

---

## Identifying the risks of the electricity supply chain using crowdsourcing and ranking them by ARAS method

Mahdie Sheikhi<sup>1</sup>, Hamidreza Dezfoulian<sup>2</sup>, Parvaneh Samouei<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ph.D Student, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran  
Email: Mahdiesheikhi@ymail.com

<sup>2</sup>Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran. Email: Hrdezfoolian@basu.ac.ir (Corresponding author)

<sup>3</sup>Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran. Email: P.samouei@basu.ac.ir

### Abstract:

The electricity supply chain is one of the main infrastructures of every country, which guarantees economic, industrial and agricultural growth, and its development is the priority of the country's plans. This supply chain is made up of different levels and at each level human resources with special expertise are working. Due to the dynamics of the environment and changes in exchange rates, this chain is facing many risks that the correct identification of these risks and their evaluation and prioritization in the program Supply chain network planning is very effective. In this article, which is carried out with the purpose of applied research and in the category of survey research-case study, in the first stage to identify the risks of the electricity supply chain, the guided-participatory crowdsourcing method in which the topic of crowdsourcing is quite specific, and its participants are all related people is used. In the following, using four criteria selected by experts and using the ARAS method for multi-criteria decision making, the risks are prioritized, and finally, the most important supply chain risks are determined according to the points obtained from the ARAS method, so that should be taken into consideration for planning. The highest priority is given to the risk of theft of cables and metal parts, and since cables and metal parts are the main components of the energy transmission network and are used at all levels of the network, they are the most important cause of disruption in electricity. Unforeseen supply and shutdowns should be considered.

**Keywords:** Risk, electricity supply chain, crowdsourcing, ARAS

Date of sending the article: 2024/09/11

Acceptance date of the article: 2025/04/21

Name of the Corresponding Author: Hamidreza Dezfoulian

Corresponding Author's Address: Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

## شناسایی و رتبه‌بندی ریسک‌های زنجیره تأمین برق با استفاده از جمع‌سپاری و روش تصمیم‌گیری چندمعیاره آراس

نوع مطالعه: پژوهشی

مهديه شيخي<sup>۱</sup>، حميدرضا دزفوليان<sup>۲</sup>، پروانه سموئي<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری، گروه مهندسی صنایع، دانشکده مهندسی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

Mahdiesheikhi@ymail.com

<sup>۲</sup> گروه مهندسی صنایع، استادیار، دانشکده مهندسی، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران

Hrdezfoolian@basu.ac.ir, P.samouei@basu.ac.ir

**چکیده:** زنجیره تأمین برق یکی از زیرساخت‌های اصلی هر کشور است که تضمین‌کننده رشد اقتصادی، صنعتی و کشاورزی است و از این رو، توسعه آن در اولویت برنامه‌های کشور قرار دارد. این زنجیره از سطوح مختلفی تشکیل شده و در هر سطح نیز نیروهای انسانی با تخصص‌های خاصی مشغول به کار هستند. با توجه به پویایی محیط و تحریم‌های اعمال شده، این زنجیره با ریسک‌های زیادی مواجه است که شناسایی درست این ریسک‌ها و ارزیابی و اولویت‌بندی آن‌ها در برنامه‌ریزی شبکه زنجیره تأمین بسیار تأثیرگذار است. در این مقاله که با هدف پژوهش‌های کاربردی و در دسته تحقیقات پیمایشی-مطالعه موردی انجام شده است، در مرحله اول برای شناسایی ریسک‌های زنجیره تأمین برق، با استفاده از روش جمع‌سپاری هدایت شده-مشارکتی که در آن موضوع جمع‌سپاری کاملاً خاص و شرکت‌کنندگان آن همه افراد مرتبط هستند، کمک گرفته می‌شود. سپس با استفاده از چهار معیار منتخب خبرگان و روش تصمیم‌گیری چندمعیاره آراس<sup>۱</sup> ریسک‌ها اولویت‌بندی می‌شوند تا بر اساس نتایج حاصل، برنامه‌ریزی‌ها و اقدامات بر مبنای مهم‌ترین خطرانی که عملکرد زنجیره را تحت تأثیر قرار می‌دهند به‌طور اثربخش‌تری تدوین و به اجرا گذاشته شوند. نتایج نشان می‌دهد بالاترین ریسک مربوط به سرقت کابل‌ها و قطعات فلزی است و از آنجایی که کابل‌ها و قطعات فلزی از اجزای اصلی شبکه انتقال انرژی هستند و در تمام سطوح شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرند، به‌عنوان مهم‌ترین عامل ایجاد اختلال در برق‌رسانی و خاموشی‌های پیش‌بینی نشده باید مورد توجه قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: ریسک، زنجیره تأمین برق، جمع‌سپاری، آراس.

تاریخ ارسال مقاله: ۱۴۰۳/۰۶/۲۱

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۰۲/۰۱

نام نویسنده مسئول: حمیدرضا دزفولیان

نشانی نویسنده مسئول: همدان - چهارباغ شهید مصطفی احمدی روشن-دانشگاه بوعلی سینا- گروه مهندسی صنایع

## ۱. مقدمه

در مرحله بعد با استفاده از پرسشنامه و انتخاب ۳۵ نفر از مدیران شاغل در هلال احمر، ریسک‌های شناسایی شده را دسته‌بندی و اولویت‌بندی نمودند و پس از تحلیل پرسشنامه‌ها ریسک پشتمبانی به‌عنوان مهم‌ترین ریسک معرفی گردید.

فرتحي و عباسيان (۱۳۹۹) در پژوهشي ابتدا با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و پرسشنامه کلیه ریسک‌های زنجیره‌های تأمین خطوط انتقال گاز را استخراج نموده، سپس عوامل تکراری را حذف کردند و ۴۳ ریسک را شناسایی نمودند. آن‌ها برای تعیین روابط بین ریسک‌ها از روش دیمتلفازی استفاده کردند.

پورجواد و همکاران (۱۴۰۰) با استفاده از روش فرایند تحلیل سلسله مراتبی به ارزیابی عوامل ریسک زنجیره تأمین صنعت نیروگاهی پرداختند. در این مطالعه نیروگاه دالاهو به‌عنوان مطالعه موردی انتخاب شده است و تحقیق در سه مرحله شناسایی، اولویت‌بندی و تحلیل ریسک انجام شده است. معیارهای مورد استفاده در این مقاله از طریق مطالعات کتابخانه‌ای به‌دست آمده‌اند و با نظر خبرگان تأیید و نهایی شده‌اند. ریسک‌های شناسایی شده در این مقاله عبارت‌اند از ریسک‌های عملیاتی، ریسک‌های سیستم اطلاعاتی، ریسک‌های سیستم محیطی و ریسک کنترل و برنامه‌ریزی.

اسکندری دستگیری (۱۴۰۰) به ارزیابی عوامل ریسک در زنجیره تأمین صنعت پوشاک پرداخته است. جامعه آماری مورد استفاده در این مقاله مدیران شرکت‌های تولیدی البسه ورزشی و متخصصان در حوزه بازاریابی و مدیریت ورزشی هستند. ۳۸ نفر از این جامعه انتخاب شده و ابزار مورد استفاده در این مقاله پرسشنامه است. در مرحله اول با روش دلفی ریسک‌های موجود شناسایی و در مرحله بعد با استفاده از تکنیک تحلیل تاکسونومی به رتبه‌بندی عوامل ریسک از لحاظ اهمیت در زنجیره تأمین پرداخته شده است. بحرانی‌ترین ریسک شناسایی شده در این مقاله ریسک کمبود مواد اولیه ناشی از بی‌ثباتی تأمین‌کنندگان است.

ابراهیمی مقدم (۱۴۰۰) با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی و روش دلفی برای تعیین اطلاعات اولیه به شناسایی و رتبه‌بندی ریسک‌های زنجیره تأمین خودروسازی پرداخته و به ترتیب اولویت ریسک‌های تأمین‌کننده، تولیدکننده، توزیع‌کننده و مشتری نهایی را برای شرکت ایران خودرو معرفی نموده است.

شهرکی و همکاران (۱۴۰۰) به بررسی ریسک‌های زنجیره تأمین شیر در شهرستان زاهدان پرداختند. با استفاده از روش نمونه‌گیری نظری ۲۴ مشارکت‌کننده انتخاب شدند و از طریق مصاحبه عمیق و نیمه ساختاری ۶۱ ریسک شناسایی شدند. با استفاده از رویکرد شبیه‌سازی عامل بنیان، سناریوهای کاهش ریسک بررسی شدند. بر اساس نتایج به‌دست آمده از این مقاله ریسک‌های نوسان قیمت نهاده‌های زراعی، نوسان قیمت شیر و کمبود اطلاعات بیشترین تأثیر منفی بر کارایی زنجیره تأمین را دارند. قرچچیان و همکاران (۱۴۰۱) با در نظر گرفتن زنجیره تأمین لارج در صنعت خودرو و با استفاده از روش دلفی فازی و تکنیک بهترین - بدترین به اولویت‌بندی ریسک‌ها در این زنجیره پرداختند. با مرور پیشینه و مصاحبه با خبرگان ۴۱ ریسک شناسایی و با استفاده از روش دلفی فازی ۲۵ ریسک حذف شد و با کمک روش بهترین - بدترین اولویت‌بندی آن‌ها صورت گرفت. یافته‌های این مقاله نشان می‌دهد ریسک تأمین مالی از بالاترین اهمیت در این زنجیره تأمین برخوردار است و برای پاسخ به این ریسک باید تنوع‌بخشی در ابزارهای تأمین مالی مورد استفاده قرار گیرد.

صمیمی و همکاران (۱۴۰۱) باهدف شناسایی و رتبه‌بندی ریسک‌های زنجیره تأمین در کتابخانه‌های دیجیتال دانشگاه‌های دولتی تهران بر

برق یک کالای استراتژیک است که زندگی امروزه بشر و فعالیت‌های اقتصادی، صنعتی و اجتماعی او کاملاً وابسته به آن است. میزان تولید بخش قابل‌توجهی از برق در زنجیره تأمین آن از تأمین سوخت برای تولید شروع شده و تا مصرف‌کننده نهایی ادامه می‌یابد. از آنجایی که برق یک کالای غیرقابل ذخیره‌سازی است، طراحی، برنامه‌ریزی و مدیریت مناسب زنجیره تأمین آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. یکی از موضوعات مهم در تداوم و پایداری تأمین برق در این زنجیره، شناسایی و مدیریت ریسک در آن است. مدیریت مؤثر ریسک علاوه بر کاهش احتمال وقوع خاموشی‌های برنامه‌ریزی نشده می‌تواند در کاهش تلفات انرژی در شبکه نیز مؤثر باشد. مدیریت ریسک یک دغدغه اساسی در زنجیره‌های تأمین است که سطوح بالایی از عدم قطعیت در تقاضای محصول، فرایند تولید یا تأمین قطعات را دارا می‌باشند. عدم قطعیت‌ها معمولاً به‌عنوان اتفاقات پویا ظاهر می‌شوند که تهدیداتی برای عملیات زنجیره در پی خواهند داشت (جعفری اسکندری و امامی سلوط، ۱۴۰۰).

## ۲. پیشینه تحقیق

اهمیت ریسک و مدیریت آن در زنجیره تأمین باعث شده که مطالعات مختلفی در این ارتباط صورت گیرد که در ادامه به بخشی از آن‌ها اشاره می‌شود. ابتدا به مطالعات مرتبط با موضوع که در داخل ایران انجام شده اشاره می‌شود.

در پژوهشی حیاتی و همکاران (۱۳۹۳) با تکیه بر روش ساختار شکست ریسک و تهیه پرسشنامه به رتبه‌بندی ریسک‌های زنجیره تأمین فولاد و شرکت ذوب‌آهن اصفهان پرداختند. در این پژوهش با محاسبه ضریب همبستگی اسپیرمن هم‌گرایی رتبه‌های حاصل را مشخص نموده و سپس با استفاده از روش میانگین رتبه‌بندی نهایی ریسک‌های زنجیره تأمین را مشخص کردند. نتایج این مقاله نشان می‌دهد که ریسک‌های مربوط به فرایند تأمین و تأمین‌کننده بحرانی‌ترین ریسک‌های زنجیره تأمین فولاد هستند.

تیموری و همکاران (۱۳۹۶) به اولویت‌بندی ریسک‌های صنعت برق با استفاده از روش FMEA و تحلیل پوششی داده‌ها پرداختند و عمده‌ترین عیب این روش را یکسان در نظر گرفتن اهمیت هر سه پارامتر روش FMEA (شدت، میزان کشف و احتمال وقوع ریسک) در محاسبات بیان نموده‌اند، در حالی که در موقعیت‌های مختلف اهمیت پارامترهای مذکور متفاوت است.

حسین زاده و همکاران (۱۳۹۸) با استفاده از یک رویکرد ترکیبی به شناسایی و تحلیل ریسک‌های زنجیره تأمین شرکت سایپا پرداختند. در ابتدا با استفاده از گام‌های مدل مدیریت کوزو، ریسک‌ها را شناسایی کرده و سپس برای ارزیابی و تحلیل آنها شبکه ارتباطی میان ریسک‌ها را هم در نظر گرفتند و برخلاف مدل‌های موجود عمل نمودند به این صورت که تنها اهمیت و اثر ریسک‌ها را در نظر نگرفتند، بلکه شبکه ارتباطی میان آنها را هم به حساب آوردند. نتایج این پژوهش نشان داد که ۴۸٪ از کل ریسک‌ها در دسته مالی - اقتصادی، تأمین‌کنندگان، اطلاعات و حمل‌ونقل قرار دارد.

حسینی و حبیبی ساروی (۱۳۹۸) با استفاده از روش دلفی و پرسشنامه به شناسایی و رتبه‌بندی ریسک‌های زنجیره تأمین عملیات امدادی پرداختند. در مرحله اول با استفاده از روش دلفی به جمع‌آوری نظرات ده نفر خبره در زمینه ریسک زنجیره تأمین عملیات امدادی پرداختند و

استفاده نموده‌اند. طبق نتایج به‌دست‌آمده ریسک تأمین‌کننده مهم‌ترین ریسک این زنجیره است.

Qazi et al. (2023) با استفاده از شبکه بی‌زی و شبیه‌سازی مونت کارلو به ارزیابی ریسک‌های زنجیره تأمین در صنعت مخابرات و ارتباطات پرداختند و ریسک‌ها را به شکل شبکه‌ای مورد بررسی و ارزیابی قرار دادند و تاثیر آنها را در دست‌بندی‌های متفاوت بر عملکرد زنجیره مورد سنجش قرار دادند. در این تحقیق برخلاف سایر تحقیقات ذکر شده ریسک‌ها به صورت موردی در نظر گرفته نشده‌اند و در عوض به شکل گروهی و شبکه‌ای بررسی شده‌اند تا تاثیر آنها بر عملکرد به شکل واقعی‌تری بیان گردد.

Rafi ul shah et al. (2024) با تمرکز بر شناسایی ریسک‌های زنجیره تأمین صنعت مُد از ابزار پرسشنامه استفاده کردند و این پرسشنامه به وسیله ۶ شرکت فعال در صنعت مُد انگلستان تکمیل گردید. ریسک‌های اجتماعی، محیطی، اقتصادی، بازار و تولید به عنوان مهم‌ترین ریسک‌ها شناسایی شده و در مرحله بعد با استفاده از روش تحلیل گروهی فازی به بررسی اهمیت هر یک از ریسک‌ها پرداختند.

Zheng et al. (2025) با استفاده از روش مصاحبه با ۸ شرکت تجارت بین‌المللی که از بحران‌های جنگ تجاری سال ۲۰۱۸ عبور کرده بودند داده‌هایی را جمع‌آوری کرده و با استفاده از تکنیک تئوری زمینه‌ای و کدگذاری باز و کدگذاری انتخابی مدلی فرآیندی ایجاد نمودند و در ارزیابی ریسک مورد استفاده قرار دادند.

جدول ۱ خلاصه‌ای از مرور ادبیات و جایگاه این پژوهش را نسبت به سایر تحقیقات نشان می‌دهد:

جدول (۱): خلاصه‌ای از مرور ادبیات

نویسنده و سال	جمع‌سپاری	ارزیابی ریسک	روش ارزیابی ریسک	مطالعه موردی
حیاتی و همکاران، ۱۳۹۳	-	*	ساختار شکست ریسک	شرکت ذوب آهن اصفهان
تیموری و همکاران، ۱۳۹۶	-	*	FMEA و تحلیل پوششی داده‌ها	صنعت برق
حسین‌زاده و همکاران ۱۳۹۸	-	*	روش ترکیبی	زنجیره تأمین سایپا
حسینی و حبیبی ساروی، ۱۳۹۸	-	*	دلفی	زنجیره تأمین عملیات امدادی
فتحی و عباسیان، ۱۳۹۹	-	*	پرسشنامه و دیپتل فازی	زنجیره تأمین خطوط انتقال گاز
پورجوادی و همکاران، ۱۴۰۰	-	*	تحلیل سلسله مراتبی	نیروگاه دالاهو
اسکندری دستگیری، ۱۴۰۰	-	*	دلفی و تحلیل تاکسونومی	زنجیره تأمین صنعت پوشاک
ابراهیمی مقدم، ۱۴۰۰	-	*	دلفی و تحلیل سلسله مراتبی	زنجیره تأمین خودروسازی
شهرکی و همکاران، ۱۴۰۰	-	*	شبیه‌سازی عامل بنیان	زنجیره تأمین شیر
قرقچیان و همکاران، ۱۴۰۱	-	*	دلفی فازی و تکنیک بهترین - بدترین	زنجیره تأمین صنعت خودرو
صمیمی و همکاران، ۱۴۰۱	-	*	پرسشنامه و تاپسیس فازی	زنجیره تأمین کتابخانه‌های دیجیتال دانشگاه‌های دولتی تهران
باززاده و همکاران، ۱۴۰۲	-	*	پرسشنامه، ماتریس ریسک و روش مقایسه زوجی	زنجیره تأمین خون
اصغری و همکاران ۱۴۰۳	-	*	تحلیل پارتو، نظریه فازی و مدل‌سازی ساختاری تفسیری	زنجیره تأمین بنزین
Butdee & Phuangsalee, 2019	-	*	تحلیل سلسله مراتبی فازی	زنجیره تأمین تولید بدنه اتوبوس
Baryannis et al. 2019	-	*	مدل‌سازی ریاضی برای یادگیری ماشین و تحلیل داده‌های بزرگ	زنجیره تأمین مختلف (مقاله مروری)
Abdel-Basset & Rehab, 2020	-	*	تاپسیس و کریتیک	زنجیره تأمین تجهیزات مخابراتی

اساس استاندارد ایزو ۳۱۰۰۰ ویرایش سال ۲۰۱۸ و با استفاده از منابع مرتبط پراهمیت‌ترین ریسک‌ها را شناسایی کرده و پرسشنامه‌ای با ۵ مؤلفه و ۱۰۹ گویه جهت شناسایی و تحلیل ریسک‌ها تهیه کردند. درنهایت آن‌ها با استفاده از تکنیک تاپسیس فازی<sup>۳</sup> به رتبه‌بندی ریسک‌ها از ۱ تا ۵ پرداختند. در تحقیق آن‌ها، ریسک‌های تأمین‌کنندگان بالاترین رتبه و ریسک‌های مربوط به توزیع منابع دیجیتال کمترین رتبه را داشتند.

باززاده و همکاران (۱۴۰۲) با استفاده از پیشینه تحقیق و مصاحبه با ۷ نفر از خبرگان مراکز انتقال خون، ۳۷ ریسک را در زنجیره تأمین خون در زمان پاندمی کرونا شناسایی نمودند و با توزیع پرسشنامه احتمال و شدت تأثیر و ارزش هر ریسک را برآورد نمودند. در مرحله بعد با تشکیل ماتریس ریسک و روش مقایسه زوجی، ریسک‌های شناسایی شده را اولویت‌بندی نمودند. در این مقاله ریسک مربوط به جمع‌آوری خون که به‌طور مستقیم بر سطح موجودی خون تأثیر می‌گذارد، به‌عنوان مهم‌ترین ریسک انتخاب گردید.

اصغری و همکاران (۱۴۰۳) به شناسایی عوامل زنجیره تأمین بنزین پرداختند، سپس با استفاده از یک رویکرد یکپارچه متشکل از تحلیل پارتو، نظریه فازی، مدل‌سازی ساختاری تفسیری به تعیین سطح و رتبه‌بندی ریسک‌ها پرداختند. در این تحقیق دانش ناکافی، تغییرات زیست محیطی، عدم وجود سامانه ردیابی و کنترل به عنوان مهم‌ترین عوامل ریسک معرفی و رتبه‌بندی شدند.

در ادامه به‌مرور مطالعات خارجی مرتبط با موضوع پرداخته می‌شود. Butdee and Phuangsalee (2019) برای مدل‌سازی ریسک‌های غیرقطعی زنجیره تأمین تولید بدنه اتوبوس از روش تحلیل سلسله‌مراتبی فازی استفاده نمودند و ریسک‌های مربوط به برنامه‌ریزی، منابع، حمل‌ونقل و بازگشت کالا را به‌عنوان پراهمیت‌ترین ریسک‌ها که عملکرد زنجیره تأمین را تحت تأثیر قرار می‌دهند، معرفی نمودند.

Baryannis et al. (2019) در مقاله‌ای مروری به بررسی تکنیک‌های هوش مصنوعی که در مدیریت ریسک‌های زنجیره تأمین مورداستفاده قرار گرفته‌اند، پرداخته‌اند. در این مقاله منظور از مدیریت ریسک شناسایی، ارزیابی، کنترل و پایش ریسک‌های زنجیره تأمین است. رویکردهای هوش مصنوعی که برای این منظور مورد توجه قرار گرفته عبارت‌اند از مدل‌سازی ریاضی برای یادگیری ماشین و تحلیل داده‌های بزرگ. مقالات در فاصله سال‌های ۱۹۷۸ تا ۲۰۱۸ مورد بررسی قرار گرفته‌اند و چون از سال ۱۹۷۸ هیچ مروری در این زمینه انجام نشده، بیش از ۲۲۸۰۰ مقاله مرور شده‌اند. شکاف‌های تحقیقاتی به‌دست آمده نشان می‌دهد مدل‌های ریاضی، عدم قطعیت‌ها و ریسک‌ها را برنامه‌ریزی می‌کنند، اما دیدگاه مدیریتی که باید در تصمیم‌گیری در ارتباط با ریسک‌ها مورداستفاده قرار گیرد در اکثر مقالات موردتوجه قرار نگرفته است. در نتیجه آن‌ها استفاده از سیستم‌هایی پشتیبان تصمیم را پیشنهاد می‌کنند.

Abdel-Basset and Rehab (2020) با استفاده از روش تاپسیس و کریتیک<sup>۴</sup> به ارزیابی و مدیریت ریسک‌های زنجیره تأمین پایدار در زمینه تجهیزات مخابراتی پرداخته‌اند و مهم‌ترین ریسک را ریسک مالی اعلام نمودند.

Bostani et al. (2022) از ترکیب روش کریتیک برای وزن‌دهی شاخص‌ها و روش آراس برای اولویت‌بندی ریسک‌ها استفاده کردند تا بتوانند به نتایجی با کمترین تأثیرپذیری از قضاوت‌های ذهنی دست یابند.

Benamor et al. (2022) در مقاله‌ای برای ارزیابی ریسک‌های زنجیره تأمین مواد دارویی از روش آراس و تکنیک بهترین-بدترین

معدن زغال سنگ پرورده	کریتیک و آراس	*	-	Bostani et al., 2022
زنجیره تامین مواد دارویی	آراس و تکنیک بهترین - بدترین	*	-	Benamor et al., 2022
زنجیره تامین صنعت مخابرات	شبکه بیزی و شبکه سازی مونت کارلو	*	-	Qazi et al. 2023
زنجیره تامین صنعت مد	پرسشنامه و تحلیل گروهی فازی	*	-	Rafi ul shah et al.2024
زنجیره تامین های کوچک و بزرگ	مصاحبه و تکنیک تئوری زمینهای و کدگذاری	*	-	Zheng et al. 2025
زنجیره تامین برق	جمع سپاری و آراس	*	*	تحقیق حاضر

همان‌گونه که ملاحظه می‌شود در تحقیقات پیشین برای شناسایی ریسک‌ها معمولاً از منابع کتابخانه‌ای یا با مراجعه به خبرگان و استفاده از مصاحبه و پرسش‌نامه اقدام شده است. باتوجه به این که در این تحقیق شناسایی ریسک‌های زنجیره تامین برق مدنظر هست و ریسک‌های ناشی از هر سطح می‌تواند کل زنجیره تامین را متأثر کند، بر همین اساس به منظور داشتن یک دید جامع و هم‌فکری و مشارکت حداکثری کارشناسان سطوح مختلف زنجیره از روش جمع‌سپاری برای شناسایی ریسک‌ها استفاده شده که با بررسی و مرور منابع گذشته، تحقیقی که از این روش استفاده کرده باشد، یافت نشد.

### ۳. بیان مسئله

باتوجه به نقش کلیدی و پراهمیتی که انرژی برق در کلیه شئون زندگی امروزی جوامع بشری دارد، تامین پیوسته و پایدار این منبع به یک ضرورت حیاتی در هر کشور تبدیل شده است.

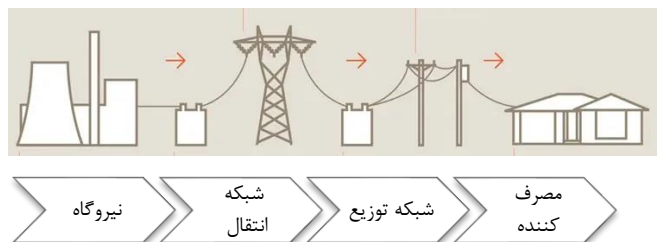
زنجیره تامین برق شامل چهار سطح است که عبارت‌اند از:

سطح ۱، تولیدکنندگان: این سطح شامل کلیه نیروگاه‌های تولید برق کشور است که برق شبکه سراسری را تامین می‌کنند. در کنار این نیروگاه‌ها، نیروگاه‌های مقیاس کوچکی هم فعالیت می‌کنند که متعلق به بخش خصوصی هستند که در فصل پرمصرف (تابستان) وارد شبکه می‌شوند.

سطح ۲، عمده‌فروشان (انتقال): در این سطح انرژی تولیدشده به وسیله نیروگاه‌ها از طریق شبکه سراسری کشور دریافت و انتقال و توزیع آن در شبکه داخلی یا خارج از کشور به صورت عمده انجام می‌شود. کار انتقال برق به وسیله شبکه‌هایی با ولتاژ بسیار بالا و از طریق پست‌های فشارقوی و خطوط توزیع با هماهنگی شرکت‌های برق منطقه‌ای صورت می‌گیرد.

سطح ۳، خرده‌فروشان (توزیع): در این سطح شرکت‌های توزیع، فروش برق به مشتری نهایی را به عهده دارند. در این سطح برق به وسیله پست‌های کوچک که در ولتاژ پایین کار می‌کنند، توزیع می‌شود.

سطح ۴، مصرف‌کنندگان: شامل کلیه مصرف‌کنندگان بخش‌های مختلف صنعتی، خدماتی و خانگی هستند که مشتری نهایی محصول تولیدشده در این زنجیره می‌باشند.



شکل (۱): زنجیره تامین برق

لازم به توضیح است که مدیر این زنجیره تامین، شرکت مادر تخصصی توانیر است که نقش هماهنگ‌کننده کل زنجیره را بر عهده دارد و سیاست‌های کلی زنجیره از جمله مالی و بودجه‌ای را تعیین می‌کند و

زنجیره را به شکل متمرکز باهدف افزایش درآمد و به حداقل رساندن ساعات خاموشی در کل زنجیره مدیریت می‌کند.

تأمین برق در این زنجیره موضوعی است که همواره با چالش‌ها و مشکلاتی همراه بوده که تداوم تامین پایدار آن را تهدید می‌کند. مشکلات ممکن است در هر سطحی از زنجیره رخ دهد و سایر سطوح زنجیره را متأثر نموده و تامین پایدار برق را به مخاطره اندازد. به همین دلیل شناسایی دقیق مخاطرات در سطوح مختلف زنجیره و تعیین مهم‌ترین آن‌ها از اهمیت بسزایی در پایداری شبکه برق و مدیریت و کنترل ریسک‌ها برخوردار است. یک دغدغه مهم در این مسئله جلب مشارکت و هم‌فکری افراد ذی‌صلاح در سطوح مختلف زنجیره است، زیرا آن‌ها از نزدیک با چالش‌ها و مشکلات سطح خاصی از زنجیره مواجه‌اند و برای شناسایی ریسک‌ها در هر سطح واجد شرایطترین افراد هستند، از سوی دیگر یکی از تنگناهای موجود در اغلب مجموعه‌ها و سازمان‌ها، محدودیت منابع (شامل بودجه، زمان و نیروی انسانی) است؛ بسیار مهم است که اختصاص این منابع برای مقابله با ریسک‌ها بر اساس اولویت و دامنه تأثیرگذاری آن‌ها بر تامین پایدار برق در زنجیره باشد. از این رو لازم است با انتخاب معیارهای مناسب و استفاده از یک روش تصمیم‌گیری، ریسک‌ها اولویت‌بندی شوند؛ لذا این تحقیق با تمرکز بر دو دغدغه اصلی در این مسئله، یعنی جلب مشارکت اعضای سطوح مختلف زنجیره برای شناسایی ریسک‌ها و اولویت‌بندی آن‌ها برای اعمال اقدامات لازم شکل گرفت، تا بتوان به این سوالات پاسخ داد که اولاً زنجیره تامین برق چه ریسک‌هایی دارد؟ و ثانیاً کدام ریسک‌ها دارای اهمیت بالاتری نسبت به بقیه هستند و توجه به آنها الزامی‌تر است؟

### ۴. ابزار و روش

باتوجه به این که تامین و انتقال برق جهت مصارف نهایی در گرو فعالیت مداوم و درست کلیه سطوح زنجیره تامین است، لذا لازم است خطراتی که ممکن است در فعالیت درست هر سطح زنجیره ایجاد وقفه یا اشکال کنند، شناسایی شوند، بنابراین هم‌فکری و مشارکت کارشناسان و خبرگان زنجیره تامین در کلیه سطوح، در این اقدام امری ضروری است. راهکار مناسب برای این منظور استفاده از روش جمع‌سپاری است که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است. پس از جمع‌آوری نظرات کارشناسان در سطوح مختلف زنجیره با یک ارزیابی اولیه توسط گروه خبرگان، هشت ریسک مهم‌تر با اتفاق نظر این گروه انتخاب شدند. در مرحله بعد این هشت ریسک با انتخاب چهار معیار احتمال وقوع، قابلیت تشخیص، میزان اثر ریسک بر هزینه و میزان مدیریت پذیری ریسک (که باتوجه به تحقیقات گذشته و بر اساس نظر گروه خبرگان و مدیران زنجیره انتخاب شدند)، با استفاده از روش تصمیم‌گیری چند معیاره آراس اولویت‌بندی شدند.

#### ۱.۴. جمع‌سپاری

جمع‌سپاری اولین بار توسط Howe (2006) روزنامه‌نگار آمریکایی مطرح گردید. با استفاده از امکان ایجادشده برای مشارکت از طریق وب، اشخاص، مؤسسات و شرکت‌ها می‌توانند از کار، ایده، پول یا هوش انبوه مردم استفاده کنند. این جمعیت معمولاً ناهمگن و می‌تواند از غیرحرفه‌ای‌ها، داوطلبان، کارشناسان و شرکت‌ها تشکیل شده باشد (Xu et al., 2015). تحقیقات نشان داده است شرکت‌هایی که از جمع‌سپاری برای دریافت دانش از کلیه ذینفعان مخصوصاً مصرف‌کنندگان استفاده می‌کنند و آن را به قابلیت‌های ابتکاری تبدیل می‌کنند، می‌توانند به بازدهی بهتری دست یابند. سازمان‌ها از جمع‌سپاری به‌عنوان ابزار مدیریتی برای مشارکت استفاده می‌کنند تا مشتری، شرکای تجاری و کارمندان نیز امکان و فرصت کمک و همکاری

گزینه‌ها می‌شود. گام‌های این روش عبارت‌اند از (کریمیان و سموئی، ۱۴۰۰):

گام ۱. تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری

برای تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری، گزینه‌ها، شاخص‌ها (معیارها)، وزن شاخص‌ها و وضعیت هر گزینه در هر یک از شاخص‌ها باید مشخص شود. ماتریس تصمیم در ادامه نشان داده شده است.

$$X = \begin{bmatrix} x_{01} & \dots & x_{0j} & \dots & x_{0n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{i1} & \dots & x_{ij} & \dots & x_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \dots & x_{mj} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad j = \overline{1, n} \quad i = \overline{0, m} \quad (1)$$

گام ۲. نرمال کردن یا بی‌مقیاس کردن ماتریس تصمیم‌گیری

در این مرحله، ماتریس تصمیم باید بر اساس نوع معیارهای مثبت یا منفی نرمال شود. به گونه‌ای که اگر معیار مثبت باشد، مستقیماً از نرمال سازی خطی استفاده می‌شود و اگر شاخص منفی باشد، ابتدا اعداد معکوس شده سپس به شکل خطی نرمال می‌شوند. ماتریس تصمیم نرمال شده در زیر نشان داده شده است.

$$\bar{X} = \begin{bmatrix} \bar{x}_{01} & \dots & \bar{x}_{0j} & \dots & \bar{x}_{0n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \bar{x}_{i1} & \dots & \bar{x}_{ij} & \dots & \bar{x}_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \bar{x}_{m1} & \dots & \bar{x}_{mj} & \dots & \bar{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad j = \overline{1, n} \quad i = \overline{0, m} \quad (2)$$

گام ۳. موزون کردن ماتریس تصمیم‌گیری نرمال شده

در این مرحله، ماتریس تصمیم‌گیری نرمال شده موزون باید محاسبه شود. ماتریس تصمیم نرمال شده وزن‌دار به صورت زیر نشان داده شده است:

$$X = \begin{bmatrix} x_{01} & \dots & x_{0j} & \dots & x_{0n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{i1} & \dots & x_{ij} & \dots & x_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \dots & x_{mj} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad j = \overline{1, n} \quad i = \overline{0, m} \quad (3)$$

ماتریس بالا نشان‌دهنده ارزش نرمال موزون گزینه‌ها است. رابطه زیر بین مجموع وزن معیارها وجود دارد:

$$\sum_{j=1}^n W_j = 1 \quad (4)$$

معیارها با وزنی در بازه  $0 < W_j < 1$  در نظر گرفته می‌شوند و معمولاً توسط کارشناسان تعیین می‌شوند. در این مطالعه وزن معیارها با استفاده از روش آنترویی شانون محاسبه شده‌اند.

مقادیر نرمال شده گزینه‌ها طبق رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$x_{ij} = \bar{x}_{ij} W_j \quad i = \overline{0, m} \quad (5)$$

گام ۴. محاسبه مقدار بهینه‌گی

با استفاده از رابطه زیر مقادیر بهینه محاسبه می‌گردد:

$$S_i = \sum_{j=1}^n x_{ij} \quad i = \overline{0, m} \quad (6)$$

در این رابطه  $S_i$  ارزش تابع بهینه گزینه  $i$  است.

گام ۵. محاسبه درجه سودمندی یا مطلوبیت گزینه‌ها

بعد از محاسبه مقدار بهینه هر گزینه، در این مرحله درجه سودمندی یا مطلوبیت گزینه‌ها با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌گردد.

$$K_i = \frac{S_i}{S_0}; i = \overline{0, m} \quad (7)$$

در رابطه ۷،  $S_0$  ایده‌آل‌ترین مقدار از میان مقادیر بهینه است که در مرحله قبل محاسبه شده است.

گام ۶. رتبه‌بندی گزینه‌ها

داشته باشند (مثلاً از طریق پیشنهاد راهکارها برای ارائه راه‌حل‌های جایگزین جهت مشکلات). برخی بر این عقیده‌اند که در شرایطی خاص، هم‌فکری بهتر از تک‌فکری است و یک جمعیت کاری بهتر از یک نفر یا یک گروه کوچک از کارشناسان است (شاکری‌کناری و همکاران، ۱۳۹۸). استفاده از جمع‌سپاری پاسخ مناسبی برای برآورده کردن یکی از دغدغه‌های مهم این مسئله است، تا امکان جلب مشارکت و هم‌فکری افراد ذی‌صلاح در کلیه سطوح زنجیره، به‌منظور شناسایی ریسک‌ها فراهم شود و بتوان اطمینان یافت که دقت کافی برای شناسایی ریسک‌ها در کلیه سطوح زنجیره به‌عمل آمده است. در این فرایند شرکت توانیر به‌عنوان متولی زنجیره تأمین برق، جمع‌سپار (درخواست‌کننده جمع‌سپاری) و کلیه کارکنان شاغل در سه سطح اول زنجیره و مصرف‌کنندگان سطح نهایی آن (شامل مصرف‌کنندگان بخش‌های مختلف صنعتی، خدماتی و خانگی) که در معرض فراخوان مشارکت قرار گرفته‌اند، به‌عنوان جمع‌کاران این فرایند محسوب می‌شوند. حضور سه سطح اول زنجیره در فرایند جمع‌سپاری از طریق خودکارسازی اداری که بستر ارتباطی بین بخش‌های مختلف صنعت برق است صورت گرفته و مشارکت سطح آخر زنجیره، نیز از طریق وبسایت شرکت توانیر صورت گرفت. به‌منظور افزایش مشارکت و استقبال مخاطبان، مشوق‌هایی متناسب با علایق و انتظارات شرکت‌کنندگان در نظر گرفته شد که از طریق فراخوان انجام‌شده برای جمع‌سپاری به اطلاع آنها رسید و روش جمع‌سپاری طی مراحل زیر به اجرا درآمد.

مرحله ۱. جمع‌سپار یا شرکت توانیر موضوع جمع‌سپاری را که شناسایی ریسک‌های زنجیره تأمین برق و سایر نکات مرتبط با شیوه اجرای آن بود را طی فراخوانی به اطلاع مخاطبان رساند.

مرحله ۲. مخاطبان جمع‌سپاری در سه سطح اول زنجیره ایده‌های خود را در قالب فرم‌های تعیین‌شده و از طریق خودکارسازی اداری ارائه نموده و مخاطبان سطح آخر زنجیره هم از طریق وبسایت شرکت توانیر ایده‌های خود را ارسال نمودند. در فرم‌های تعیین‌شده برای ارائه ایده‌ها، قسمت‌هایی پیش‌بینی‌شده که امکان ارائه ایده‌های مشارکتی بین دو یا چند نفر (با ذکر درصد مشارکت هر نفر) را فراهم می‌آورد.

مرحله ۳. ایده‌های ارائه‌شده در دبیرخانه مرکزی که برای این منظور در نظر گرفته شده جمع‌آوری شدند و پس بررسی اولیه اگر از لحاظ انطباق با موضوع و رعایت شکل و فرمت درخواستی مورد تأیید بودند برای مرحله ارزیابی ارسال می‌شدند. در این مرحله مواردی که با انجام اصلاحات از طرف مخاطب قابل‌پذیرش بودند به آنها عودت داده می‌شد تا پس از رفع نقص و ارائه مجدد برای مرحله ارزیابی ارسال گردند.

مرحله ۴. در مرحله ارزیابی، کار گروهی تخصصی متشکل از ده نفر از خبرگان، ایده‌های دریافتی را از جهت کاربردی و غیرتکراری بودن مورد ارزیابی قرار داده و تعداد محدودی از ایده‌هایی که با توافق حداکثری با ارزش‌تر و مهم‌تر بودند را به‌عنوان خروجی فرایند جمع‌سپاری تعیین نمودند.

تعداد کل ایده‌های دریافت شده در این فرایند در یک بازه یک‌ماهه ۷۶ مورد بود که از این تعداد ۲۴ مورد قابلیت طرح و ارائه در فرایند ارزیابی را داشتند که پس از کار کارشناسی گروه تخصصی ۸ ایده، به‌عنوان ایده‌های برتر مناسب تشخیص داده شدند. در گام بعد اولویت‌بندی این ایده‌های منتخب انجام گردید.

## ۲.۴. روش آراس

روش تصمیم‌گیری آراس توسط Zavadskas and Turskis (2010) پیشنهاد شد. در این روش بهترین گزینه آن است که بیشترین فاصله را از عوامل منفی و کمترین فاصله را از عوامل مثبت داشته باشد و از شش گام تشکیل‌شده و در نهایت منتج به تعیین اولویت‌بندی بین

طبق مراحل بالا اولويت بندي گزينه‌ها انجام مي‌شود. لازم به توضيح است  $R_0$  نشان‌دهنده وضعيت ايده‌آل براي هر معيار است که در ابتدای تشكيل ماتريس اوليه تصميم توسط کارشناسان کارگروه جمع‌سپاري مقادير آن مشخص شده و وارد جدول ۵ مي‌گردد. مقادير بقيه موارد ريسک و اعداد جدول نيز باتوجه به ماهيت ريسک و آشنايي کارگروه جمع‌سپاري با نوع ريسک‌ها تعيين گردیده و وارد ماتريس تصميم شده است.

جدول (۵): ماتريس اوليه تصميم براي ايده‌ها

	C1	C2	C3	C4
نوع معيار	مثبت	منفي	منفي	مثبت
وزن معيار	۰.۲۹۴	۰.۲۸۳	۰.۲۲۹	۰.۱۹۴
R0	۹	۱	۱	۹
R1	۵	۳	۲	۷
R2	۳	۵	۱	۸
R3	۹	۲	۷	۹
R4	۷	۱	۵	۵
R5	۶	۲	۳	۸
R6	۲	۱	۱	۳
R7	۵	۳	۳	۶
R8	۷	۳	۲	۵

بعد از انجام مراحل بي‌مقياس کردن و تبديل به مقادير بي‌مقياس وزين، مقادير تابع بهينگي براي هر يك از گزينه‌ها به شرح جدول ۶ به دست مي‌آيد:

جدول (۶): ماتريس مقادير تابع بهينگي براي هر گزينه

	مقادير تابع بهينگي			
	C1	C2	C3	C4
	مثبت	منفي	منفي	مثبت
	۰.۲۹۴	۰.۲۸۳	۰.۲۲۹	۰.۱۹۴
R0	۰.۰۴۹۹۲۵	۰.۰۵۴۴۲۳	۰.۰۴۵۷۱۳	۰.۰۲۹۱
R1	۰.۰۲۷۷۳۶	۰.۰۱۸۱۴۱	۰.۰۲۲۸۵۶	۰.۰۲۲۶۳۳
R2	۰.۰۱۶۶۴۲	۰.۰۱۰۸۸۵	۰.۰۴۵۷۱۳	۰.۰۲۵۸۶۷
R3	۰.۰۴۹۹۲۵	۰.۰۲۷۲۱۲	۰.۰۰۶۵۳	۰.۰۲۹۱
R4	۰.۰۳۸۸۳	۰.۰۵۴۴۲۳	۰.۰۰۹۱۴۳	۰.۰۱۶۱۶۷
R5	۰.۰۳۳۲۸۳	۰.۰۲۷۲۱۲	۰.۰۱۵۲۳۸	۰.۰۲۵۸۶۷
R6	۰.۰۱۱۰۹۴	۰.۰۵۴۴۲۳	۰.۰۴۵۷۱۳	۰.۰۰۹۷
R7	۰.۰۲۷۷۳۶	۰.۰۱۸۱۴۱	۰.۰۱۵۲۳۸	۰.۰۱۹۴
R8	۰.۰۳۸۸۳	۰.۰۱۸۱۴۱	۰.۰۲۲۸۵۶	۰.۰۱۶۱۶۷

بعد از محاسبه مقدار بهينه هر گزينه، در اين مرحله درجه سودمندی يا مطلوبيت گزينه‌ها محاسبه مي‌گردد. مقادير سودمندی يا مطلوبيت گزينه‌ها در جدول ۷ نشان داده شده است.

جدول (۷): تعيين درجه مطلوبيت گزينه‌ها

رتبه بندي نهايي گزينه‌ها	درجه مطلوبيت	عنوان
۷	۰.۵۰۹۹۷۱	R1
۵	۰.۵۵۳۱۶۷	R2
۳	۰.۶۲۹۴۱۶	R3
۲	۰.۶۶۱۷۶۷	R4
۴	۰.۵۶۷۰۸۳	R5
۱	۰.۶۷۴۹۸۳	R6
۸	۰.۴۴۹۳۹۹	R7
۶	۰.۵۳۵۸۰۱	R8

باتوجه به جدول ۷ ريسک‌های شناسايي شده از جمع‌سپاري، رتبه بندي شده و به ترتيب اولويت به شرح جدول ۸ مي‌باشند:

در اين مرحله با استفاده از درجه سودمندی هر گزينه، رتبه بندي انجام مي‌شود. در واقع گزينه‌ها با توجه به ميزان سودمندی شان رتبه بندي مي‌گردند.

شايان ذکر است که در روند اجرای روش آراس در اين مقاله، ابتدا معيارهای مناسب جهت اولويت بندي ريسک‌ها انتخاب شدند. معيارهای احتمال وقوع، قابليت تشخيص، ميزان اثر ريسک بر هزينه (شدت وخامت ريسک) (نخعي نژاد و صفاري، ۱۳۹۸؛ تيموري و همکاران، ۱۳۹۶) و ميزان مديریت پذيري ريسک (امکان مديریت و اثرگذاري بر ريسک)، چهار معيار بودند که باتوجه به تحقيقات گذشته و بر اساس هم‌فکري گروه خبرگان و نظر مديران زنجيره براي اولويت بندي ريسک‌ها انتخاب شدند.

## ۵. یافته‌ها

ايده‌های (ريسک‌های) برتری که از فرايند جمع‌سپاري انتخاب شده‌اند در جدول ۲ آمده‌اند:

جدول (۲): ريسک‌های منتخب در جمع‌سپاري

انديس	عنوان ريسک	سطح مرتبط از زنجيره
R1	كمبود سوخت براي توليد برق در فصل زمستان باتوجه به كمبود گاز و استفاده از سوخت‌های آلوده‌كننده محيط‌زيست	سطح يك - توليدكننده
R2	كمبود ظرفيت خطوط براي انتقال انرژي توليدشده كه امکان استفاده از توان حداكثري نيروگاه‌ها را نمي‌دهد (مانع‌اي براي توليد بيشتر)	سطح دو - برق توليدشده (عمده‌فروش)
R3	خطا در پيش‌بيني ميزان بار موردنياز در زمان‌های اوج مصرف (تابستان‌ها) و بروز خاموشي در شبكه	سطح دو - برق (عمده‌فروش)
R4	تغييرات ولتاژ ناگهاني در شبكه توزيع و خسارت به تجهيزات برقي مصرف‌كنندگان	سطح سه - شركت توزيع
R5	فروسوگي شبكه‌های انتقال برق در بعضی از مناطق و بالا رفتن تلفات انرژي	سطح دو و سطح سه
R6	سرقت كابل‌ها و قطعات فلزي دكل‌ها و ايجاد خاموشي در شبكه	سطح دو و سطح سه
R7	عدم انجام به‌موقع تعميرات اساسي به علت نياز به افزايش توليد و نبود وقت براي کاهش يا توقف توليد براي تعميرات	سطح يك - توليدكننده
R8	قطع برق و اختلال در فرايند توليدات كارخانه‌های صنعتي	سطح چهار - مشتريان

معيارهای مورد استفاده در روش آراس و وزن آن‌ها براي هر گروه از عوامل بر اساس روش آنترپوي شانون به شرح جدول ۳ است:

جدول (۳): معيارهای مورد استفاده در روش آراس

C4	C3	C2	C1
قابليت تشخيص	احتمال وقوع	ميزان اثر ريسک بر هزينه	ميزان مديریت پذيري ريسک
مثبت	منفي	منفي	مثبت
۰.۱۹۴	۰.۲۲۹	۰.۲۸۳	۰.۲۹۴

براي تبديل معيارهای كیفی، يعنی مقادير كم، متوسط، زياد و ... به مقادير كمی از طيف زير استفاده مي‌شود و عددهای ۲، ۴، ۶ و ۸ ارزش‌های واسطه بين دو ارزش اين طيف هستند. معيارهای مورد استفاده در اين پژوهش از نوع كیفی می‌باشند كه باتوجه به مقادير جدول ۴ به مقادير كمی تبديل شده‌اند.

جدول (۴): مقادير طيف‌ها براي تبديل معيارهای كیفی به كمی

معياری	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
مثبت	كم	كم	متوسط	متوسط	زياد	زياد	خيلي زياد	خيلي زياد	خيلي زياد
منفي	خيلي زياد	زياد	متوسط	متوسط	كم	كم	خيلي كم	خيلي كم	خيلي كم

**جدول (۸): رتبه‌بندی نهایی ریسک‌ها**

رتبه	عنوان ریسک	سطح مرتبط در زنجیره تأمین
۱	سرقت کابل‌ها و قطعات فلزی دکل‌ها و ایجاد خاموشی در شبکه	سطح دو و سطح سه
۲	تغییرات ولتاژ ناگهانی در شبکه توزیع و خسارت به تجهیزات برقی مصرف‌کنندگان	سطح سه - شرکت توزیع
۳	خطا در پیش‌بینی میزان بار موردنیاز در زمان اوج مصرف و بروز خاموشی‌های گسترده در شبکه	سطح دو - برق منطقه‌ای (عمده‌فروش)
۴	فروودگی شبکه‌های انتقال برق در بعضی از مناطق و بالا رفتن تلفات انرژی	سطح دو و سطح سه
۵	کمبود ظرفیت خطوط برای انتقال انرژی که امکان استفاده از توان حداکثری نیروگاه‌ها را نمی‌دهد	سطح دو - برق منطقه‌ای (عمده‌فروش)
۶	قطع برق و اختلال در فرایند تولیدات کارخانه‌های صنعتی	سطح چهار - مشتریان
۷	کمبود سوخت برای تولید برق در فصل زمستان باتوجه به کمبود گاز و استفاده از سوخت‌های آلوده‌کننده محیط‌زیست	سطح یک - تولیدکننده
۸	عدم انجام به‌موقع تعمیرات اساسی به علت نیاز به افزایش تولید و نبود وقت برای کاهش یا توقف تولید برای تعمیرات	سطح یک - تولیدکننده

**۶. بحث و نتیجه‌گیری**

زنجیره تأمین برق با محصول نهایی جریان برق در شبکه که یک کالای غیرقابل ذخیره‌سازی است، تعریف می‌شود. در تحقیق حاضر، برای شناسایی ریسک‌های این زنجیره از روش جمع‌سپاری استفاده شده است و پس از شناسایی مهم‌ترین ریسک‌ها با استفاده از معیارهای مناسب و روش آراس که یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است، ریسک‌ها اولویت‌بندی شده‌اند. مدیر زنجیره که در اینجا شرکت مادر تخصصی توانیر است، بستری برای جمع‌سپاری فراهم نمود و با انتشار فراخوان در خصوص شناسایی ریسک‌ها در زنجیره، به جمع‌آوری نظرات از کل سطوح زنجیره پرداخت. در مرحله بعد این ریسک‌ها اولویت‌بندی شدند تا باتوجه به درجه اهمیتشان برای برنامه‌ریزی و مدیریت ریسک زنجیره مدنظر قرار گیرند. چهار معیار برای اولویت‌بندی ریسک‌ها مورد استفاده قرار گرفتند که بر اساس تحقیقات گذشته، نظر خبرگان و مدیران زنجیره در ماتریس تصمیم بکار گرفته شدند. پس از اجرای روش آراس، ریسک «سرقت کابل‌ها و قطعات فلزی دکل‌ها» به‌عنوان پر اولویت‌ترین ریسک مشخص گردید و بقیه ریسک‌ها نیز به ترتیب اولویت مرتب شدند.

باتوجه به فهرست رتبه‌بندی شده ریسک‌ها در جدول ۸، بروز سه ریسکی که در بالای فهرست قرار دارند، مستقیماً سطح نهایی زنجیره را با توقف فعالیت‌ها و بروز خسارات مستقیم و غیرمستقیم متأثر می‌کنند و نارضایتی قابل توجهی را در بین مصرف‌کنندگان نهایی زنجیره به همراه دارند. باتوجه به وابستگی بیش‌ازحد زندگی امروزی و تداوم فعالیت‌های اقتصادی، صنعتی و اجتماعی به برق، کوچک‌ترین اختلال در تأمین پایدار آن، می‌تواند موجب تشدید نارضایتی‌ها از عملکرد زنجیره و نادیده گرفتن تلاش‌ها و اقدامات مستمر عوامل زنجیره در تولید، انتقال و توزیع را در پی داشته باشد. این موضوع حساسیت و اهمیت اقدامات مرتبط با حوزه مدیریت ریسک را دوچندان می‌کند، زیرا حسن عملکرد وزارت نیرو به‌راحتی با نقصان در تأمین پایدار برق زیر سؤال می‌رود.

نکته قابل‌توجه دیگر در ارتباط با سه ریسک پر اولویت صدر فهرست آن است که مجموعه اقدامات پیشگیرانه و جبرانی جهت مقابله با این سه ریسک در مقایسه با سایر ریسک‌های ذکر شده در جدول، به نسبت نیاز به منابع کمتری دارد و در صورتی که مجموعه مدیریتی متولی در برنامه‌ها و تمهیدات خود، این موضوع یا به عبارتی فهرست اولویت‌بندی شده ریسک‌ها را در نظر داشته باشند، می‌توانند از منابع محدود در اختیار به

شکل مؤثرتری استفاده نموده و اقدامات اثربخش‌تری در جهت بهبود عملکرد زنجیره تأمین برق و کسب رضایتمندی مصرف‌کنندگان داشته باشند.

در ضمن می‌توان خاطر نشان نمود که با توجه به رشد قابلیت و تعداد شرکت‌های دانش بنیان داخلی، امکان ارائه راه حل‌های اساسی‌تر جهت ممانعت کامل از بروز برخی از ریسک‌ها، مخصوصاً سه مورد ریسک پر اولویت فهرست فوق، بیش از گذشته فراهم شده است. به همین منظور پیشنهاد انجام یک فرآیند جمع‌سپاری از نوع هدایت شده-مشارکتی (که در آن موضوع جمع‌سپاری کاملاً خاص و شرکت کنندگان آن هم همه افراد مرتبط با چهار سطح زنجیره تأمین است) در ارتباط با مواجهه (مقابله) با هر یک از ریسک‌های پر اولویت، می‌تواند راهکارها و پیشنهاداتی به همراه داشته باشد که منجر به اقدامی موثر و دائمی برای حذف ریسک‌ها باشد.

در نهایت می‌توان گفت باتوجه به اولویت‌های به‌دست‌آمده برای ریسک‌ها، اقدامات پیشگیرانه و کنترلی متناسب باید در برنامه‌ریزی عملیاتی سطوح مختلف زنجیره مدنظر قرار گیرد و برای کاهش تأثیرات نامطلوب آنها تدابیر لازم اندیشه شود. همچنین باتوجه به ساختار زنجیره و وجود کمیته‌های نظارت بر عملکرد داخلی در سطوح انتقال و توزیع، می‌توان راهکارهای اجرایی مناسب برای پیشگیری از وقوع این ریسک‌ها را تعریف نمود و با پیش مستمر از طریق کمیته‌های نظارت به‌عنوان بخشی از فرایندهای جاری سازمان، نسبت به پیاده‌سازی آن‌ها اقدام نمود. بدین ترتیب امکان کاهش و کنترل اثر نامطلوب ریسک‌ها و حذف آن‌ها با تمرکز بر ریسک‌های پر اولویت فراهم خواهد شد.

در تحقیقات آینده می‌توان فرایند جمع‌سپاری را به‌صورت متمرکزتر برای هر یک از سطوح زنجیره به‌طور جداگانه طراحی و مورد استفاده قرار داد، همچنین می‌توان موضوعاتی غیر از ریسک‌های زنجیره را به جمع‌سپاری گذاشت. علاوه بر این، می‌توان از سایر تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره برای این کار استفاده نمود و پاسخ‌ها را مورد ارزیابی قرار داد. ضمن اینکه می‌توان عدم قطعیت‌های فازی را در تصمیم‌گیری‌ها وارد نمود و از روش‌های فازی برای به دست آوردن نتایج کمک گرفت.

**تعارض منافع**

نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافی ندارند.

**مراجع:**

Abdel-Basset, M., Rehab, M., (2020). A novel plithogenic TOPSIS-CRITIC model for sustainable supply chain risk management. *Journal of cleaner production*, 247, 119586.

Bostani, A., Khademi Hamidi, J., Saiadi, A., (2022), Assessing the safety risk of underground coal mine with the combined method of CRITIC and ARAS, a case study of parvardeh coal mine in tabas. *10<sup>th</sup> conference of Iran mining engineering*. Tehran.

Benamor, W. D., Labella, A., Frikha, H. M., López, L. M. (2022). Pharmaceutical Supply chain Risk Assessment During COVID-19 Epidemic. *Ifac-papersonline*, 55(10), pp.2203-2208.

Baryannis, G., Validi, S., Dani, S., Antoniou, G. (2019). Supply chain risk management and artificial intelligence: state of the art and future research directions. *International Journal of Production Research*, 57(7), pp. 2179-2202.

Butdee, S., Phuangsalee, P. (2019). Uncertain risk assessment modelling for bus body manufacturing supply chain using AHP and fuzzy AHP. *Procedia Manufacturing*, 30, pp. 663-670.

جعفری اسکندری، م؛ امامی سلوط، ه، (۱۴۰۰). مدل بهینه‌سازی چندهدفه برای ارزیابی ریسک در زنجیره تأمین حلقه بسته تحت شرایط عدم قطعیت در پارامترها: با استفاده از رویکرد ارزش ریسک محدود، *مطالعات مدیریت صنعتی*، ۲۰(۶۶)، صص ۲۹۸-۲۵۱.

حسینی، م؛ حبیبی ساروی، ر، (۱۳۹۸). *ارزیابی ریسک در زنجیره تأمین عملیات امدادی، نهمین کنگره بین‌المللی سلامت در حوادث و بلایا، تهران*.

حسین زاده، م؛ مهرگان، م؛ قمی، م، (۱۳۹۸). شناسایی و تحلیل ریسک زنجیره تأمین شرکت خودروسازی سایپا با استفاده از مدل COSO و تحلیل شبکه اجتماعی SNA، *مدیریت تولید و عملیات*، ۱۰(۱)، صص ۱۳۲-۱۱۱.

حیاتی، م؛ عطایی، م؛ صیادی، ا، (۱۳۹۳). ارائه مدلی برای ارزیابی ریسک‌های زنجیره تأمین با استفاده از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره. *مطالعات مدیریت صنعتی*، ۱۲(۳۴)، صص ۴۰-۱۹.

رزق ده، ک؛ شکوه‌بار، س، ۱۴۰۱. *پایداری زنجیره تأمین شبکه های مخابراتی با ارزیابی ریسک ها به روش FMEA*، دومین کنفرانس بین‌المللی معماری، عمران، شهرسازی، محیط زیست و افق‌های هنر اسلامی در بیانیه گام دوم انقلاب، تبریز.

صمیمی، م؛ طاهری، س؛ فرزادی، س، (۱۴۰۱). شناسایی و رتبه‌بندی ریسک‌های زنجیره تأمین در کتابخانه‌های دیجیتال دانشگاه‌های دولتی شهر تهران بر اساس استاندارد ISO ۳۱۰۰۰، *پژوهشنامه پردازش و مدیریت اطلاعات*، ۳۷(۳)، صص ۷۸۰-۷۴۹.

شاکری‌کناری، ا؛ ولی‌پور خطیر، م؛ صفایی قادیکلایی، ع، (۱۳۹۸). تعیین استراتژی‌های نگهداری و تعمیرات با استفاده از سیستم استنتاج فازی چند مرحله‌ای (مورد مطالعه: نیروگاه برق شهید سلیمی نکا)، *مطالعات مدیریت صنعتی*، ۱۷(۵۴)، صص ۳۲۵-۲۹۱.

شهرکی، ع؛ قربانی، م؛ اصغرپور ماسوله، ع، (۱۴۰۰). ادغام ارزیابی ریسک و مدیریت و اندازه‌گیری عملکرد در زنجیره تأمین محصولات کشاورزی با استفاده از رویکرد شبیه‌سازی عامل بنیان. *مجله اقتصاد کشاورزی*، ۱۵(۳)، صص ۵۴-۲۱.

فتحی، ر؛ عباسیان، ع، (۱۳۹۹). شناسایی و بررسی تحلیل ریسک‌های موجود در مدیریت زنجیره تأمین خطوط انتقال گاز با رویکرد ترکیبی تصمیم‌گیری گروهی غیرقطعی. *فصلنامه علمی جامعه‌شناسی سیاسی ایران*، ۴(۱۲)، صص ۲۰۷۵-۲۰۵۹.

کریمیان، س؛ سموئی، پ، (۱۴۰۰). *الگوی دومرحله‌ای انتخاب تأمین‌کننده و برنامه‌ریزی اقلام مصرفی اتاق عمل با استفاده از روش ARAS و اسپیلون محدودیت تکامل یافته، هفتمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی صنایع و سیستم مشهد*.

قرقچیان، م؛ عادل، ا؛ صفا، م؛ پورفخاران، م، ر، (۱۴۰۱). ارائه چارچوبی برای شناسایی ریسک‌های زنجیره تأمین بزرگ. *علوم و فناوری محیطی*، ۲۴(۴)، صص ۱-۱۵.

نخعی‌نژاد، م؛ صفاری، م، (۱۳۹۸). شناسایی و رتبه‌بندی ریسک‌های تکنولوژی در حوزه توزیع انرژی گاز طبیعی با رویکرد تلفیقی FMEA و TOPSIS مطالعه موردی: شرکت گاز استان چهارمحال و بختیاری، پژوهش در مدیریت تولید و عملیات، ۱۰(۲)، صص ۱۵۹-۱۴۳.

Cunha, L., Ceryno, P., Leiras, A. (2019). Social supply chain risk management: a taxonomy, a framework and a research agenda. *Journal of Cleaner Production*, 220, pp. 1101-1110.

Hajiesmaili, M. H., Chen, M., Mallada, E., Chau, C. K. (2017). Crowd-sourced storage-assisted demand response in microgrids. *In Proceedings of the Eighth International Conference on Future Energy Systems*, pp.91-100.

Howe, J. (2006). The rise of crowdsourcing. *Wired magazine*, 14(6), pp. 176-183.

Qazi, A., Simsekler, M.C.E. & Formanek, S. (2023). Supply chain risk network value at risk assessment using Bayesian belief networks and Monte carlo simulation. *Annals of Operations Research*, 322, pp. 241-272.

Rafi-Ul-Shan, P. M., Bashiri, M., kamal, M.M., Mangla, S. K. & Tjahjono, B. (2024). An Analysis of Fuzzy Group Decision making to adopt emerging technologies for fashion supply chain risk management. *IEEE Transaction on Engineering management*, 71, pp. 8469-8487.

Xu, Y., Ribeiro-Soriano, D. E., Gonzalez-Garcia, J. (2015). Crowdsourcing, innovation and firm performance. *Management Decision*, 53(6), pp. 1158-1169.

Zavadskas, E. K., and Turskis, Z. (2010). A new additive ratio assessment (ARAS) method in multicriteria decision-making. *Technological and economic development of economy*, 16(2), pp.159-172.

Zheng, L.J., Islam, N., Zhang, J.Z., Behl, A., Wang, X. and Papadopoulos, T. (2025). Aligning risk and value creation: a process model of supply chain risk management in geopolitical disruption. *International Journal of Operations & Production Management*, 45(1), pp. 1-17.

ابراهیمی مقدم، م. (۱۴۰۰). *شناسایی و رتبه‌بندی ریسک‌های زنجیره تأمین (مطالعه موردی شرکت ایران خودرو)*. کنفرانس بین‌المللی مهندسی صنایع. تهران.

اسکندری دستگیری، س، (۱۴۰۰). ارزیابی عوامل ریسک در زنجیره تأمین به‌منظور انتخاب تأمین‌کنندگان در صنعت پوشاک ورزشی، *مجله مدیریت و رفتار سازمانی در ورزش*، ۱۰(۱)، صص ۸۷-۱۰۵.

اصغری، ح؛ اسکندری، م، (۱۴۰۳). ارزیابی ریسک زنجیره تأمین شرکت های کوچک و متوسط در اثر تهدیدات اقتصادی با رویکرد یکپارچه فازی، *پدافند غیرعامل*، ۱۵(۳)، صص ۵۳-۳۹.

بابازاده رفیعی، ا؛ سهرابی، ط؛ معتمدی، م؛ درویش متولی، م.ح، (۱۴۰۲). شناسایی و رتبه‌بندی ریسک‌های زنجیره تأمین خون در شرایط پاندمی کرونا، *فصلنامه پژوهشی خون*، ۲۰(۲)، صص ۱۲۲-۱۱۱.

پورجوادی، س؛ خوشاب، س؛ فرح گل، پ؛ رضایی، ق، (۱۴۰۰). ارزیابی عوامل ریسک زنجیره تأمین با استفاده از روش AHP فازی، *اندیشه آماد*، ۲۰، صص ۱۳۶-۱۰۷.

تیموری، ا؛ علیرضایی، ا؛ بهرامی، ا، (۱۳۹۶). رتبه‌بندی ریسک در صنعت برق با استفاده از FMEA و تحلیل پوششی داده، نهمین کنفرانس بین‌المللی تحلیل پوششی داده، بجنورد.

<sup>3</sup> Fuzzy Technique for order of Preference by similarity to Ideal Solution (FTOPSIS)

<sup>4</sup> Criteria Importance Through Intercriteria Correlation (CRITIC)

<sup>1</sup> Additive Ratio Assessment (ARAS)

<sup>2</sup> Fuzzy DEMATEL (Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory)