب بین صنعت و دانشگاه، راهکارهای ارائه شده برای کاهش خطر ریسک عدم وجود تکنولوژی‌های موردنیاز و استفاده ناصحیح از آن‌ها می‌باشند. تقویت پوشش گیاهی مناطق اطراف رودخانه‌ها و مناطقی که احتمال رانش زمین دارند، احداث سیل‌بند در مسیرهای سیلابی، بیمه کردن پروژه با پوشش‌های مربوط به بلایای طبیعی راهکارهای ارائه شده برای کاهش خطر ریسک حوادث طبیعی (زلزله، سیل، طوفان و ...) می‌باشند. ایجاد تشکل‌های کارگری به منظور برقراری تعامل و شناخت صحیح نیازهای آن‌ها، توجه به پرداخت به‌موقع حقوق و مزایای کارگران، راهکارهای پیشنهادی برای کاهش خطر ریسک اختلافات و اعتصابات کارگری می‌باشند. مطالعه و جستجوی دقیق ضوابط و مقررات

مربوطه، افزایش سطح دانش به کمک استفاده از انواع آموزش، نظارت‌ها و کنترل‌های مرحله‌ای بر روند محاسبات و طراحی راهکارهای ارائه شده برای کاهش خطر ریسک خطا در تعیین نیازهای پروژه می‌باشند.

مراجع

[1] Anand Prakash RP, Mohanty (2015). Understanding construction supply chain management for road projects, *Int. J. Logistics Systems and Management*, 22:4.

[2] Nagurney (2006). *Supply Chain Network Economics: Dynamics of Prices, Flows and Profits*. Edward Elgar Publishing.

[3] Milewska B, Milewski D (2022). Implications of Increasing Fuel Costs for Supply Chain Strategy. *Energies*, 15, 6934.

[4] Khan SAR, Zhang YU (2020). The Impact of Economics and Logistics Performance: An Empirical Study from the Perspective of SAARC Member States. *Romanian Journal of Economic Forecasting*- XXIII (4).

[5] Ju¨ttner U (2005). Supply chain risk management: Understanding the business requirements from a practitioner perspective. *The International Journal of Logistics Management*. 747-702.

[6] Halil MF (2016). Trust Attributes to Supply Chain Partnering in Industrialised Building System. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* .46-55.

[7] Tsung-Kang Chen HH (2013). Internal liquidity risk, financial bullwhip effects, and corporate bond yield spreads: Supply chain perspectives. *Journal of Banking & Finance* .2434-2456.

[8] Kaare KK, Koppel O (2012). Improving the Road Construction Supply Chain by Developing a National Level Performance Measurement System: The Case of Estonia, *World Academy of Science, Engineering and Technology* 62.

[9] Katebi A, Mirzaahmadi M, Sarkardeh H. (2020). Identification, classification, and evaluation of supply chain risks in concrete dams in terms of cost. *Iranian Dam and Hydroelectric Powerplant*; 7 (26) :47-39

[10] Croom S, Romano P, Giannakis M (2000). Supply chain management: An analytical framework for critical literature review. *Eur. J. Purch. Supply Manag*. 6, 67–83.

[11] Saad M, Jones M, James P (2002). A review of the progress towards the adoption of supply chain management (SCM) relationships in construction, *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 8(3): 173-183.

[12] Sharma K, Trivedi MK (2019). Risk Analysis in Highway Construction Projects Using Failure Mode & Effect Analysis, *IJRASET*, 7,VI.

[13] Segerstedt A, Olofsson T (2010). Supply chains in the construction industry. *Supply Chain Management*, 15(5): 347-353.

[14] Trkman P, McCormack K (2009). Supply chain risk in turbulent environments—A conceptual model for managing supply chain network risk, *International Journal of Production Economics*. 119(2): 247-258.

[15] Uta Jüttner HP (2010). Supply Chain Management Outlining an Agenda for Future Research. *International Journal of Logistics Research and Applications*. 197-210.

[17] Baghalzadeh Shishehgarkhaneh M, Moehler RC, Fang Y, Aboutorab H, Hijazi AA (2024). Construction supply chain risk management, *Automation in Construction*,162: 105396.

[18] Awaad S, Mansour DM, Mahdi I, Abdelrasheed I (2024). Impact of material supply chain on the productivity optimization for the construction of roads projects, *Scientific Reports*, 14: 3294.

[19] Alkhawaja ASI, Varouqa IF (2023). Risks management of infrastructure line services and their impact on the financial costs of road projects in Jordan, *Measurement: Sensors*, 25:100647

[20] Sinead K, Felicity H, Hugh P, McKenna A (2001). critical review of the Delphi technique as a research methodology for nursing, *International Journal of Nursing Studies* 38:195-200.

[21] Nirumand F, Omidvar M (2017). Risk assessment using FMEA method and on the basis of MCDM, Fuzzy logic and Grey theory – a case study of overhead cranes. *Journal of Health and Safety at Work,* 7:1.

[22] Kudlac S, cova VS, Majerčk J (2017). Using the Saaty Method and the FMEA Method for Evaluation of Constraints in Logistics Chain, 10th *International Scientific Conference Transbaltica: Transportation Science and Technology*.

[23] ebrahimzadih M (2014). Assessment and Risk Management of Potential Hazards by Failure Modes and Effect Analysis (FMEA) Method in Yazd Steel Complex. *Open Journal of Safety Science and Technology,* 795-701.